



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

**CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.**

Raúl Alfredo Chang Morales

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, julio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA
DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RAÚL ALFREDO CHANG MORALES

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco.
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Oscar Estuardo De León Maldonado
EXAMINADOR	Ing. Baudilio Armando Mayen Córdova
SECRETARIO	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:

CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril 2016



Raúl Alfredo Chang Morales

Guatemala, 28 de marzo de 2017

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Gómez

Por este medio, le informo que como asesor del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Raúl Alfredo Chang Morales, carné No. 201212892, he finalizado la revisión del trabajo de graduación con título **CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S.A.** el cual apruebo por cumplir con los requerimientos solicitados durante el proceso.

Solicitándole darle el tramite respectivo y sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Colegiado No. 3071



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Raúl Alfredo Chang Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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

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

Guatemala, mayo de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.094.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERA GUATEMALTECA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Raúl Alfredo Chang Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID. Y ENSEÑAD A TODÓS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2017.

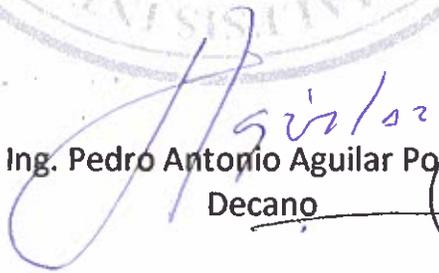
/mgp



DTG. 306.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **CAMBIO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE ENVASES DE VIDRIO EN VIDRIERIA GUATEMALTECA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Raúl Alfredo Chang Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser esa fuente de sabiduría y fuerza espiritual cuando más lo necesito.
- Mi madre** Ingrid Lissette Morales Mérida por ser esa fuente de inspiración necesaria que, con su ejemplo de nunca rendirse, es el motor que me impulsa a ser una mejor persona profesional y espiritualmente.
- Mi familia** Por ser parte importante en mi vida y acompañarme en todo momento.
- Mis amigos** Por ser una fuente de motivación y alegrías a lo largo de toda mi carrera universitaria. Cada uno ha sido importante para mi aprendizaje personal y mejora espiritual

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mí casa de estudios y lugar de experiencias que serán parte de mi vida.
Facultad de Ingeniería	Por ser el lugar de aprendizaje necesario para adquirir conocimientos indispensables para la vida.
Mi asesor	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez por sus consejos y compartir su experiencia para poder completar este trabajo de graduación.
Vidriera Guatemalteca S.A.	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
JUSTIFICACIÓN.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. Ubicación.....	2
1.3. Misión	2
1.4. Visión.....	3
1.5. Política de calidad	3
1.6. Organigramas.....	3
1.6.1. Gerencia general	4
1.6.2. Gerencia de producción.....	5
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	7
2.1. Situación actual de la línea 45.....	7
2.2. Descripción del área de formado.....	7
2.2.1. Chorreador.....	8
2.2.2. Mecanismo alimentador.....	9
2.2.3. Sistema de entrega.....	9
2.2.4. Máquina de sección individual	10

2.2.5.	Sistema acarreador	10
2.2.6.	Templador	12
2.3.	Descripción general de la máquina formadora de vidrio	13
2.3.1.	Clasificación	13
2.3.2.	Equipo lado bombillo	17
2.3.3.	Equipo lado molde.....	21
2.3.4.	Sistemas de control.....	24
2.3.5.	Soporte de sistemas.....	25
2.4.	Procesos de formado de vidrio.....	27
2.4.1.	Soplo-soplo	28
2.4.2.	Prensa 62.....	30
2.4.3.	Prensa-soplo boca angosto.....	32
2.5.	Indicadores de producción	33
2.5.1.	Tiempos muertos.....	34
2.5.2.	Toneladas fundidas y toneladas perdidas	34
3.	PROPUESTA.....	35
3.1.	Descripción de la propuesta de instalación	35
3.1.1.	Montaje de la máquina formadora.....	35
3.1.2.	Instrumentación necesaria	37
3.1.3.	Tuberías de aire comprimido.....	38
3.1.4.	Componentes auxiliares	40
3.2.	Recursos necesarios.....	41
3.2.1.	Recursos humanos	41
3.2.2.	Recursos tecnológicos	43
3.2.3.	Recursos financieros.....	44
3.3.	Mantenimiento preventivo y correctivo	44
3.4.	Equipo necesario para la instalación.....	48
3.5.	Cronograma de actividades	50

3.6.	Análisis financiero.....	52
3.6.1.	Valor actual neto.....	53
3.6.2.	Tasa interna de retorno	54
3.6.1.	Calculo del beneficio costo de la inversión	54
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	57
4.1.	Instalación de la máquina.....	57
4.1.1.	Montaje de la máquina formadora	58
4.1.2.	Instrumentación mecanica.....	63
4.1.3.	Instalación de tuberías.....	64
4.1.4.	Instalación de componentes auxiliares	65
4.2.	Procedimiento de arranque de la máquina.....	67
4.2.1.	Descripción del proceso	68
4.2.2.	Personal encargado.....	71
4.2.3.	Diagrama del proceso.....	72
4.3.	Control del mantenimiento.....	75
4.3.1.	Formatos de control.....	77
4.3.2.	Diagramas de operaciones.....	81
5.	MEJORA CONTINUA.....	83
5.1.	Producción más limpia.....	83
5.2.	Control de los índices de producción.....	85
5.3.	Medidas de seguridad industrial	89
5.4.	Plan de orden y limpieza	93
5.4.1.	Clasificar (seiri)	94
5.4.2.	Ordenar (seiton).....	95
5.4.3.	Limpiar (seisoh)	95
5.4.4.	Estandarizar (seiketsu)	96
5.4.5.	Autodisciplina (shitsuke)	97

CONCLUSIONES..... 101
RECOMENDACIONES 103
BIBLIOGRAFÍA..... 105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la ubicación de la empresa.....	2
2.	Organigrama de gerencia general.....	5
3.	Organigrama de gerencia de producción	6
4.	Mecanismo chorreador y noria.....	8
5.	Mecanismo alimentador	9
6.	Rastras (<i>push out</i>) del sistema acarreador	11
7.	Barra empujador (<i>stacker</i>).....	12
8.	Sistema de doble cavidad	14
9.	Sistema de triple cavidad	15
10.	Distancia centro a centro entre pistones	16
11.	Máquina I.S. de ocho secciones	17
12.	Brazos del embudo	18
13.	Bisagras del lado bombillo	19
14.	Pistón de un proceso prensa-soplo.....	20
15.	Pistón de un proceso soplo-soplo	20
16.	Brazo porta corona.....	21
17.	Mecanismo abre-cierra.....	22
18.	Brazo de soplo y cabeza de soplo	23
19.	Adaptador de fondo de molde	23
20.	Mecanismo sacador	24
21.	Proceso completo soplo-soplo	30
22.	Proceso completo prensa-soplo.....	32

23.	Mecanismo de pistón para proceso prensa-soplo y prensa-soplo boca angosta	33
24.	Protección de la máquina formadora	36
25.	Instrumentación del área de máquinas I.S.....	38
26.	Tuberías de aire comprimido	39
27.	Componentes de la banda transportadora.....	41
28.	Calibración del anillo del brazo porta corona	46
29.	Altura del pistón	46
30.	Preparación del mecanismos sacador	48
31.	Cronograma de actividades	50
32.	Flujo de caja del proyecto	52
33.	Marca de los ejes de instalación	58
34.	Equipo para el montaje	59
35.	Máquina formadora de vidrio en traslado.....	60
36.	Equipo de trabajo subcontratado	61
37.	Máquina formadora de vidrio instalada, lado bombillo	62
38.	Máquina formadora de vidrio instalada, lado molde.....	63
39.	Panel de control de la máquina y el templador	64
40.	Llaves de paso de aire comprimido	65
41.	Esquema de la banda transportadora.....	66
42.	Salida del templador	66
43.	Controlador de sección	67
44.	Diagrama de flujo del proceso 1/2	73
45.	Diagrama de flujo del proceso 2/2	74
46.	Operador lubricando en el área de formado	75
47.	Bitácora de inspección horno 4.....	78
48.	Formato de reporte de consumo diario de aceite	79
49.	Gráfico de consumo de aceite de la máquina 45.....	79

50.	Diagrama de proceso la conversion de doble a triple cavidad y de triple a doble en máquinas I.S.....	81
51.	Diagrama de proceso control de calibradores pasa no pasa	82
52.	Avances conceptuales en la producción más limpia como estrategia de gestión ambiental preventiva.....	84
53.	Formato de control de secciones paradas	86
54.	Tiempos muertos máquina 45 turno A	87
55.	Casco industrial.....	90
56.	Botas industriales.....	91
57.	Lentes industriales	91
58.	Tapones de oídos	92
59.	Guantes industriales.....	92
60.	Pasos para clasificar	94
61.	Pasos para ordenar.....	95
62.	Pasos para limpiar.....	96
63.	Pasos para estandarizar	97
64.	Formato de calificación	99
65.	Formato de control de fugas	100
66.	Elementos para el control de fugas.....	100

TABLAS

I.	Costo del recurso humano	42
II.	Recursos tecnológicos	43
III.	Factores de interés del valor actual neto.....	53
IV.	Personal para el procedimiento de arranque	72
V.	Metas de producción	85
VI.	Fallas de la máquina 45	89

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
°	Grados
°C	Grados Celsius
lb	Libra
Psi	Libra por pulgada cuadrada
m	Metro
mA	Miliamperio
mm	Milímetro
'	Pie
%	Porcentaje
"	Pulgada
Q	Quetzal
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Anclaje	Pieza construida para la fijación de las máquinas o estructuras.
Área caliente	Lugar del área de producción que se encuentra cercano a los hornos.
Área fría	Lugar del área de producción que se encuentra después del templador.
<i>Benchmarking</i>	Método que consiste en establecer comparadores que se aplican a nuestros procesos para mejorarlos.
Cavidad	Número de velas que la máquina recibe por sección.
Chorreador	Mecanismo encargado de recibir el vidrio fundido de los canales del horno refinador.
Efecto Peltier	Provoca liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula en la unión.
Efecto Thomson	Absorción o liberación de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo con gradiente de temperatura.

HACCP	Es un sistema en el cual se analizan los peligros y puntos críticos de un proceso de producción alimenticio o farmacéutico.
Inocuidad	Control de riesgos asociados con los productos utilizados para el consumo humano.
Lado bombillo	Parte la máquina I.S. en donde la vela es transformada en un premolde
Lado molde	Parte de la máquina I.S. en donde el premolde es transformado en envase.
Máquina I.S.	Máquina de sección individual que trabaja de forma cronometrada para la formación de envases de vidrio.
Mecanismo	Conjunto de elementos mecánicos que reciben una energía de entrada y la transforman en movimiento.
Noria	Recipiente recubierto con material aislante en donde se acumula el vidrio fundido.
PLC	Es un controlador lógico programable utilizado para la automatización de procesos industriales.
Prensa 62	Proceso de formado de vidrio que se emplea para la formación de envases de boca ancha.

PTM	Relación de las toneladas de vidrio fundido y las toneladas de vidrio empacadas.
<i>Set point</i>	Es el término usado para determinar el punto deseado al cual se quiere llegar.
Soplo-soplo	Proceso que se caracteriza por realizar dos soplos a la vela en tiempos diferentes
Templador	Horno en donde se aplica el tratamiento térmico de recocido al envase.
TIR	Tasa interna de retorno de un proyecto.
VAN	Valor actual neto.
Vela	Es la cantidad de vidrio fundido que se utiliza para formar el envase.
VPB	Valor presente de los beneficios
VPC	Valor presente de los costos.

RESUMEN

La producción de envases de vidrio inicia con la fundición de la materia prima en los hornos. El vidrio fundido obtenido en los hornos es monitoreado por los sistemas de control que se encuentran en el área de fundición para obtener la calidad deseada. Este vidrio se utiliza para obtener envases.

En el área de formado de vidrio se tiene el equipo adecuado para transformar la fundición de vidrio en un envase. El envase tendrá la forma del molde que se esté utilizando. La máquina formadora de vidrio que realiza esta transformación está formada por varios mecanismos que trabajan de forma cíclica para producir envases en forma constante.

Luego de salir del área de formado, el envase pasa por una serie de tratamientos para obtener la inocuidad necesaria y controles de calidad estrictos para convertirse en producto terminado y listo para la venta. Dependiendo de los requerimientos del cliente, el envase puede pasar por un proceso de decorado para agregarle diseños y colores específicos solicitados por el cliente.

En este trabajo de graduación, se describe el proceso de reemplazo de la máquina formadora de vidrio de la línea de producción 45. El reemplazo es para actualizar la tecnología de producción y cumplir con los requerimientos de producción más limpia de la empresa. La planeación del reemplazo se realiza con los principios de la administración; se analizan los procesos del departamento y se proponen mejoras. Se proponen mejoras en los procesos de mantenimiento de la máquina y una serie de formatos para controlar las actividades del departamento y proponer mejoras constantemente.

OBJETIVOS

General

Evaluar el cambio de tecnología de una máquina formadora de vidrio para la producción de envases de vidrio en Vidriera Guatemalteca, S.A.

Específicos

1. Planificar el proceso del reemplazo de la máquina formadora de vidrio.
2. Determinar aspectos claves para la minimización de los costos de instalación de la máquina formadora de vidrio.
3. Establecer los recursos necesarios para la instalación de la máquina formadora de vidrio.
4. Determinar los índices de producción de la línea 45 dos meses después de instalada la máquina formadora de vidrio.
5. Establecer actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina formadora de vidrio.
6. Aplicar conceptos de producción más limpia para el control de la instalación de la máquina formadora de vidrio.

7. Utilizar un plan de orden y limpieza para la mejora continua del área de máquinas I.S.

JUSTIFICACIÓN

La Vidriera Guatemalteca, S.A. tiene altos estándares de calidad. Actualmente, está certificada bajo la norma ISO-9001 del año 2008 y está en proceso de actualización para la norma del 2015. La productividad es uno de los índices más importantes para la empresa. Cada línea de producción tiene altos índices de productividad. Para mantener estos estándares, se deben tomar en cuenta varios factores, entre ellos, la eficiencia de la máquina formadora de vidrio y los tiempos muertos.

La demanda de pedidos es alta, la cantidad de clientes es elevada y cuenta con una gran variedad de diseños para envases. Por esta razón, es necesario de que cada línea de producción trabaje a su máxima capacidad con elevada productividad y sin paro alguno. La línea 45 está equipada con una máquina formadora de vidrio de 8 secciones. Por eso, el ritmo de producción es más lento si se le compara con las otras máquinas. Con la implementación de la nueva máquina se espera satisfacer la demanda actual del mercado.

La instalación de la máquina formadora contribuirá a mantener los índices de productividad de la línea 45. Además, esta máquina tiene dos secciones más que la anterior, permite diversidad de procesos de producción y un aumento en el ritmo de producción.

La nueva máquina tiene opción de producir envases por el proceso de prensa-soplo, soplo-soplo y prensa-soplo boca angosta, la diversidad de diseños de envases aumentará, para Vidriera Guatemalteca, S.A. para la cual

representa un beneficio porque cumplirá con la demanda de pedidos, reducción en tiempos y costos de producción de un lote específico.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de nueva tecnología forma parte de un sistema de producción más limpia. Con los controles ambientales, los procesos productivos han cambiado con el tiempo. El cuidado del ambiente es una prioridad con la cual deben cumplir las empresas competitivas y la nueva maquinaria utilizada en los procesos de producción debe ser amigable con el medio ambiente.

El proceso de producción de envases en Vidriera Guatemalteca, S.A. es continuo y de alta demanda. El departamento de máquinas I.S. se encarga del proceso de formado de vidrio. La maquinaria principal en el proceso de formado de vidrio es la máquina I.S. Esta máquina recibe la vela de vidrio fundido y, con ayuda de sus mecanismos lo transforma en un envase de vidrio con un molde específico. El reemplazo de la máquina formadora de la línea 45 está apegado a la implementación de nueva tecnología en un programa de producción más limpia.

Actualmente, la línea 45 tiene una máquina formadora de tecnología antigua. Esta máquina formadora tiene solo 8 secciones individuales y se encuentra rodeada por una estructura en mal estado. Con la nueva máquina formadora se acondicionará el ambiente que rodea la línea de producción. Esta nueva máquina consta de 10 secciones individuales, con lo cual aumenta el ritmo de producción de la línea 45. Asimismo, la nueva máquina puede producir envases por procesos de soplo-soplo, prensa-soplo y prensa-soplo boca

angosta, aumentando la diversidad de diseños de envases que la máquina puede producir.

El capítulo 1 incluye las generalidades de la empresa, se describen los antecedentes históricos, misión, visión, política de calidad y los organigramas de gerencia y de producción.

El capítulo 2 describe la situación actual de la línea 45 y las actividades del área de formado de vidrio; además, se describe de forma general, la máquina formadora de vidrio, el proceso de formado de envases de vidrio y los indicadores de producción utilizados por la empresa.

El capítulo 3 se refiere a la propuesta de implementación de la nueva máquina formadora de vidrio. Se detallan los recursos necesarios y las actividades se van a realizar para llevar a cabo el cambio de la máquina formadora de vidrio.

El capítulo 4 describe los recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para la instalación de la máquina formadora. Se describe el proceso de instalación y la utilización de los recursos para instalarla.

El capítulo 5 detalla los controles y seguimientos para garantizar la correcta utilización de la máquina formadora de vidrio, la aplicación de la producción más limpia y el cumplimiento de los índices de producción

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa

Vidriera Guatemalteca, S.A. (VIGUA) es una empresa dedicada a la producción y comercialización de envases de vidrio. Los envases fabricados se utilizan para soderas, cerveceras, licoreras, productos medicinales y alimenticios. Pertenece al grupo Vidriero Centroamericano (VICAL) que está conformado por empresas líderes en la producción de vidrio en Costa Rica, Guatemala y México.

Se ubica en las antiguas instalaciones de CAVISA, empresa que cerró sus operaciones en 1990 por problemas sindicales. VIGUA inició sus operaciones en febrero de 1991 y se convirtió en una de las empresas productoras de envases de vidrio más importantes del territorio centroamericano. Está estructurada de forma funcional por departamentos, integrados por personal calificado. Los departamentos son: control de calidad, decorado, diseño de molduras, ingeniería de planta, materia prima, operaciones, preparación de vidrio, producción y recursos humanos.

Actualmente, cuenta con dos hornos de fundición, 6 líneas de fabricación de envases de vidrio y 5 líneas de decorado. VIGUA está certificada bajo la Norma ISO 9001:2008 y, actualmente, en proceso de certificación de la Norma ISO 9001:2015. VIGUA está comprometida con el desarrollo industrial del país, el cuidado del medio ambiente, la inocuidad de los envases y el fortalecimiento de los valores éticos y morales

1.2. Ubicación

La empresa está ubicada en la avenida Petapa 48-01 zona 12, las oficinas administrativas y la planta de producción se encuentran ubicadas entre la avenida Petapa y la calzada Atanasio Tzul.

Figura 1. Mapa de la ubicación de la empresa



Fuente: www.google.com.gt/maps/place/Vigua. 1 de marzo de 2017.

1.3. Misión

“Satisfacer competitivamente las necesidades de envase y cristalería de mesa, del mercado centroamericano y de exportación, produciendo nuestras materias primas y comercializando productos afines y complementarios a las líneas de nuestro giro principal, sin deterioro del medio ambiente”

1.4. Visión

“Lograr en el mercado de Centro América una posición de liderazgo en envases de vidrio e insumos industriales relacionados con nuestro giro principal y comercializar productos afines y complementarios o que representen un negocio de interés, asumiendo la responsabilidad de conquistar el reconocimiento de proveedor confiable de alta calidad que no deteriora el medio ambiente y respaldado por un servicio eficiente, con el fin de dar el mayor grado de satisfacción al cliente”

1.5. Política de calidad

“Es política de nuestra compañía proveer a nuestros clientes envases de vidrio, que cumplan con los requerimientos, especificaciones acordadas y requisitos legales correspondientes.

Con este fin, el personal debe enfocarse al control de los procesos, la operación eficaz, la satisfacción del cliente, prevención de contaminación ambiental y el mejoramiento continuo de nuestro Sistema de Gestión de la Calidad, basado en los requerimientos de la norma ISO 9001-2008”

1.6. Organigramas

Vidriera Guatemalteca, S.A. tiene un diseño organizacional de tipo funcional, los empleados son agrupados por áreas de trabajo bajo el mando de un jefe de área. El jefe de área tiene el apoyo de un supervisor. Cada jefe está bajo el mando de un gerente y, los mismos, bajo el mando del gerente general.

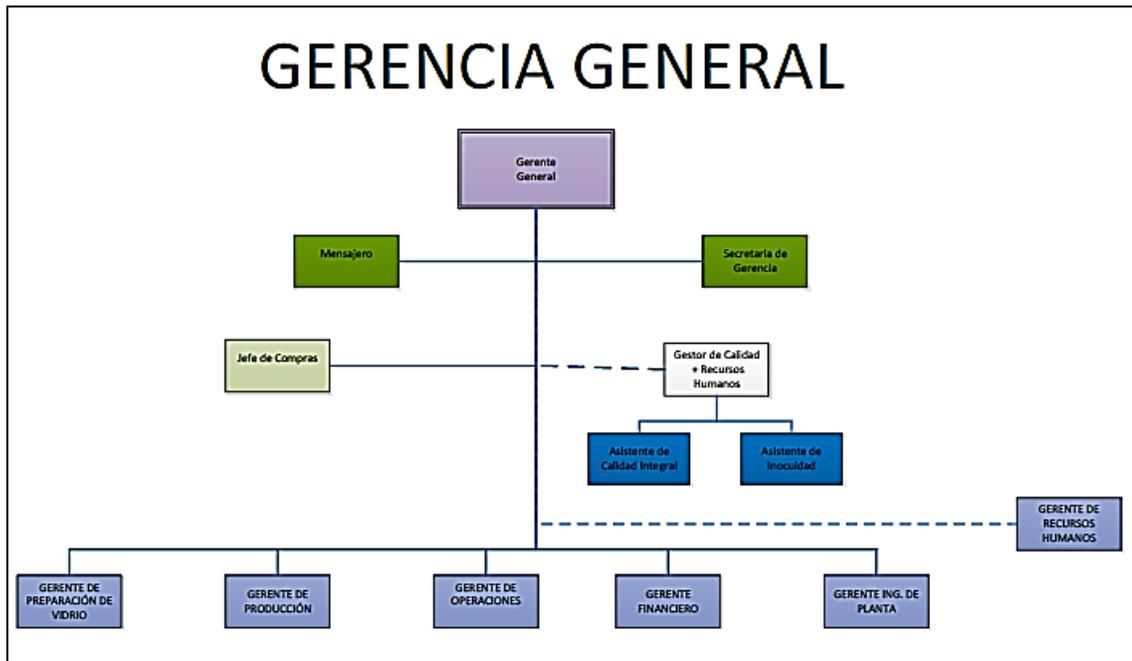
1.6.1. Gerencia general

Estructurada de manera funcional, cada gerente está bajo el mando del gerente general. Los gerentes involucrados en la fabricación de vidrio son:

- Gerente de preparación de vidrio
- Gerente de producción
- Gerente de operaciones
- Gerente financiero
- Gerente de ingeniería de planta

El gerente de recursos humanos, gestor de calidad y el jefe de compras no están involucrados, directamente, en la fabricación, pero están subordinados al gerente general.

Figura 2. Organigrama de gerencia general



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

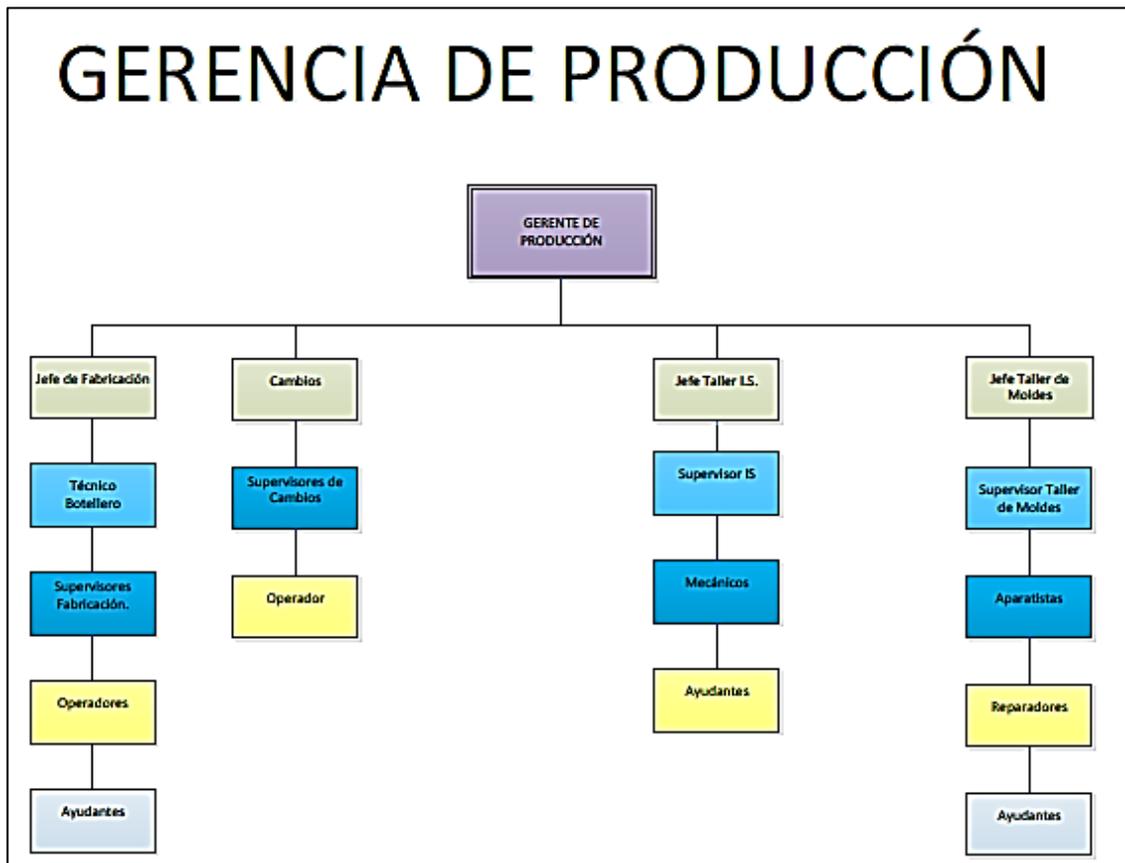
1.6.2. Gerencia de producción

Estructurada de forma funcional, los jefes están subordinados al gerente de producción. Cada jefe de área tiene el apoyo de un supervisor, las áreas de producción son las siguientes:

- Fabricación
- Cambios
- Taller I.S
- Taller de moldes

Cada área está formada por personal capacitado y especializado para tareas específicas. También se tiene el respaldo de ayudantes en cada área de producción.

Figura 3. Organigrama de gerencia de producción



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Situación actual de la línea 45

La línea 45 es alimentada por el horno 4. Es la línea de fabricación de envases más antigua de la planta de producción. La línea de producción puede producir envases de vidrio por los procesos de prensa 62 y soplo-soplo. Es capaz de producir envases en simple y doble cavidad.

La línea 45 está equipada con una máquina formadora de vidrio de 8 secciones, de tamaño 4 ¼ ". Los mecanismos se controlan de forma electrónica y mecánica, la calibración de la vela es de forma mecánica. Los procesos de formado del envase son controlados por los paneles en la parte superior de cada sección. Las válvulas de pilotaje operan con 90 psi y a 45 psi para controlar mecanismos y enfriamiento.

2.2. Descripción del área de formado

En el área de formado se encuentra el equipo encargado de transformar la vela de vidrio fundido en un molde de envase predeterminado. Se ubica en el área caliente de la planta. Esta comienza después del horno refinador y termina en la entrada del templador.

El área de formado está constituida por: chorreador, mecanismo alimentador, distribuidor de gota, sistema de entrega, máquina I.S., sistema de transportación y el templador. El corazón del área de formado es la máquina I.S., forma la vela de vidrio fundido en un envase de vidrio dirigido al templador.

A continuación, se describen los mecanismos y maquinaria que constituyen el área de formado:

2.2.1. Chorreador

Mecanismo encargado de recibir el vidrio fundido de los canales del horno refinador. Iguala la temperatura del vidrio para que sea consistente en el proceso de formación. Se sitúa en el extremo del horno y lo alimenta el refinador del horno.

El chorreador proporciona un ambiente controlado, mantiene una diferencia de temperatura mínima entre el vidrio recibido del horno y el vidrio entregado al mecanismo de alimentación. Es necesario igualar la temperatura, ya que el tamaño del horno es relativamente grande y el vidrio fundido presenta diferencias de temperatura significativas. Al igualar la temperatura, se puede asegurar que el vidrio fundido será consistente y se tendrá una vela de buena calidad.

Figura 4. **Mecanismo chorreador y noria**



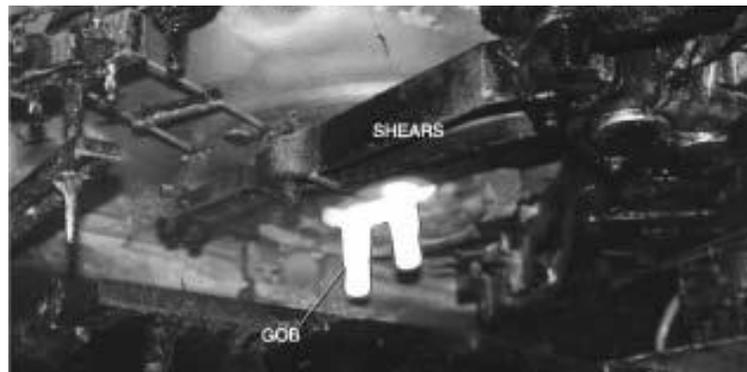
Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.2.2. Mecanismo alimentador

Este mecanismo controla el tamaño, cantidad y la forma de la vela de vidrio fundido. El tamaño y la forma de la vela son diferentes para cada envase. Es importante controlar estas dos variables para obtener la cantidad adecuada de vidrio fundido y evitar defectos en la forma y peso del envase.

Los elementos mecánicos del mecanismo alimentador son: cuchillas, tubos de enfriamiento y los inyectores de agua suavizada.

Figura 5. **Mecanismo alimentador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.2.3. Sistema de entrega

El sistema de entrega distribuye la vela cortada a la máquina I.S. en la secuencia correcta. Esta distribución se conoce como orden de disparo. Este sistema está conformado por el distribuidor de vela y sistema de entrega.

2.2.4. Máquina de sección individual

Es la máquina principal del área de formado. Transforma la vela de vidrio fundido en un envase de forma predeterminada. Recibe la vela del sistema de entrega para iniciar el proceso de formación. Los mecanismos de la máquina comienzan el proceso de formado y entrega el envase al sistema acarreador.

La máquina I.S. está dividida en dos lados: lado bombillo y lado molde. Posteriormente, se describirá completamente la máquina I.S y sus componentes.

2.2.5. Sistema acarreador

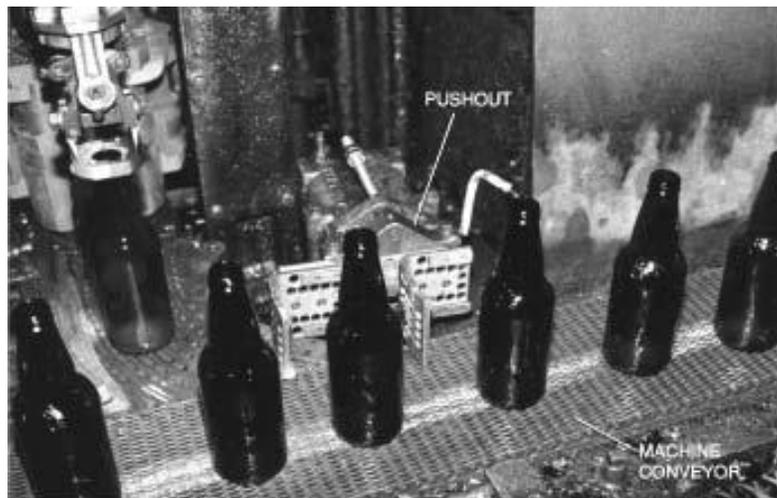
Este sistema transfiere los envases a la banda transportadora en la secuencia adecuada. La banda transportadora lleva el envase por un túnel de tratamiento en caliente y, luego, al templador para completar el proceso de formación.

El sistema acarreador se compone de los siguientes elementos:

- **Rastras:** es un mecanismo que desliza el envase de vidrio que sale del molde hacia la banda transportadora.
- **Banda transportadora:** es la encargada de dirigir los envases al transfer. La velocidad de la banda transportadora depende del tipo de envase. En la máquina transportadora se encuentra un sistema de rechazo para los envases mal formados.

- **Transfer:** es el mecanismo encargado de cambiar la dirección del envase que viene de la banda transportadora, separa los envases uniformemente.
- **Banda transversal:** igual que la banda transportadora, mueve los envases para que estos sean colocados en la posición adecuada y esperar a que la barra empujadora los dirija a la entrada del templador.
- **Barra empujadora:** es el mecanismo que empuja los envases hacia la entrada del templador. Cuando la banda transversal está llena de envases, la barra empujadora los coloca en el templador. Su funcionamiento es cíclico.

Figura 6. **Rastras (*push out*) del sistema acarreador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Figura 7. **Barra empujadora (*stacker*)**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.2.6. **Templador**

Son hornos diseñados para aplicar un tratamiento térmico de recocido a los envases que salen de la banda transportadora. Se les aplica un enfriamiento gradual para evitar la concentración de esfuerzos internos en el envase.

En el templador el envase se calienta a unos 1200°C durante, aproximadamente, diez minutos, luego se disminuye la temperatura gradualmente hasta llegar a los 90 °C, basándose en la curva de temperatura. El templador es la parte final del área de formado.

2.3. Descripción general de la máquina formadora de vidrio

La máquina I.S. es una pieza compleja de equipo para formar envases de vidrio. Consta de varias secciones individuales y mecanismos que operan juntos por medio de un sistema de cronometraje. Las siglas I.S. significan Sección individual (*individual section*). Es operada con aire comprimido a 45 psi y 90 psi.

Cada sección de la máquina recibe la vela de vidrio en una secuencia conocida como orden de arranque. Está constituida por dos divisiones: lado bombillo y lado molde.

En el lado bombillo, la vela se transporta a través del distribuidor de vela y sistema de entrega. Aquí se realiza la forma inicial del recipiente. El mecanismo de inversión transfiere el bombillo al lado molde, los moldes se cierran y comienza el soplo de aire para realizar el molde final.

Después que el envase está formado, el molde se abre; los brazos sacadores levantan los envases formados y los transfieren a la placa muerta. Las rastras mueven los envases a la banda transportadora y son transportados hacia el templador.

2.3.1. Clasificación

Las máquinas formadoras de vidrio se clasifican basándose en el número (cavidad), el tamaño de la maquinaria (distancia ente centros) y el número de secciones. Por ejemplo:

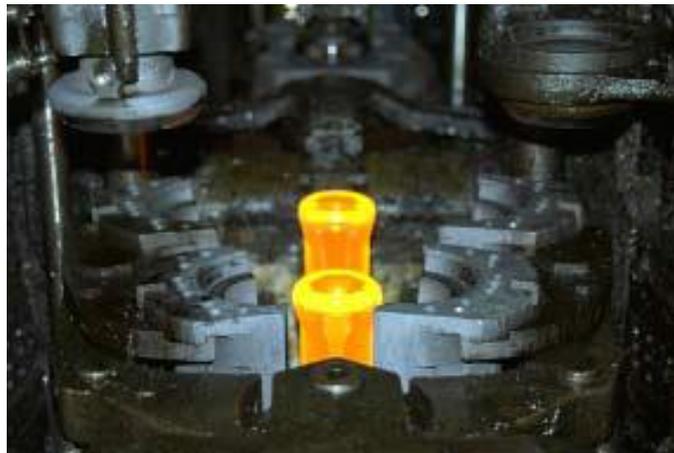
Máquina I.S. 6 ¼ “, centro a centro, doble cavidad, 8 secciones

Máquina I.S. 8 ½ “, centro a centro, triple cavidad, 10 secciones

- **Numero de velas:** la máquina formadora está diseñada para recibir una, dos y tres velas. El número de velas depende del sistema de fabricación y también se le conoce como cavidad de la máquina. Una máquina trabajando con una vela se le conoce como simple cavidad, con dos es doble cavidad y con tres es triple cavidad.

Una máquina trabajando con simple cavidad se utiliza para botellas de largo estiraje y de gran volumen. Para doble y triple cavidad, la diferencia la proporciona las dimensiones de los envases y el tipo de molde a utilizar.

Figura 8. **Sistema de doble cavidad**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Figura 9. Sistema de triple cavidad



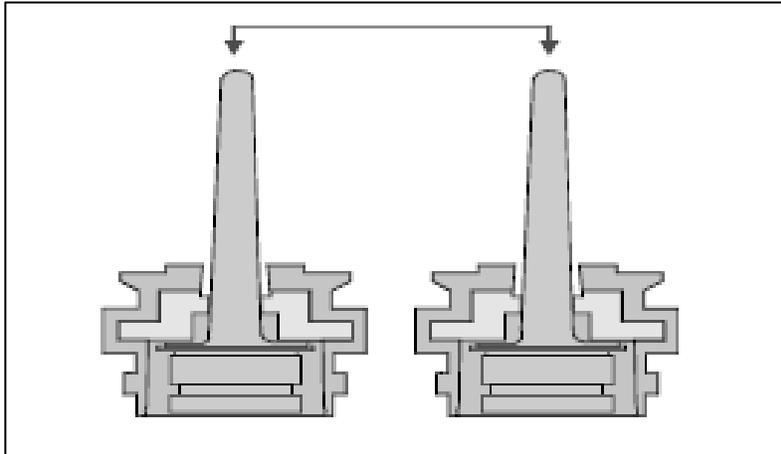
Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Tamaños:** el tamaño de la máquina I.S. está definido por la distancia entre el centro del pistón al centro del otro pistón. El pistón se utiliza para empujar la vela de vidrio fundido hacia arriba del molde. En una máquina trabajando a simple cavidad tiene tamaño estándar, ya que tiene solo un pistón por sección.

El tamaño se utiliza para diferenciar a las máquinas que están trabajando con doble y triple cavidad. La distancia entre pistones permite elaborar envases de distintos tamaños. Los tamaños de máquinas I.S pueden ser:

- 4 ¼"
- 6 ¼"
- 8 ½"

Figura 10. **Distancia centro a centro entre pistones**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Secciones**

La sección de la máquina I.S. es la unidad individual que recibe la vela y la forma en preforma en el lado bombillo y en envase en el lado molde. Cada sección consta de sus propios componentes y mecanismos que trabajan independientemente. Cada sección opera en tiempos diferentes pero el proceso es el mismo.

Este orden de funcionamiento es conocido como orden de arranque. La diferencia de tiempo entre las secciones permite que los envases sean transportados en orden y evitar el contacto entre ellos luego de salir del lado molde. Una máquina I.S. puede ser de 8 y 10 secciones, el número de secciones aumenta la capacidad productiva de la máquina por ciclo.

Figura 11. **Máquina I.S. de ocho secciones**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.3.2. Equipo lado bombillo

El lado bombillo recibe la vela de vidrio fundido del mecanismo alimentador. El molde cerrado recibe la vela, el brazo obturador coloca el obturador en la parte superior del molde y se forma la preforma. En el lado bombillo se pueden tener distintos mecanismos dependiendo del proceso de formado.

El brazo obturador retira el obturador, se abre el molde y el mecanismo inversor transfiere el bombillo para el lado molde. Los mecanismos que componen el lado bombillo son:

- **Mecanismo del embudo:** este mecanismo mueve el embudo hacia el bombillo. Este embudo se utiliza en el proceso de soplo-soplo para guiar la vela y que ingrese al bombillo. En el proceso de prensa-soplo no se necesita del embudo. Este mecanismo funciona con aire comprimido.

Figura 12. **Brazos del embudo**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo abre-cierra:** controla el movimiento de las bisagras del bombillo. Abre y cierra las bisagras para que el mecanismo inversor pueda realizar su operación. Las bisagras del lado bombillo forman parte del equipo variable.

Figura 13. **Bisagras del lado bombillo**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo del obturador:** controla el movimiento del brazo del obturador, lo mueve para colocar el obturador sobre el molde del bombillo y realizar el soplo. El obturador y el molde realizan un sello hermético que evita las fugas de aire y evita que la preforma este defectuoso.
- **Mecanismo de pistón:** este mecanismo es diferente para el proceso de soplo-soplo y prensa-soplo. En el proceso de prensa-soplo el pistón se mueve hacia arriba y abajo para formar la vela. En el proceso de soplo-soplo el pistón forma el acabado y suministra aire de contra soplo. El pistón del proceso soplo-soplo es de menor longitud que un pistón de un proceso prensa-soplo.

Figura 14. **Pistón de un proceso prensa-soplo**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Figura 15. **Pistón de un proceso sopro-soplo**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo porta corona:** mecanismo encargado de abrir y cerrar los brazos porta corona para soltar el bombillo en el lado molde. Este mecanismo trabaja junto con el mecanismo inversor.

Figura 16. **Brazo porta corona**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo inversor:** es el mecanismo encargado de mover los brazos porta corona que sostienen el bombillo al lado molde. Coloca el bombillo y regresa a su posición inicial para repetir el proceso. El bloque de válvulas controla este mecanismo. Los brazos porta corona pertenecen al equipo variable.

2.3.3. **Equipo lado molde**

El lado molde es la parte de la máquina donde los mecanismos forman el envase. El proceso continua cuando el bombillo es transferido por el mecanismo inversor. Las bisagras del molde se cierran, la cabeza de sople se mueve y se coloca sobre la parte superior del molde. Se forma un sello entre estos dos elementos para luego realizar el sople final.

Luego, el brazo y la cabeza de sople se mueven, el molde se abre y el brazo sacador levanta el envase colocándolo en la placa muerta. Las rastras mueven el envase a la banda transportadora terminando el proceso de formado.

Los mecanismos del lado molde son:

- **Mecanismo abre-cierra:** es un mecanismo que abre y cierra las bisagras que tienen colocado el molde. Este movimiento se controla con aire comprimido. El molde está abierto cuando el mecanismo inversor entrega el bombillo, se cierra y se realiza el sople final. Después del sople final, el molde se abre y el mecanismo sacador mueve el envase hacia la banda transportadora.

Figura 17. **Mecanismo abre-cierra**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo de sople final:** este mecanismo mueve la cabeza de sople y su brazo. El movimiento coloca la cabeza de sople en la parte superior del molde para realizar el sople final y, luego, lo retira de la parte superior del molde. Este mecanismo funciona con aire comprimido.

Figura 18. **Brazo de sopro y cabeza de sopro**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo de fondo de molde:** controla el movimiento del adaptador de fondo hacia arriba y hacia abajo. Dirige el enfriamiento de aire a las cavidades del molde. También crea el vacío en los moldes. En el fondo del molde se forma el fondo del envase.

Figura 19. **Adaptador de fondo de molde**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Mecanismo sacador:** controla el movimiento del brazo sacador y las pinzas. Es alimentado por un bloque de válvulas, el aire comprimido controla los movimientos del mecanismo. El brazo sacador se mueve del molde a la placa muerta y regresa a su posición. Las pinzas se abren y se cierran alrededor de la corona del envase.

Figura 20. **Mecanismo sacador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.3.4. Sistemas de control

El sistema de control es la parte de la máquina que controla la sincronización de los procesos de formado de vidrio. Los sistemas de control pueden dividirse en dos tipos: mecánicos y electrónicos.

El sistema de control mecánico utiliza elementos mecánicos para controlar el flujo de aire de pilotaje que ingresa a la máquina. Las partes de un sistema de control mecánico son: bloque de válvulas mecánicas, engranajes mecánicos y palancas de control.

El sistema de control electrónico también controla la sincronización de cada mecanismo regulando el flujo de aire de pilotaje. Las partes de un sistema de control electrónico son: computadoras, paneles de control y bloques de válvulas electrónicas.

2.3.5. Soporte de sistemas

La máquina I.S. necesita ser alimentada con aire comprimido de baja y alta presión, lubricación, aire de enfriamiento y sistemas de vacío para operar de forma estable. La máquina puede detenerse o inclusive sufrir daños muy graves, si alguno de estos suministros disminuye o la deja de alimentar. Los sistemas de soporte vinculados con la máquina I.S. son:

- **Sistema de lubricación Lincoln**

La lubricación es necesaria para los metales que se encuentran en contacto y movimiento. La lubricación reduce la fricción, disminuye el desgaste, reduce el calor por fricción y aumenta la vida útil de los elementos metálicos. Este sistema de lubricación mantiene engrasados constantemente los mecanismos y las partes móviles de la máquina. El sistema está compuesto por bombas de aceite, filtros, tuberías y tanque de aceite.

- **Sistema de amortiguamiento constante**

Este sistema suministra una delgada capa de aceite entre el punzón y el cilindro para evitar el contacto directo entre estos elementos. Si el sistema de amortiguamiento constante deja de funcionar el mecanismo y el envase sufrirían daños.

- **Sistema de aire comprimido de baja presión**

El sistema de aire comprimido de baja presión proporciona aire a presión de 40 psi a la máquina I.S. Este aire es regulado a presiones entre 30 y 35 psi y se utiliza para operar los mecanismos, también se usa para realizar el sople final, contra sople y alimentar de aire a la corona. El suministro de aire debe ser constante y se debe evitar que la presión baje del rango de operación.

- **Sistema de aire comprimido de alta presión**

Este aire trabaja regularmente a 90 psi y se utiliza para el pilotaje de las válvulas neumáticas. Las válvulas de pilotaje pueden ser de solenoide y de cartucho. Este aire también es utilizado para el enfriamiento de los punzones y de los moldes.

- **Sistema de vacío**

El sistema de vacío interviene en el proceso de formado del envase, se utiliza en el sople final para que el vidrio adopte de mejor manera a la forma del molde. Se proporciona un vacío en el molde durante el proceso de prensa sople cuello angosto.

- **Sistema de enfriamiento**

El sistema de enfriamiento es suministrado al equipo del lado molde y lado bombillo. El sistema tiene un control que dirige el aire necesario al equipo de lado molde. Existen dos sistemas de enfriamiento:

- **Vertiflow**

Este sistema de enfriamiento actúa de diferente manera en los lados de la máquina. En el lado bombillo, suministra aire de enfriamiento a los bombillos y porta corno durante el proceso de formado. El aire es conducido a través de tubos flexibles hacia los agujeros de los bombillos.

En el lado molde suministra aire de enfriamiento a los moldes. El aire se suministra desde una caja de sección en la parte trasera del mecanismo de fondo del molde. Entra al molde a través de los agujeros de enfriamiento.

- **Enfriamiento axial**

Se divide en enfriamiento axial lateral del lado bombillo y enfriamiento axial del lado molde. En el lado bombillo se suministra aire de enfriamiento al bombillo y porta corono durante el ciclo de formación. En el lado molde, el aire de enfriamiento se suministra a una sección interna de los moldes.

2.4. Procesos de formado de vidrio

El proceso de formación de vidrio es un método que utiliza aire comprimido para formar la vela de vidrio a temperatura aproximada de 1500 C, en moldes predeterminados, dependiendo del diseño y función del envase. Con ayuda de la máquina I.S. el aire se sopla en los moldes para dar forma al envase. En Vigua las máquinas formadoras fabrican envases utilizando tres procesos de formado distintos.

Ninguno de los diferentes procesos es más ventajoso, utilizan diferentes mecanismos de la máquina y para envases distintos. Los procesos de formado se describen a continuación:

2.4.1. Soplo-soplo

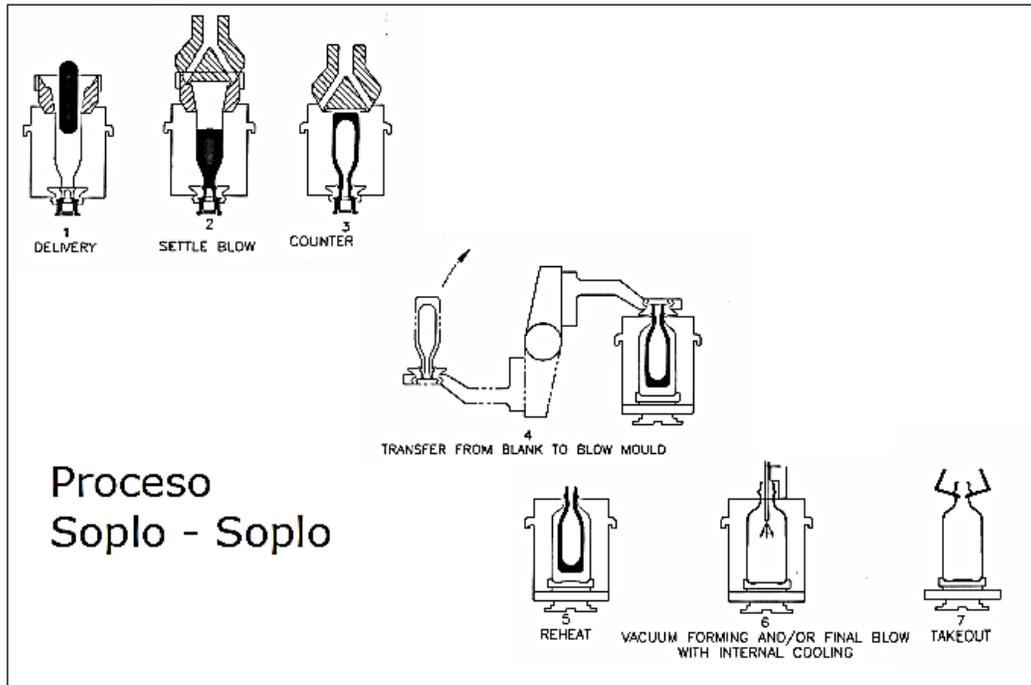
Es un proceso utilizado para fabricar botellas de 13 a 33 milímetros de diámetro de corona. Este proceso se caracteriza porque se realizan dos soplos a la vela en tiempos diferentes. Primero se realiza un soplo en una preforma para formar el bombillo y luego otro soplo en un molde para lograr la forma definitiva del envase.

A continuación, se describen los pasos necesarios para formar envases por el proceso de soplo-soplo:

- **Paso 1 carga de vela:** la vela entra al bombillo con ayuda de un embudo. El obturador se posiciona en la parte superior del premolde y la guía limitadora se alza hacia el porta corona.
- **Paso 2 soplo de asentamiento:** luego de que le obturador se posiciona, el aire fluye hacia dentro del premolde. Este flujo de aire se conoce como soplo de asentamiento. Entre el obturador y el premolde existe un sello térmico que impide el escape de aire.
- **Paso 3 contra soplo:** cuando termina el soplo de asentamiento, el aire es soplado por el pistón hacia la parte superior del premolde y se forma el bombillo.

- **Paso 4 recalentamiento y transferencia:** cuando está formado el bombillo, se abre el premolde se inicia el recalentamiento y el mecanismo inversor traslada el bombillo al lado molde. El molde se cierra y la cabeza de soplo se posiciona sobre el molde.
- **Paso 5 recalentamiento y corrida:** antes de realizase el soplo final, la gravedad estira el molde y lo acerca a su parte inferior. Este tiempo es conocido como tiempo de corrida.
- **Paso 6 soplo final:** el aire se inyecta al molde en la cabeza de soplo, el bombillo toma la forma del molde final y se forma el envase.
- **Paso 7 abertura del molde y retiro:** cuando el envase está formado, la cabeza de soplo se aleja de la parte superior del molde. El molde se abre y los brazos de sacadoras retiran el envase para colocarlo en la placa muerta.
- **Paso 8 tiempo de placa muerta:** el envase descansa en la placa muerta y es enfriado por el aire que es suministrado por los orificios de la placa. Después de que el envase se enfría, unas rastras mueven el envase hacia la banda transportadora.

Figura 21. **Proceso completo soplo-soplo**



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

2.4.2. Prensa 62

Por medio de este proceso se fabrican envases de boca ancha o de boca estrecha. Este proceso se diferencia del proceso de soplo-soplo porque la primera fase de formado se realiza con un mecanismo que prensa el vidrio hacia la parte superior del molde. Los otros pasos del proceso son similares.

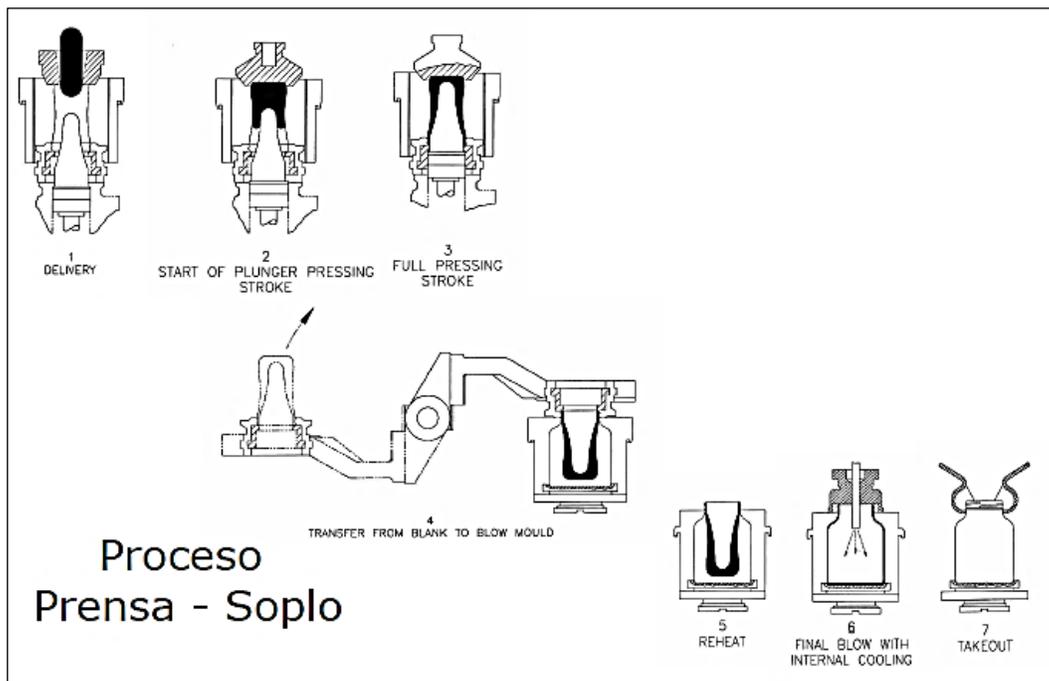
A continuación, se describen los pasos del proceso de prensa-soplo:

- **Paso 1 carga de vela:** la vela de vidrio entra al premolde por el embudo. En este paso el pistón de prensado se encuentra en su punto más bajo.

- **Paso 2 inicio del prensado:** el obturador se coloca en la parte superior del premolde, el pistón comienza a subir de forma controlada empujando el vidrio y obligándolo a tomar la forma del bombillo.
- **Paso 3 tiempo de prensa:** el tiempo de prensa debe ser lo más breve posible para evitar el enfriamiento de la vela, cuando el pistón llega a su punto más alto comienza a descender hasta su punto más bajo. Cuando el pistón desciende completamente el tiempo de prensa termina.
- **Paso 4 recalentamiento y transferencia:** el premolde se abre, se inicia el recalentamiento y la inversión del bombillo. El bombillo cae en el lado molde, el molde se cierra y la cabeza de soplo se coloca en la parte superior del molde.
- **Paso 5 recalentamiento y corrida:** antes de que se aplique aire comprimido al bombillo, debe permitirse que la gravedad actúe y deje caer el bombillo al fondo de la moldura. El tiempo de corrida depende del envase que se está fabricando.
- **Paso 6 soplo final:** la cabeza de soplo inyecta aire comprimido para formar el envase final. La presión de aire hace que el vidrio se pegue a las paredes del molde.
- **Paso 7 abertura del molde y retiro:** el molde se abre, la cabeza de soplo se aleja del molde y las pinzas de los brazos toman el envase colocándolo en la placa muerta.
- **Paso 8 tiempo placa muerta:** en la placa muerta, el envase es enfriado por un flujo de aire suministrado por los orificios de la placa muerta. Las

sacadoras mueven el envase hacia la banda transportadora. Este enfriamiento se realiza para evitar que el envase se deforme prematuramente.

Figura 22. **Proceso completo prensa-soplo**

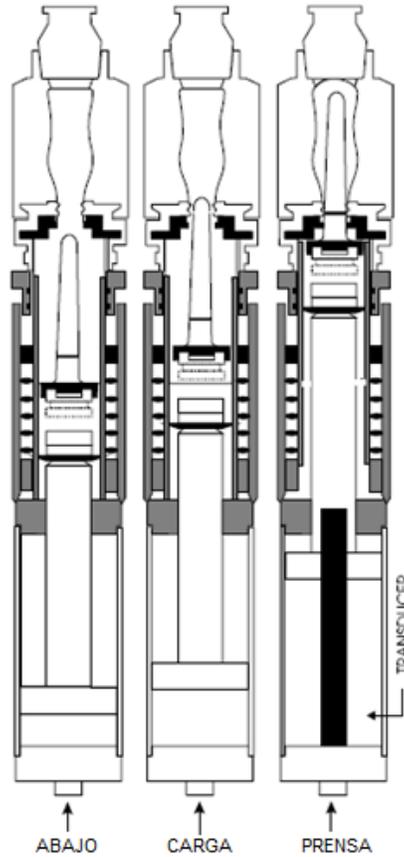


Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

2.4.3. Prensa-soplo boca angosto

Este proceso es similar al proceso de prensa-soplo, la diferencia está en que este proceso permite fabricar envases livianos, con diámetro de corona más pequeños y con mayor velocidad. Se utiliza para fabricar envases, como cerveceras y soderas. Los pasos del proceso son los mismos que prensa-soplo, los mecanismos utilizados son los mismos.

Figura 23. **Mecanismo de pistón para proceso prensa-soplo y prensa-soplo boca angosta**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

2.5. Indicadores de producción

Los indicadores son parámetros numéricos que, con ayuda de datos establecidos y organizados previamente. Permiten tener una perspectiva clara del cumplimiento de los planes o metas establecidas. Facilitan la toma de decisiones y la actuación rápida para la corrección de las desviaciones.

Los indicadores de producción ayudan a identificar problemas y defectos en la manufactura de un servicio o el ofrecimiento de un producto. Indican el uso correcto de los recursos humanos y generales de la empresa. Estos pueden ser cuantitativos y cualitativos.

En VIGUA se utilizan varios indicadores para controlar la productividad de la planta. En el área de máquinas I.S. los indicadores de producción más significativos son: tiempos muertos y la relación entre toneladas perdidas con las toneladas fundidas de vidrio. A continuación, se describen estos dos indicadores de producción:

2.5.1. Tiempos muertos

Es un indicador que controla los paros de las máquinas y de las secciones. En los cambios de moldura se tiene contemplado un tiempo específico para que la máquina se mantenga parada. Los paros imprevistos por fallas de los mecanismos o de moldura tienen un porcentaje asignado al departamento de máquinas I.S. El tiempo muerto atribuible al departamento de máquinas I.S es de 0.25 % mensual.

2.5.2. Toneladas fundidas y toneladas perdidas

Es un indicador que controla la relación de las toneladas de vidrio fundido y las toneladas de vidrio empacadas, como producto final. Las toneladas perdidas son la causa de la variación del indicador. Internamente, es conocido como *pack to melt* (PTM). La meta de este indicador es de 90% mensual.

3. PROPUESTA

3.1. Descripción de la propuesta de instalación

El cambio de tecnología de la línea 45 se realiza en el departamento de máquinas I.S. La propuesta del cambio de la máquina se enfoca en la adaptación del ritmo y versatilidad de producción que poseen las otras líneas. Es importante recordar que el cambio a una nueva tecnología debe estar justificado con la reducción de costos de producción y el ahorro energético.

La propuesta de instalación de la nueva máquina formadora de vidrio es un plan integral que involucra el apoyo de los departamentos de Fundición, Ingeniería de Planta y personal subcontrado. El equipo y la instrumentación deben ser adecuados para evitar fallas e imprevistos al comenzar el proceso del reemplazo. La integración del recurso humano es fundamental para que se pueda cumplir con el tiempo propuesto para el reemplazo de la máquina.

3.1.1. Montaje de la máquina formadora

El montaje de la máquina formadora es la parte crítica del proyecto. El área asignada para la instalación tiene las características necesarias para realizar el proyecto. La cimentación de la máquina sirve para apoyar y transmitir al suelo el total de las fuerzas originadas por las vibraciones. La cimentación puede ser directa o indirecta, dependiendo del peso de la máquina y de las fuerzas ejercidas por la misma. El cimiento utilizado es el de concreto, tiene la relación adecuada con el tamaño y el peso de la máquina formadora de vidrio.

Los factores principales que la cimentación de una máquina formadora de vidrio debe cumplir son los siguientes:

- Mantener nivelada la máquina
- Aislar de las vibraciones de la máquina a toda la línea de producción
- Soportar el peso de los componentes auxiliares

Un aspecto importante del montaje de la máquina formadora de vidrio es el cumplimiento del cuidado del medio ambiente. Los materiales utilizados no deben contaminar el área de trabajo. La máquina debe estar protegida antes de iniciar el proceso de instalación, para evitar que los contaminantes del ambiente dañen los mecanismos. La lubricación manual se realiza cuando la máquina se encuentre posicionada en el área marcada. La limpieza de los elementos mecánicos debe realizarse con el aire comprimido, no debe existir contaminante cuando se inicie el proceso de lubricación de la máquina formadora de vidrio.

Figura 24. **Protección de la máquina formadora**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

3.1.2. Instrumentación necesaria

En el área de máquinas I.S. se utilizan distintos instrumentos neumáticos y electrónicos de medición de presión, temperatura y caudal. Funcionan con las especificaciones generales y los rangos de funcionamientos son: neumáticos de 3 a 15 Psi y electrónico de 4 a 20 mA.

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Medidor de magnético de caudal: opera con base en la Ley de Faraday, que establece que la tensión inducida por medio de cualquier conductor, al moverse este perpendicularmente a través de un campo magnético, es proporcional a la velocidad del conductor. El elemento secundario es un indicador electrónico. Este instrumento utiliza señales electrónicas conectadas a un PLC
- Rotámetros: son medidores de caudal de área variable. Consta, básicamente, del tubo cónico y el flotador. El peso específico del flotador debe ser mayor que el peso específico del fluido que se medirá.
- Placas de orificios: su principio de funcionamiento se basa en la presión diferencial. Es el medidor que produce mayor pérdida de carga de dentro de los de este tipo. Es una placa concéntrica ya que se utiliza para medir fluidos limpios. Utiliza un indicador para mostrar la medición de la presión. También es utilizado para la medición de velocidad del fluido.
- Panel de instrumentos: en este panel se juntan las conexiones de los instrumentos de medición.

- Termopares: se basan en el efecto Seebeck, es un circuito formado por dos metales diferentes, con uniones que se mantienen a distinta temperatura. Obedece al efecto Peltier y al efecto Thomson.
- Manómetros: se utilizan para medir la presión de los fluidos, determinan la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica.

Figura 25. **Instrumentación del área de máquinas I.S.**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

3.1.3. Tuberías de aire comprimido

Las tuberías de aire comprimido se encargan de transportar el aire a presión determinada. Cada elemento de la máquina trabaja con un aire de enfriamiento, aire de sopleo y aire pilotaje. Las tuberías para la nueva instalación deben estar libres de fugas y montadas en la parte superior e inferior de la máquina. Después del montaje de la máquina, se puede proceder con la instalación de los sistemas de aire comprimido.

Los sistemas utilizados en la máquina formadora son los siguientes:

- Sistema de aire comprimido de baja presión: este aire se utiliza para operar los mecanismos y realizar el soplo final, contra soplo y alimentar de aire a la corona.
- Sistema de aire comprimido de alta presión: sirve para el pilotaje de las válvulas neumáticas. Las válvulas de pilotaje pueden ser de solenoide y de cartucho.
- Sistema de vacío: proporciona un vacío en el molde durante el proceso de prensa soplo cuello angosto.
- Sistema de enfriamiento: suministra aire de enfriamiento al equipo del lado molde y lado bombillo.

Figura 26. **Tuberías de aire comprimido**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

3.1.4. Componentes auxiliares

Estos componentes de la línea de producción se complementan con la máquina formadora de vidrio. Cuando la máquina formadora se encuentra instalada, nivelada y asegurada, se instalan los sistemas auxiliares del proceso. Estos sistemas complementan el área caliente de la planta de producción. Los componentes de cada sistema deben de estar libres de todo contaminante y agente corrosivo.

Los sistemas auxiliares son los siguientes:

- El sistema de entrega: distribuye la vela cortada a la máquina I.S. en la secuencia correcta. Esta distribución se conoce como orden de disparo. Este sistema está conformado por el distribuidor de vela y sistema de entrega.
- El sistema acarreador: transfiere los envases hasta el templador. La banda transportadora lleva el envase por un túnel de tratamiento en caliente y luego al templador para completar el proceso de formación.
- El sistema de control: es la parte de la máquina que controla la sincronización de los procesos de formado de vidrio. Los sistemas de control pueden dividirse en dos tipos: neumático y electrónicos.
- El templador: es el horno que realiza el proceso de temple del envase, el cual adquiere la dureza adecuada para mantener su forma. En la salida del templador, el envase recibe un tratamiento mantener la inocuidad.

Figura 27. **Componentes de la banda transportadora**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

3.2. Recursos necesarios

Los recursos necesarios para la instalación de la máquina formadora de vidrio se incluyen en la inversión de la instalación. Estos recursos son propios de la empresa y también externos. Principalmente, es necesario el recurso humano para llevar a cabo el proyecto. La coordinación está a cargo del departamento de máquinas I.S.

A continuación, se describe cada uno de estos recursos:

3.2.1. Recursos humanos

El recurso humano está formado por el personal del departamento de máquinas I.S., el departamento de cambios de moldura y departamento de ingeniería de planta. Los otros departamentos de producción tienen actividades específicas asignadas para mejorar la situación actual de la línea 45.

El personal subcontratado es de confianza y trabaja con la empresa en otros proyectos. Son contactos privados de la empresa y del departamento de máquinas I.S. Se trabaja, principalmente, con dos proveedores.

Los costos estimados por el personal se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla I. **Costo del recurso humano**

PUESTO	ÁREA	CANTIDAD	COSTO Un POR MES	COSTO TOTAL
Jefe	Máquinas I.S.	1	Q 15 000,00	Q 15 000,00
Jefe	Cambio de moldura	1	Q 15 000,00	Q 15 000,00
Supervisor	Máquinas I.S.	2	Q 8 000,00	Q 16 000,00
Supervisor	Cambio de moldura	1	Q 8 000,00	Q 8 000,00
Supervisor	Ingeniería de planta	3	Q 8 000,00	Q 24 000,00
Técnico mecánico	Máquinas I.S.	10	Q 4 500,00	Q 45 000,00
Técnico mecánico	Cambio de Moldura	10	Q 4 500,00	Q 45 000,00
Técnico mecánico	Ingeniería de planta	3	Q 4 500,00	Q 13 500,00
Instaladores	Subcontrado	6	Q 6 000,00	Q 36 000,00
Ayudantes	Máquinas I.S.	4	Q 3 000,00	Q 12 000,00
Total		41		Q 229 500,00

Fuente: elaboración propia.

El proyecto tiene un estimado de tres meses de duración, comenzando con la planeación de la instalación. Los jefes se considerarán para los tres meses que dura el proyecto, los supervisores, para dos meses, los técnicos mecánicos, ayudantes e instaladores, para un mes. Por lo tanto, el costo del recurso humano total es el siguiente:

Costo total del recurso humano= \sum (tiempo en meses*costo total del puesto)

Costo total del recurso humano=

3(30 000,00) +2(48 000,00) +1(103 500,00) +1(36 000,00) +1(12 000,00)

Costo total del recurso humano=Q 337 500,00

3.2.2. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos para la realización del proyecto son asignados al departamento de máquinas I.S. La empresa cuenta en su activo con la mayoría de la herramienta. El recurso principal es la máquina formadora de vidrio. La inversión de la máquina y sus componentes es aprobada por la gerencia general

El equipo de desmontaje y montaje de la máquina formadora de vidrio es parte de la empresa, este equipo está diseñado para el proyecto. El personal subcontratado también cuenta con su equipo el cual utilizan para transportar la máquina hacia el área de montaje.

Tabla II. **Recursos tecnológicos**

NOMBRE	DEPARTAMENTO	COSTO TOTAL
Máquina I.S.	Máquinas I.S.	Q 1 600 000,00
Componentes auxiliares	Máquinas I.S.	Q 550 000,00
Equipo de desmontaje y montaje	Máquinas I.S.	Q 150 000,00
Equipo de traslado	Subcontratado	Q 100 000,00
Total		Q 2 400 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Recursos financieros

Para cubrir los gastos del proyecto se utiliza parte del capital de la empresa, el capital asignado al departamento de máquinas I.S. significa un 60 % del costo total del proyecto. Para el 40 % restante se utiliza del capital asignado para los otros departamentos.

Como todo financiamiento, se incurre en una tasa de interés. Para este proyecto se asignó una tasa del 12% efectivo anual (dato aproximado para referencia de los cálculos). El capital también se utiliza para cubrir los costos de operación y los gastos para implementar el proyecto.

3.3. Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento de la máquina formadora de vidrio se ha mejorado en los últimos años. Los controles computarizados en el área del chorreador, la lubricación de los moldes y de los mecanismos, el control de peso de la vela y el manejo de los envases han facilitado la programación de mantenimientos para continuar con la producción más rápida de envases más fuertes y ligeros.

Los nuevos materiales utilizados en los elementos mecánicos disminuyen la posibilidad de fallas por fatiga y por las variaciones de temperatura. Los elementos neumáticos y electrónicos también han mejorado tecnológicamente los materiales de ingeniería ya que son más resistentes al aumento de temperatura y no pierden sus propiedades físicas. Con el registro de los datos históricos, se ha determinado que los accesorios de las secciones del lado bombillo y lado molde permiten una operación más precisa de la máquina. En la programación de los mantenimientos preventivos, estos elementos son los que se cambian con más frecuencia.

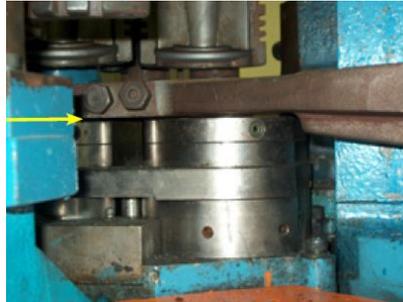
En el departamento de máquinas I.S. los mantenimientos están programados. Cuando se presenta una falla que genera un paro de sección o de la máquina, se toman medidas correctivas de la forma más rápida y precisa posible. Para evitar que los tiempos de paro se extiendan por mucho tiempo, cada sección ha preparado sus mecanismos para seguir funcionando. Cuando son fallas en los mecanismos se puede responder de forma inmediata, cuando son fallas en elementos electrónicos se tienen reemplazo para cada elemento de la máquina.

En el inventario del departamento de máquinas I.S. siempre se contemplan los insumos necesarios para cada máquina. Los mantenimientos correctivos son poco frecuentes en el departamento, los paros más frecuentes se deben a una sección de la máquina. Cuando se para una o varias secciones, las otras pueden seguir trabajando sin afectar el proceso.

Los mantenimientos preventivos más importantes aplicados a una máquina formadora de vidrio son los siguientes:

- Calibración del anillo del brazo porta corona: esta modificación se realiza para asegurar que exista separación entre los brazos de la porta corona y los receptores. Se requiere la extracción de 1/16 " de metal de la parte superior de los brazos del porta corona. Esto permite que el porta corona descansa en los receptores e impide que los brazos de porta corona tengan contacto con los receptores.

Figura 28. **Calibración del anillo del brazo porta corona**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- **Altura del pistón:** antes de comenzar la instalación, se debe asegurar que ambos soportes anti-deserción están bien apretados. Con el anillo de montaje se ajusta la altura del pistón. Revisar que los moldes se puedan cerrar con las manos y acoparse a la base del pistón. Si la altura del pistón esta correcta se deben asegurar los ajustes.

Figura 29. **Altura del pistón**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

- Altura del brazo porta coronas: los brazos se deben dejar caer sobre los moldes, se aprietan el brazo y se regresan a su posición original. Se insertan las guías entre los moldes y el brazo para calibrar la separación. Revisar todas las cavidades para asegurarse que todo esté nivelado. Si la calibración es correcta, debe tener un espacio de 1/16 " entre los brazos de porta corona y los receptores. Invertir los brazos porta corona y apretar los tornillos.

- Preparación del mecanismo sacador: para el mantenimiento del brazo sacador se deben seguir estos pasos:
 - Mover el sacador sobre el molde con el aire del sacador en funcionamiento.
 - Girar el amortiguador azul hasta que el brazo sacador esté nivelado.
 - alinear las mordazas del sacador con los moldes usando cualquier tipo de accesorio de alineación.
 - Subir o bajar el mecanismo del sacador hasta que las mordazas toquen la galga.
 - Mover el ajuste del ángulo hasta que haya un espacio igual entre las mordazas delanteras y traseras con la galga. Configurar cada mordaza por separado.
 - Aflojar los cuatro pernos superiores en la cabeza del sacador y centrar las cabezas de los moldes.
 - Colocar envases en la cabeza del sacador y cerrar las mordazas.
 - Levantar o bajar la banda transportadora de la máquina hasta que tengan la distancia correcta entre la parte inferior de los envases y la placa muerta.

Figura 30. **Preparación del mecanismo sacador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

3.4. Equipo necesario para la instalación

El equipo recomendado para la instalación de la máquina formadora de vidrio tiene que estar en perfectas condiciones y calibrado para utilizarse. En el departamento de máquinas I.S. se cuenta con el equipo básico para la instalación. El personal subcontrado tiene el equipo específico para realizar la instalación. El equipo de montaje se tiene que armar cerca de la máquina formadora de vidrio para poder soportar la base de la máquina.

Los equipos utilizados son los siguientes:

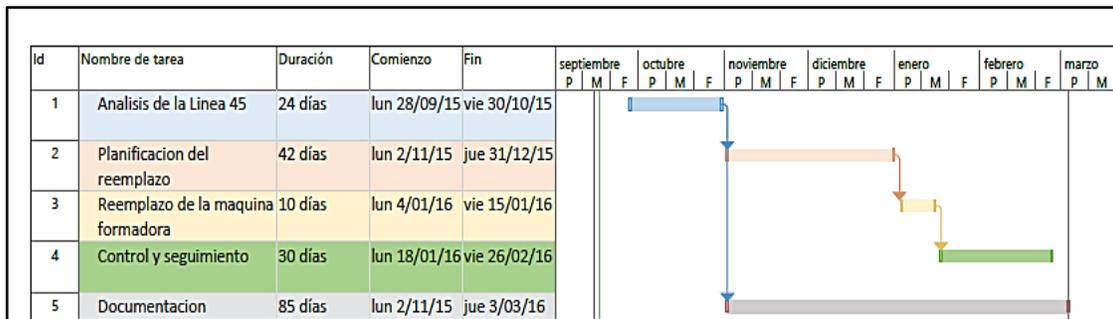
- Polipastos de cadenas
- Estructura de montaje
- Montacargas
- Llave de corona
- Llave inglesa
- *Tricket* de botella

- Destornilladores
- Herramientas de nivel.
- Llave de impacto
- Compresor de aire
- Brocas
- Machos y Cojinetes
- Sierras
- Taladro.
- Sierras de cinta
- Portaherramientas
- Elementos de fijación
- Soportes anti-vibratorios
- Punzones de precisión
- Alicates
- Tenazas
- Limas
- Martillos.
- Máquinas de soldadura eléctrica
- Navajas
- Cadenas
- Cables de acero
- Cintas métricas
- Medición láser

3.5. Cronograma de actividades

La planificación de la instalación de la máquina se inicia cuando se aprueba el proyecto. El departamento de máquinas I.S. se encarga de la instalación de la máquina.

Figura 31. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

La primera actividad es el análisis de la línea 45. Se inicia con una inspección completa de toda la línea para identificar todos los focos de riesgo. El área caliente de la línea se analiza con más detenimiento y cuidado, el área fría no tendrá cambio significativo en este proyecto.

En el área caliente hay dos mejoras importantes; la principal es el cambio de la máquina formadora de vidrio; el otro cambio será un nuevo templador. Este es un proyecto asignado al departamento de ingeniería de planta.

La segunda actividad es la planificación del reemplazo de la máquina. La información recopilada por las personas encargadas del análisis de la condición

actual se adjunta en un reporte dirigido al jefe del departamento. Para la planificación se asigna el trabajo al personal de departamento.

Las actividades principales son la preparación del equipo necesario para proceder con la instalación. Se realiza un inventario de todos los componentes de la máquina para comprobar que este completo. El personal subcontratado desmonta la máquina antigua y monta la máquina nueva. El personal del departamento coloca los componentes auxiliares.

El reemplazo de la máquina, que es la tercera actividad, debe llevarse a cabo en 10 días. Durante este tiempo se para la producción de toda la línea; es la actividad más crítica y la que más recursos demanda. El cumplimiento de este tiempo es la medida de efectividad de la planeación realizada con anterioridad. Al décimo día la máquina debe estar instalada y produciendo su primer lote de prueba.

Durante 30 días, diariamente se controlará y se dará seguimiento a las actividades. Después de que la máquina funciones correctamente, se asigna personal para controlar la producción de esta línea. Durante el mes de control se ajustan los valores que varíen en el funcionamiento de la máquina, se calibran instrumentos que se encuentren desajustados y se verifica la confiabilidad de los lotes de producción (el departamento de control de calidad se encarga de esta actividad).

La actividad de documentación comienza desde la aprobación del proyecto. Es importante registrar todos los avances del proyecto para el reporte final que el departamento debe entregar a la gerencia. El personal encargado del control y seguimiento debe dar el visto bueno del funcionamiento de la máquina. Con esto se termina el proyecto.

3.6. Análisis financiero

Para justificar la realización del proyecto de la instalación de la máquina formadora de vidrio se aplican herramientas de análisis financiero. Se utilizarán tres métodos de evaluación para justificar la inversión y continuar con el proyecto de cambio de tecnología de la máquina formadora de vidrio. En la figura se presenta el flujo de caja del proyecto. Se observa un análisis a 5 años, la inversión inicial incluye la máquina, la instalación de la máquina y sus componentes, el equipo necesario para continuar con la instalación y los suministros. Con los valores del flujo de caja se realiza el análisis.

Figura 32. Flujo de caja del proyecto

INVERSION INICIAL	Q 2 787 500,00	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO DE INSTALACION DE NUEVA MAQUINA FORMADORA DE VIDRIO EN LA LINEA 45				
Máquina I.S.	Q 1 600 000,00					
Instalacion	Q 337 500,00					
Componentes auxiliares	Q 550 000,00					
Equipo de desmontaje y montaje	Q 150 000,00					
Equipo de traslado	Q 100 000,00					
Suministros y materiales	Q 50 000,00					
INGRESOS	Q 0,00	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Produccion	0	4 000 000	4 200 000	4 500 000	4 800 000	5 000 000
Precio de Venta Promedio	Q 0,00	Q 0,80	Q 0,88	Q 0,97	Q 1,07	Q 1,17
COSTO DE OPERACIÓN	Q 0,00	Q 2 555 294,00	Q 2 835 558,70	Q 3 148 836,64	Q 3 499 240,97	Q 3 891 421,14
Insumos de producción	Q 0,00	Q 1 500 000,00	Q 1 650 000,00	Q 1 815 000,00	Q 1 996 500,00	Q 2 196 150,00
Mano de obra	Q 0,00	Q 180 000,00	Q 189 000,00	Q 198 450,00	Q 208 372,50	Q 218 791,13
Mano de obra subcontratada	Q 0,00	Q 50 000,00	Q 55 000,00	Q 60 500,00	Q 66 550,00	Q 73 205,00
Prestaciones Laborales	Q 0,00	Q 75 294,00	Q 79 058,70	Q 83 011,64	Q 87 162,22	Q 91 520,33
Otros	Q 0,00	Q 750 000,00	Q 862 500,00	Q 991 875,00	Q 1 140 656,25	Q 1 311 754,69
EGRESOS	Q 0,00	Q 2 555 294,00	Q 2 835 558,70	Q 3 148 836,64	Q 3 499 240,97	Q 3 891 421,14
Flujo antes de Impuesto	Q 0,00	Q 644 706,00	Q 860 441,30	Q 1 207 163,37	Q 1 611 799,03	Q 1 964 978,86
DEPRECIACIONES	Q 0,00	Q 480 000,00	Q 480 000,00	Q 480 000,00	Q 480 000,00	Q 480 000,00
Máquina I.S.	Q 0,00	Q 320 000,00	Q 320 000,00	Q 320 000,00	Q 320 000,00	Q 320 000,00
Componentes auxiliares	Q 0,00	Q 110 000,00	Q 110 000,00	Q 110 000,00	Q 110 000,00	Q 110 000,00
Equipo de desmontaje y montaje	Q 0,00	Q 30 000,00	Q 30 000,00	Q 30 000,00	Q 30 000,00	Q 30 000,00
Equipo de traslado	Q 0,00	Q 20 000,00	Q 20 000,00	Q 20 000,00	Q 20 000,00	Q 20 000,00
Flujo Gravable	Q 0,00	Q 164 706,00	Q 380 441,30	Q 727 163,37	Q 1 131 799,03	Q 1 484 978,86
ISR	Q 0,00	Q 41 176,50	Q 95 110,33	Q 181 790,84	Q 282 949,76	Q 371 244,71
Flujo despues de Impuestos	Q 0,00	Q 123 529,50	Q 285 330,98	Q 545 372,52	Q 848 849,27	Q 1 113 734,14
Flujo Neto de Fondos	(Q 2 787 500,00)	Q 603 529,50	Q 765 330,98	Q 1 025 372,52	Q 1 328 849,27	Q 1 593 734,14

Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Valor actual neto

Este método consiste en encontrar la diferencia de la actualización los costos y los beneficios en la actualidad. Este método tiene en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Para la evaluación se utiliza una tasa de descuento del 12% (indicada por la empresa). Con este método se indica, de forma rápida, si el proyecto debe efectuarse.

El valor actual neto (VAN) se puede evaluar dependiendo del valor de la diferencia. Si el VAN es mayor que 0 entonces se recupera la inversión inicial y se obtendrá un excedente con la rentabilidad deseada. Si el VAN es igual a 0 entonces se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada, pero no se obtiene excedente porque el valor de los costos es igual al valor de los ingresos. Si el VAN es menor que 0 entonces no se recupera la inversión. El proyecto se puede rechazar dependiendo de qué tan bajo sea el valor.

Para calcular el valor del flujo neto de los fondos, con una tasa del 12 %, los valores de los factores de interés utilizados son los siguientes:

Tabla III. Factores de interés del valor actual neto

Periodos	12 % interés
1	0,8929
2	1,6901
3	2,4018
4	3,0373
5	3,6048

Fuente: Blank, Leland. Ingeniería Económica. p. 791.

$$\text{VAN} = \text{VPB} - \text{VPC}$$

$$\text{VAN} = (\text{Flujo neto de fondos} * (\text{P/F}, 12\%, 5)) - \text{Inversión inicial}$$

$$\text{VAN} = (\text{Q}603\,529,50 * 0.8929 + \text{Q}765\,330,98 * 1.6901 + \text{Q}1\,025\,372,52 * 2.4018 + \text{Q}1\,328\,849,27 * 3.0373 + \text{Q}1\,593\,734,14 * 3.6048) - (\text{Q}2\,787\,500,00)$$

$$\text{VAN} = \text{Q}11\,288\,823,85$$

Como se obtiene un valor mayor que cero, se puede asegurar que se recupera la inversión y se obtienen ganancias luego de finalizar el período.

3.6.2. Tasa interna de retorno

Este método consiste en encontrar una tasa de rentabilidad a la cual se puede reinvertir y recibir beneficios. Esta tasa de descuento es cuando el VAN es igual a cero. El valor de la TIR indica qué tanta rentabilidad se recibirá por el proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad.

$$\text{TIR} = \text{VAN} = 0$$

Para un VAN= 0 obtenemos un valor de TIR de 22%. El valor se encuentra en un rango aceptable para poder aceptar el proyecto.

3.6.1. Calculo del beneficio costo de la inversión

La relación beneficio costo es un criterio de comparación que se utiliza como alternativa para aceptar proyectos. Generalmente, se compara con otros proyectos para determinar cuál genera más beneficio. También puede ser utilizado de forma individual para indicar si el proyecto debe de ser financiando.

Si la relación beneficio costo es mayor o igual a 1, entonces el proyecto puede ser financiado. Por el contrario, la relación es menor que 1 no debe financiarse el proyecto.

Para el cálculo, se utiliza el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos.

$$B/C = \text{Valor actual beneficios} / \text{Valor actual costos}$$

Se obtiene un valor actual de beneficios: Q14 076 323,85 y un valor actual de costos: Q2 787 500,00; la relación beneficio costo sería la siguiente:

$$B/C = 14\,076\,323,85 / 2\,787\,500,00$$

$$\mathbf{B/C = 5,05}$$

Lo que nos indica que, por cada unidad monetaria invertida, se obtendrán 5,05 unidades monetarias. Con este valor se puede confirmar que el proyecto puede realizarse.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Instalación de la máquina

La instalación de la máquina formadora de vidrio es parte final del proyecto, luego de la instalación se deben realizar las pruebas y las calibraciones, pero la actividad principal es la instalación óptima. El lugar de la instalación tiene que estar libre de exposición al exterior, para evitar la humedad y el polvo. La exposición de la máquina puede representar daños en los elementos mecánicos electrónicos y neumáticos.

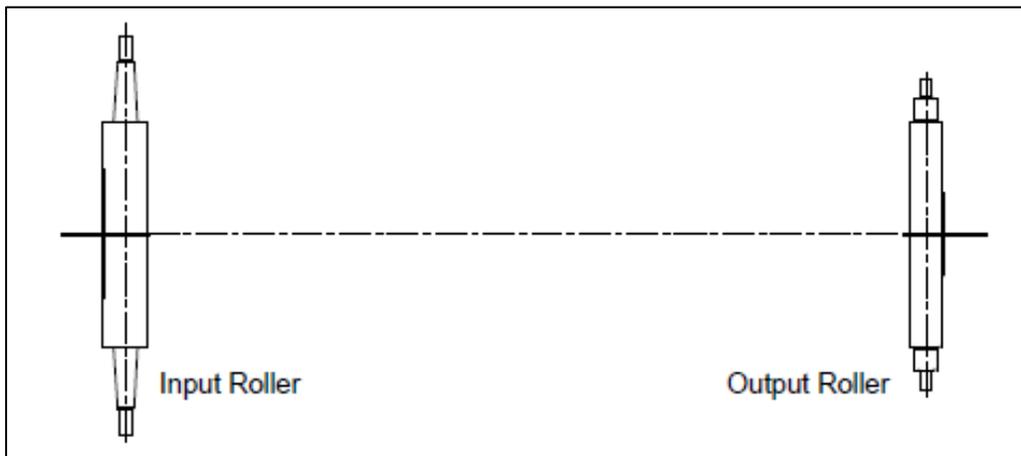
La estructura que rodea la máquina debe de ser adecuada para trabajar con libertad todos los procesos y soportar el equipo necesario en los cambios de moldura y mantenimientos de la máquina. La circulación de aire es importante para mantener la temperatura de operación y evitar se eleve demasiado porque pondrían en riesgo la operación y al personal del área.

Antes de instalar la máquina formadora de vidrio, verificar que el piso soporte el peso de toda la línea de producción. Si el área no cumple con todos los requerimientos, se recomienda no instalar la máquina hasta tener las condiciones adecuadas. La planificación de este proyecto evidencia que estas condiciones de instalación se cumplen. En el departamento de máquinas I.S. se tiene experiencia para este tipo de proyectos, por lo tanto, se puede instalar la máquina y poner en marcha la línea 45.

4.1.1. Montaje de la máquina formadora

Dependiendo del lugar donde se instale la máquina formadora de vidrio, se decide si se instala desde lado molde o el lado bombillo. Para identificar la posición final de instalación, se trazan las marcas en el área de instalación con las medidas de la parte inferior de la máquina. Los ejes principales de instalación se marcan en el piso, uniendo con una línea visible los dos puntos. Esta operación evita errores en la posición final y que se comprometa la nivelación de la máquina.

Figura 33. Marca de los ejes de instalación



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Para transportar la máquina formadora de vidrio al área marcada, se utiliza una estructura que soporta el peso de la máquina. Los rodamientos en la parte inferior facilitan la maniobra libre de la estructura para colocarla en la línea marcada, sin demasiado esfuerzo. En la figura se puede observar el equipo utilizado para el transporte de la máquina.

Figura 34. **Equipo para el montaje**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Con el apoyo del personal subcontratado se transporta la máquina, el área de instalación se encuentra libre de obstáculos y con señalización. Primero, se posiciona cada eje en las marcas realizadas anteriormente. Con un instrumento de nivel, se mide de forma transversal y longitudinal la cuadrícula marcada. Si es necesario, se utilizan alzas para instalar la máquina y que quede nivelada.

Figura 35. **Máquina formadora de vidrio en traslado**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

La nivelación es importante para evitar problemas con la instalación de los componentes. Se pueden utilizar los *tricket* de botella para levantar los ejes y ajustar la nivelación. Una vez se logra la nivelación adecuada, se insertan los tornillos de anclaje. Antes de llevar a cabo el ajuste final, se verifica nuevamente la nivelación longitudinal y transversal. El ajuste debe realizarse de forma simultánea para no forzar los elementos. Progresivamente, se baja la máquina y se retira la estructura de montaje. Se protegen los tornillos y se instalan los componentes auxiliares. El equipo utilizado se guarda en el lugar adecuado para evitar complicaciones futuras.

Figura 36. **Equipo de trabajo subcontratado**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

Cuando la máquina se ha instalado, se colocan los elementos mecánicos, del lado molde y lado bombillo. Con el procedimiento de cambio de molduras, se instalan los pistones y los moldes que se utilizarán como prueba para la calibración del orden de arranque de la máquina. En la parte superior, el chorreador se ajusta a la entrada de la máquina, se instala el *bushing* para trabajar con la cavidad de la máquina.

Los canales de caída de la vela se ajustan para quedar nivelados con la entrada del molde. Cuando se inicie el arranque de la máquina, el sistema de entrega se ajusta con cada sección. El control de peso y la velocidad de caída de la vela se calibran según las especificaciones del envase.

Figura 37. **Máquina formadora de vidrio instalada, lado bombillo**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

En el lado molde las mangueras de aire de sople se revisan para encontrar fugas en el sistema. Las fugas pueden provocar defectos en el formado del envase. Las rastras se ajustan con el mecanismo de la banda transportadora para evitar que los envases de cada sección topen entre sí. En lado molde, principalmente, se debe calibrar el sistema acarreador de la máquina. Cuando las rastras están bien calibradas los envases de vidrio nunca interfieren en el paso de la otra sección, la banda transportadora con el sistema de enfriamiento permite que no existan deformaciones por los cambios bruscos de temperatura.

Figura 38. **Máquina formadora de vidrio instalada, lado molde**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

4.1.2. Instrumentación mecánica

La instrumentación utilizada en la línea de producción se encuentra localizada en la máquina formadora y en un panel de control. Se usan instrumentos para medir la presión del aire comprimido de 45 Psi y 90 Psi, la temperatura de salida de la vela, la temperatura en entrada y salida al templador y el nivel de lubricante de la máquina formadora de vidrio. Las señales utilizadas son eléctricas y neumáticas, trabajan en los rangos de 4 a 20 mA (eléctrica) y de 3 a 15 Psi (neumática).

Los instrumentos transmisores utilizados son sensores eléctricos y llevan la señal al panel de control donde se registran las señales. El elemento final de control muestra, en una pantalla, los valores de las señales. El supervisor encargado de turno tiene que conocer las especificaciones con las cuales está trabajando, actualmente, la máquina. Dependen del tipo de envase, la cavidad y la velocidad de la máquina

Figura 39. **Panel de control de la máquina y el templador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

4.1.3. Instalación de tuberías

Los tipos de tuberías instaladas en la parte superior de la máquina transportan el lubricante, el aire comprimido y refrigerante. Cada tubería tiene su llave de paso para regular la presión y el flujo que transita por ellas. Los acoples se instalan con materiales para evitar las fugas en el sistema.

Los anclajes de las tuberías se instalan en la parte superior de la máquina y en la estructura que rodea la línea de producción. Se deben nivelar de forma adecuada para evitar que se esfuercen y deformen. Las válvulas tienen acceso al operador para calibrar el flujo y la presión del sistema. En el panel de control de instrumentos, un sistema de alarmas notifica cualquier problema con los flujos de aire comprimido y de aceite. Se deben tomar acciones inmediatas si los valores son demasiado bajos o demasiado altos.

Figura 40. **Llaves de paso de aire comprimido**



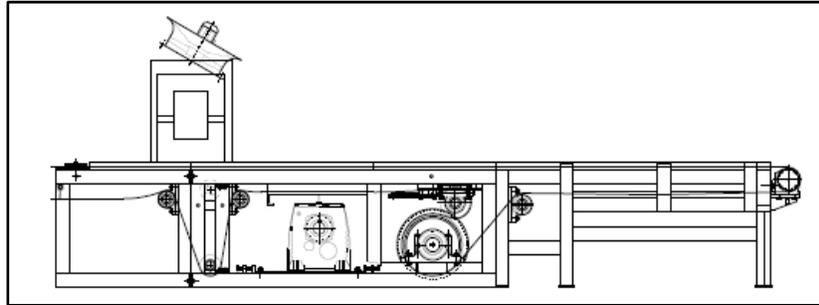
Fuente: departamento de máquinas I.S.

4.1.4. Instalación de componentes auxiliares

Los elementos eléctricos, tuberías de aire comprimido, las tuberías de enfriamiento, rodamientos, cadenas, entre otros, se deben mover con cuidado para evitar daños. Luego de que las tuberías se instalan, se instala la estructura que rodea la máquina. La salida de la máquina formadora de vidrio tiene una banda transportadora que conecta con el *transfer* y el templador. Se alinea la banda transportadora, se verifica la distancia entre la salida de la máquina y la entrada al templador.

El nivel de la banda transportadora se puede verificar con láser y calibrarse con las manecillas de la parte inferior. Toda la estructura tiene que estar libre de cualquier objeto para evitar el desajuste de la banda. El movimiento del mecanismo tiene que estar libre y trabajar sin complicaciones. El posicionamiento de la banda se realiza en la salida de la máquina, se alinea con las guías de la estructura y se desenrolla hasta la entrada del templador. Esta operación debe realizarse lentamente y cuidando de no dañar la banda.

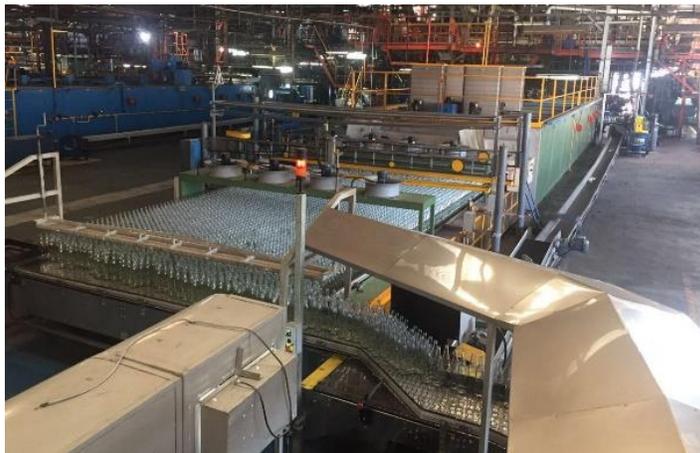
Figura 41. **Esquema de la banda transportadora**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

En la figura, se puede observar la salida del templador y la cantidad de envases que está produciendo la máquina. Los envases pasan al área de control que se encuentra en el área fría de la planta. Los tratamientos de inocuidad se aplican en esta área, si los envases pasan los controles de calidad pueden empacarlos como producto terminado.

Figura 42. **Salida del templador**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

4.2. Procedimiento de arranque de la máquina

El proceso de arranque de la máquina incluye pasos secuenciales repetitivos con los que opera una sección de la máquina formadora de vidrio. Con ayuda de un control electro-neumático se programan los *sets point* de cada sección. Esto depende del tipo de botella que se producirá. Cada sección tiene que estar calibrada para que el tiempo de duración del ciclo sea el mismo (se acepta una variación en milésimas de segundo).

Las secciones se coordinan con un orden de arranque determinado, para que, cuando la botella de vidrio esté terminada, salga hacia la banda transportadora y no tope con las botellas de las otras secciones. La cavidad de la sección no afecta este proceso de arranque. Los controladores operan con presión de aire de 90 psi.

Figura 43. Controlador de sección



Fuente: Vidriera Guatemalteca, S.A.

Cada sección tiene un controlador por lado: el controlador lado bombillo y el controlador lado molde. Operan de forma automática luego de ser programados. El trabajador tiene un panel de control donde puede interrumpir cada sección o parar completamente la máquina.

4.2.1. Descripción del proceso

El funcionamiento de una máquina formadora de vidrio depende de su tecnología y de la configuración en el procedimiento de arranque. La productividad se puede mejorar con la nueva tecnología, pero si el personal no está capacitado para operar esta tecnología y la máquina no está bien configurada, estos avances son inútiles.

El procedimiento de arranque de la máquina se divide en cuatro categorías: procedimientos de cambio de turno, observaciones de máquina, cambios de equipo y control de peso. Estas directrices pueden efectuarse independientemente del tipo de máquina o proceso de ser utilizado.

- Procedimientos de cambio de turno

Antes de realizar el cambio de turno

- Verificar el peso del contenedor.
- Revisar que se cumpla con el ciclo de lubricado.
- Revisar la información de la máquina para identificar cambios en especificaciones.
- Notificar los problemas que están ocurriendo en la máquina.
- Notificar el funcionamiento general de la máquina I.S.

Después de cambio de turno

- Pesar los envases inmediatamente.
- Lubricar los bombillos para evitar un posible atasco de sección al comienzo del turno.
- Comprobar que se tengan suficientes hisopos y compuesto lubricante para todo el turno.
- Inspeccionar un lote de muestra y hacer una inspección visual para comprobar defectos obvios.

- Observaciones de la máquina
 - Inspeccionar cada cavidad de la máquina una vez cada hora.
 - Inspeccionar los lotes de muestra una vez por hora.
 - Utilizar la estación de luz antes de lubricar la máquina.
 - Pesar los envases cada 15 minutos.
 - Continuar con el ciclo de lubricado.
 - Verificar la escala de la botella para la calibración.
 - Mantener inspeccionado el corte de la vela.
 - Revisar las guías para que los envases no choquen en la banda transportadora.
 - Comprobar el aire de enfriamiento y la temperatura del molde cada 10 minutos.
 - Utilizar la pantalla de perfil del pistón para ajuste de presión del pistón.
 - Revisar el sistema de vacío para evitar un defecto de forma.
 - Verificar las mangueras de sople final con frecuencia.
 - Mantener la presión de enfriamiento del pistón.

- Cambios de equipo
 - Cuando se cambie la porta coronas, verificar la placa guía dependiendo de las marcas del pistón.
 - Asegurar que estén instalados los dos candados del pistón.
 - Después de cambiar los pistones, ponerlos en la caja protectora.
 - Si los pistones se sobrecalientan, verificar el tubo de enfriamiento.
 - Asignar cambios de unidad para mantener el equipo de moldeo limpio.
 - Revisar la sección completa antes de realizar un cambio de equipo programado.

- Control de peso

Independientemente del proceso de formado de vidrio, es imperativo que los envases se mantengan en el peso especificado. Como los envases de vidrio que se están fabricando son más ligeros que antes, la variabilidad en el peso disminuye.

- Revisión de pesos de botella: las balanzas se instalan en los bancos de trabajo para la revisión del peso de los envases. Los envases son tomados de una sección cada 15 minutos. El envase se coloca sobre la balanza y el peso real es comparado con el peso que aparece en la hoja de especificaciones.

- Ajustes manuales
 - El ajuste de la izquierda es un mecanismo de elevación manual, y el de la derecha es un mecanismo de elevación eléctrica.

- Cuando se ajuste el peso con el mecanismo de elevación manual, se debe girar la perilla de ajuste a la izquierda para hacer más pesado el envase y derecha para hacerlo más ligero. Cuando se utiliza el mecanismo de elevación eléctrico, pulsar el botón *UP* para subir el peso y pulsar el botón *DOWN* para bajar el peso.
- Si hay una diferencia significativa en el peso entre la parte delantera, media y posterior, se deber reportar al supervisor de turno con el fin de corregir el problema.

4.2.2. Personal encargado

El procedimiento de arranque de la máquina es un proceso vital y debe ser realizado por personal experimentado. En el departamento de máquinas I.S., los supervisores de turno deben realizar este procedimiento.

Para poder realizar el proceso de arranque de la máquina, el supervisor necesita el apoyo del personal del departamento y del personal del departamento de cambio de moldura. Es un proceso importante para el funcionamiento de la máquina con el cual se determina la productividad de la línea. Las tecnologías nuevas no son productivas si el personal encargado no puede controlar de forma óptima cada mecanismo de la máquina.

Los operadores y suplentes tienen responsabilidades individuales y compartidas. El trabajo en equipo del turno encargado es factor clave para el aumento de la productividad de la línea, los paros inesperados se pueden reducir con un buen control del proceso de arranque de la máquina.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad necesaria para este proceso

Tabla IV. **Personal para el procedimiento de arranque**

PUESTO	CANTIDAD	FUNCIONES
Supervisor	1	Arranque de la máquina
Técnico mecánico departamento de máquinas I.S.	10	Apoyo con el equipo variable
Técnico mecánico del departamento de cambio de moldura	10	Apoyo con cada sección (lado molde y lado bombillo)

Fuente: elaboración propia.

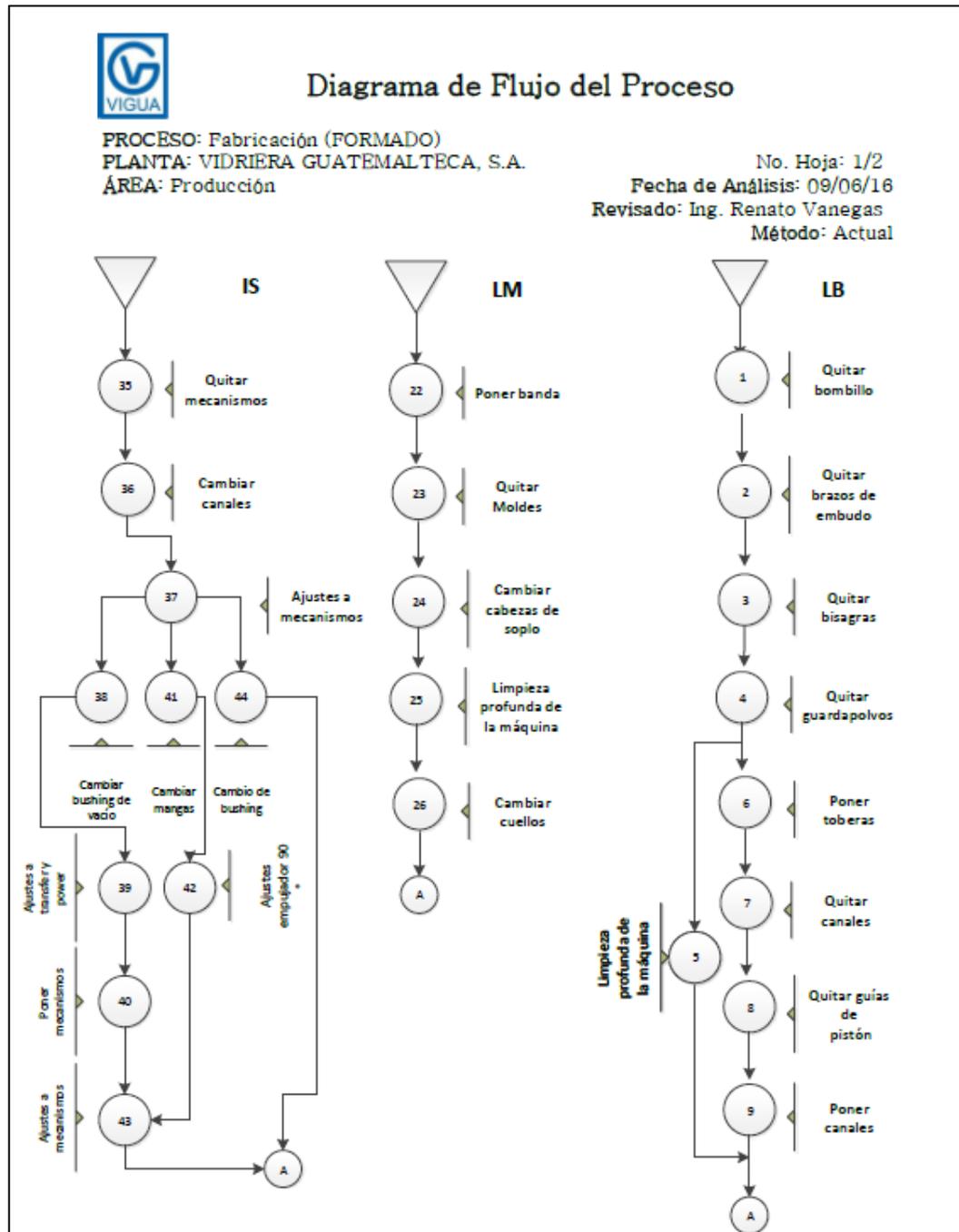
Generalmente, el arranque de la máquina se revisa mensualmente para evitar fallos de sincronización de los elementos. El jefe del departamento también debe conocer este proceso. Frecuentemente trabaja junto con el supervisor cuando hay ajuste del proceso de arranque.

4.2.3. Diagrama del proceso

En el diagrama de flujo del proceso se puede identificar el trabajo en equipo de los departamentos de producción. El equipo de trabajo del departamento de máquinas I.S. se coordina con el equipo de trabajo del departamento de cambios de moldura. El departamento de ingeniería de planta se encarga del mantenimiento eléctrico, electrónico y mecánico de la línea de producción.

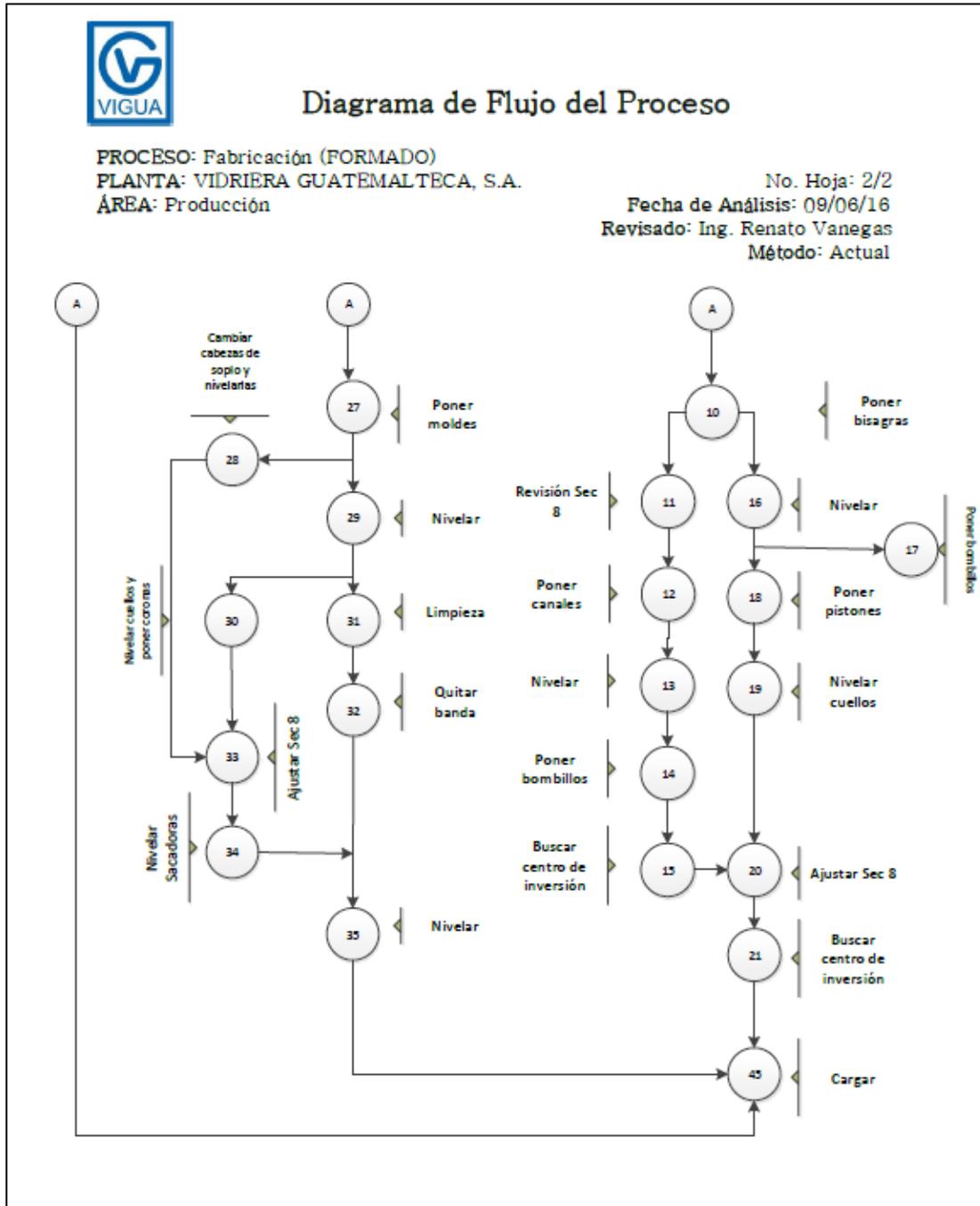
Por lo general, cuando se programa un cambio de moldura el departamento de ingeniería de planta programa sus mantenimientos. Cuando son actividades programadas no interfieren con la producción y con el proceso de cambio de moldura.

Figura 44. Diagrama de flujo del proceso 1/2



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Diagrama de flujo del proceso 2/2



Fuente: elaboración propia.

4.3. Control del mantenimiento

El control del mantenimiento es muy importante para la empresa, en este aspecto se presta mucha atención. Una parada inesperada de producción representa pérdidas muy elevadas de materia prima. Los mantenimientos preventivos programados son variados. En el proceso de cambio de moldura, que se realiza diariamente, se aprovecha para programar otras actividades de mantenimiento. El departamento de Ingeniería de planta también asigna mantenimientos en este proceso.

La lubricación es indispensable para la máquina formadora de vidrio. Con la lubricación adecuada, se reducen los defectos de los envases y los moldes mantienen su temperatura de operación. El proceso de lubricación se realiza con un palo de metal, una tela de algodón llamado hisopo y una mezcla química utilizada como lubricante.

Figura 46. **Operador lubricando en el área de formado**



Fuente: departamento de máquinas I.S.

El equipo de molde se lubrica para asegurar que el vidrio se transfiera fácilmente con la superficie del molde. La lubricación también se utiliza para transferir el calor uniformemente desde el vidrio al metal. Cuando entra la gota en el lado bombillo, la temperatura aproximada es de 1200 °C. Cuando el envase alcanza el lado del molde de la máquina I.S., la temperatura ha bajado a aproximadamente a 500°C.

El compuesto lubricante tiene tres características principales.

- Separación de la mezcla lubricante
- Mezclar diferentes tipos de compuestos lubricantes
- Residuos excesivos de grafito

Mantener el ciclo lubricación es una de las actividades más importantes del mantenimiento de la máquina I.S. El ciclo de lubricación es una programación del número de veces que cada elemento del lado molde debe de ser lubricado durante un período determinado de tiempo. Por ejemplo, si el ciclo está en 10 minutos en los anillos, entonces se debe lubricar la porta corona, en cada sección, cada 10 minutos. Un formato de control es utilizado para documentar el tiempo de cada sección.

Son cinco factores que afectan el ciclo de lubricación de la máquina formadora de vidrio:

- El tipo de equipo de moldeo
- El tipo de compuesto lubricante
- La temperatura del vidrio
- La velocidad de la máquina I.S.
- El diseño del envase

4.3.1. Formatos de control

En el departamento de máquinas I.S. se utilizan distintos formatos de control para las operaciones que se realizan de forma periódica. Entre los más utilizados, son las bitácoras de inspección, las cuales son documentadas por cada supervisor en turno, en la máquina formadora de vidrio. Se trabaja con un libro de registros, en el cual se reporta cada falla o acontecimiento importante en la máquina.

Para mejorar el control de esta actividad necesaria, se propone una bitácora de inspección para cada horno y cada línea de producción. Cada jefe de horno, tendrá que reportar, en el formato, la información importante de la máquina. Se divide en línea de producción por horno y las fallas se reportan por sección o la máquina completa. En la mayoría de los casos el personal en turno debe solucionar los paros de las máquinas. Si una falla es atribuible a otro departamento se reporta al jefe inmediato. Inmediatamente se programa la solución del problema.

Las fallas imprevistas en la línea de producción generan pérdidas de materia prima y afectan al cumplimiento de las metas de producción. El personal encargado de la máquina formadora de vidrio está capacitado para responder de forma correcta y rápida a estos paros de producción. En el departamento de máquinas I.S. se tiene un almacén de mecanismos preparados para el funcionamiento inmediato. Cada equipo es verificado diariamente. Cuando un mecanismo falla, en la mayoría de los casos, se tiene un reemplazo listo para trabajar. Con este sistema de prevención los paros de producción se reducen considerablemente, cuando son fallas atribuibles a otros departamentos se debe trabajar en equipo para solucionar la falla.

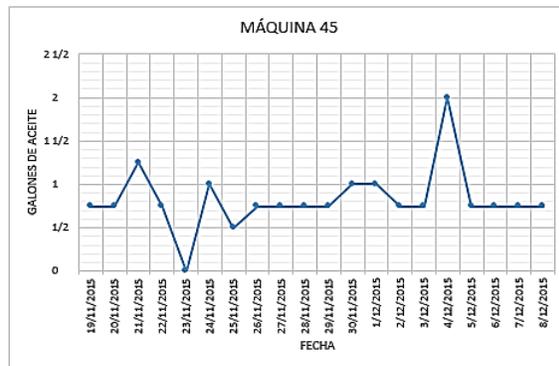
Figura 48. Formato de reporte de consumo diario de aceite

VICAL. GRUPO VIDRIERO CENTROAMERICANO		REPORTE DE CONSUMO DIARIO ACEITE GLASSFLOW GOLD LUBRICACION DE VERTEDORES EN GALONES											
		MÁQUINA PARADA				SIN DATO O REGISTRO							
FECHA	MÁQUINA												
	41				42				45				
	M	T	N	TOTAL	M	T	N	TOTAL	M	T	N	TOTAL	
19/11/2015		1/2	1/4	3/4		1/4	1/4	1/2		1/4	1/2	3/4	
20/11/2015	1/4	1/2	1/2	1 1/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
21/11/2015	1/4	1/2	1/2	1 1/4	1/2	1/2	1/4	1 1/4	1/4	3/4	1/4	1 1/4	
22/11/2015	1/2	1/4	1/4	1	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
23/11/2015				0				0				0	
24/11/2015	1/2	1/4	1/4	1				1/2	1/4	1/4	1/4	1	
25/11/2015	1/2		1/4	3/4	1/4		1/4	1/2	1/4		1/4	1/2	
26/11/2015	1/4	1/2	1/4	1	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
27/11/2015	1/4	1/2	1/4	1	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
28/11/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
29/11/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
30/11/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/2	1	
1/12/2015	1	1/4	1/4	1 1/2	1	1/4	1/4	1 1/2	1/2	1/4	1/4	1	
2/12/2015	1/4	1/4	1 1/2	2	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
3/12/2015	1/4	1/2	1/4	1	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
4/12/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/2	1/2	1	2	
5/12/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
6/12/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
7/12/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
8/12/2015	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	1/4	1/4	1/4	3/4	
MEDIA												2 1/2	

Fuente: elaboración propia.

En el gráfico se observa que el día 4/12/2015 aumenta el consumo de aceite en la máquina 45. Según se observa en la figura anterior, los 3 turnos presentan un aumento. Esto se debe a una fuga en la máquina, la solución fue el cambio de retenedores en un acople de la máquina.

Figura 49. Gráfico de consumo de aceite de la máquina 45



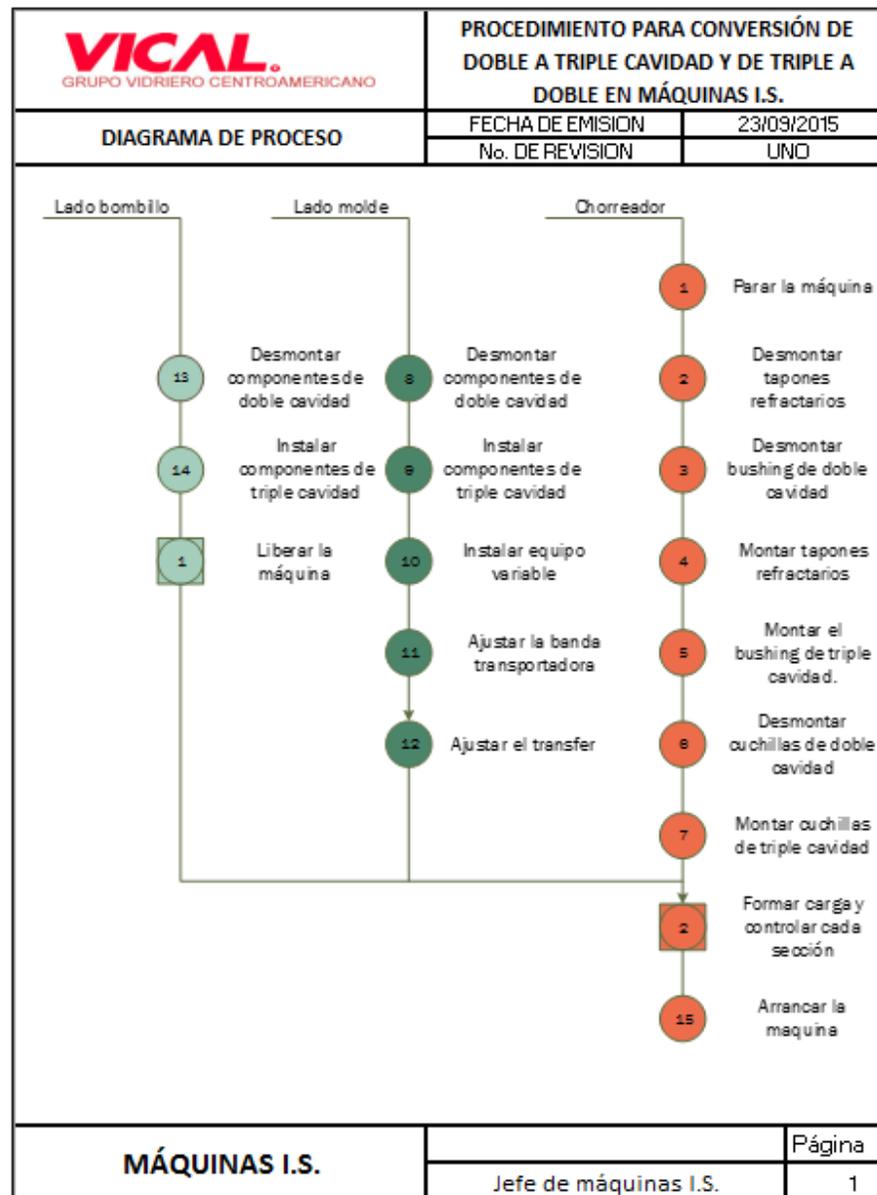
Fuente: elaboración propia.

Los formatos de control auxiliares para el mantenimiento son los siguientes:

- Hoja de seguimiento de equipo: la importancia de una información precisa y documentada es necesaria en muchos puntos del proceso. El seguimiento de las horas de trabajo del equipo de moldeo coadyuvará en la corrección del defecto y en la prevención de las fallas. Con esta información, se pueden agrupar mejor los cambios de equipo y utilizar el tiempo de inactividad de sección.
- Hoja de temperatura del molde: los rangos de temperatura se establecerán mediante supervisión y es necesario que se cumplan. Las temperaturas deben revisarse, al menos, dos veces por turno, junto con la temperatura del aire ambiente.
- Hoja de presión de prensa de pistón: la presión de prensa del pistón excesiva puede producir una variedad de defectos, por esta razón la presión se debe monitorear en cada turno. Con la información disponible se identifica la causa de la presión excesiva del pistón. La presión excesiva del pistón no cambiará drásticamente en un período corto de tiempo. Con el uso de este formato, se documentan las tendencias previas a los problemas.
- Puntos de control chorreador: mantener la operación consistente del chorreador es esencial para el funcionamiento de la máquina. La temperatura tiene un impacto directo sobre el control de peso y los defectos del envase. El seguimiento de operación del chorreador debe alertar al personal, si ocurre un problema.

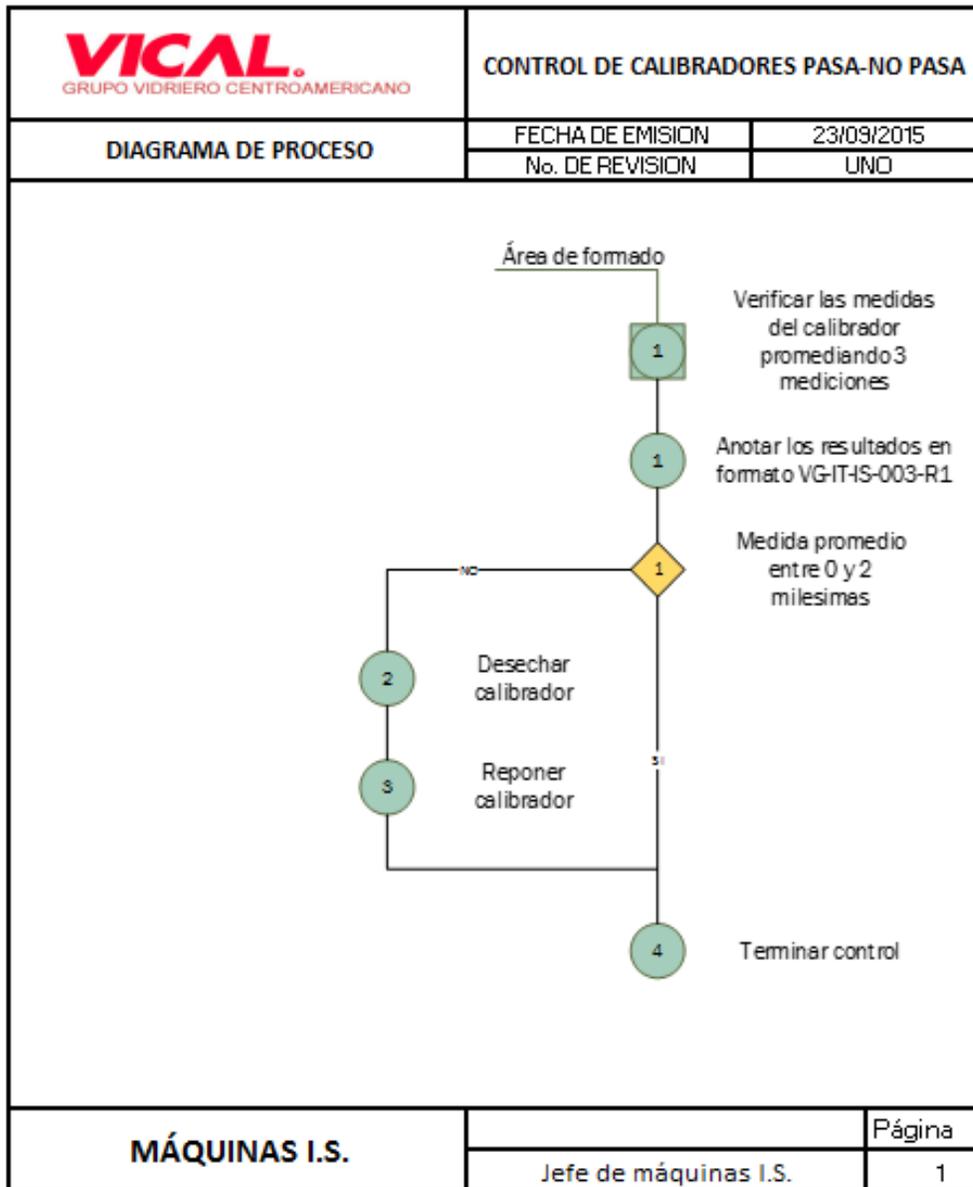
4.3.2. Diagramas de operaciones

Figura 50. Diagrama de proceso la conversión de doble a triple cavidad y de triple a doble en máquinas I.S.



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Diagrama de proceso control de calibradores pasa no pasa



Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA

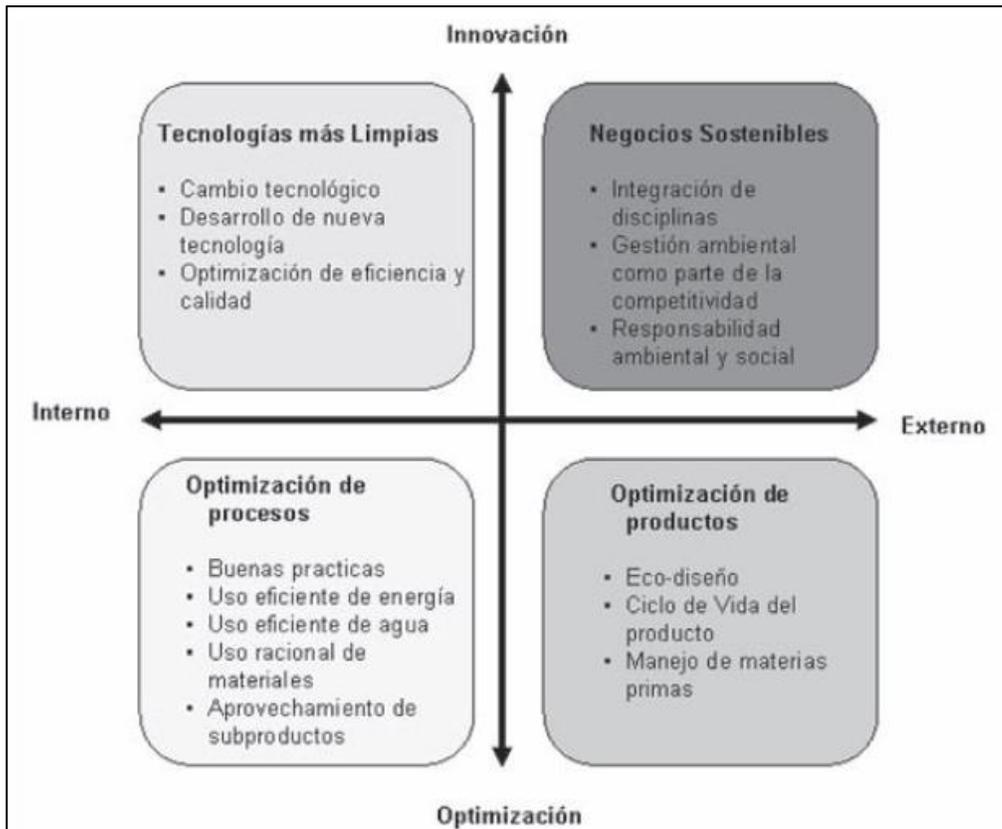
5.1. Producción más limpia

El cuidado del medio ambiente y mantener la inocuidad de sus productos es muy importante para la Vidriera guatemalteca. El departamento de calidad integral, controla estos aspectos. La implementación del sistema HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) ayuda a la empresa a mantener estos estándares de calidad. Estos nuevos proyectos se proponen brindar la ayuda pertinente a la realidad nacional.

La producción más limpia es la aplicación de normas ambientales que se implementan al proceso y a los productos, para evitar el riesgo ambiental. El cuidado del medio ambiente se orienta hacia la eliminación de materias primas que sean nocivas y la disminución de las emisiones tóxicas en el proceso de producción. Estos aspectos están controlados y se consideran en las políticas del medio ambiente de la empresa.

La nueva tecnología de la máquina formadora de vidrio ayuda a cumplir con estas políticas de la empresa. El incremento en la eficiencia de los recursos y la materia prima ayudan a reducir los costos en el control de la contaminación. La norma ISO ayuda a crear una imagen positiva de la empresa y el control ambiental también es clave para que pueda seguir exportando sus productos. Otro aspecto muy importante es la salud de los trabajadores, se mejora el ambiente de trabajo y se reducen los riesgos

Figura 52. **Avances conceptuales en la producción más limpia como estrategia de gestión ambiental preventiva**



Fuente: La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia.

Las nuevas tecnologías centran su atención en el cuidado del medio ambiente y en la producción más limpia de los productos de una empresa. Las metas para la gestión ambiental consideran las leyes vigentes de país, para el cuidado del agua, el suelo y el aire. El *bunker* es el combustible principal que alimenta los hornos de vidrio fundido. En estas metas se considera el consumo eficiente para reducir las emisiones y mantener el oxígeno libre de gases de combustión.

5.2. Control de los índices de producción

Los índices de producción significativos del departamento de máquinas I.S. son: los tiempos muertos y *pack to melt* (la relación entre las toneladas de vidrio fundidas y las toneladas de vidrio empaçadas). Existen métodos que el departamento de Ingeniería industrial utiliza para calcular estos índices de producción. Se calculan diaria y mensualmente para entregar un reporte final a la gerencia.

En la siguiente tabla, se detallan algunos indicadores utilizados por el departamento de máquinas I.S. y las metas que se deben alcanzar.

Tabla V. **Metas de producción**

INDICADOR	META
% de pack to melt	90,00 %
Eficiencia de cambios de moldura 24 horas	90,00 %
Tiempos muertos atribuibles a máquinas I.S.	0,25 %

Fuente: elaboración propia.

Aprovechar la mayor cantidad de vidrio fundido y transformarlo en producto final empaçado es el reto diario del departamento de producción. Por este motivo, se le asigna cierto porcentaje de pérdida a cada parte del proceso. Cada área debe encargarse de mantener este porcentaje y de encontrar nuevos métodos para minimizar las pérdidas. Como parte del estudio realizado, se propusieron algunos formatos para el análisis, control y seguimiento de los índices de producción.

A continuación, se describen estos formatos:

- Tiempos muertos

El departamento de máquinas I.S. está dividido en cuatro turnos. Tienen tres turnos fijos de ocho horas diarias y un turno rotativo de horas diarias. El indicador de tiempo muerto se basa en mantener bajo control los paros de las máquinas y de las secciones. Los paros imprevistos por fallas de los mecanismos o de moldura tienen un porcentaje asignado al departamento de máquinas I.S.

Cada turno tiene un tiempo muerto meta diario y un tiempo muerto límite diario. Estos valores son de 0.06% meta y 0.08% límite. El tiempo muerto mensual atribuible al departamento de máquinas I.S es de 0.25 % mensual. Los tiempos de cambio de moldura no son considerados en este análisis, ya que se trata de mantenimiento necesario que se realiza a la máquina.

Figura 53. Formato de control de secciones paradas

VICAL GRUPO VIDRIERO CENTROAMERICANO		FORMATO DE CONTROL DE SECCIONES PARADAS										MÁQUINAS I.S.											
MÁQUINA 41	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	LADO BOMBILLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ESTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LADO MOLDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
MÁQUINA 42	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	LADO BOMBILLO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ESTADO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	LADO MOLDE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
MÁQUINA 45	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	LADO BOMBILLO	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	ESTADO	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	LADO MOLDE	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1												

Fuente: elaboración propia.

Para tener bajo control este indicador, se analizan los datos. Para ello se divide la base de datos por horno, máquina y turno. En los gráficos de puntos, se grafican los puntos y se trazan las líneas de porcentaje meta y porcentaje límite diario. Si un punto se encuentra cerca o fuera del porcentaje límite, se analiza el motivo de la falla y en el libro de bitácoras se busca la información que el supervisor dejó plasmada.

En la figura se observa el análisis de los tiempos muertos del turno A en la máquina 45, en septiembre de 2015. Se observa que el primer punto se encuentra encima de línea de meta, entonces, se busca el motivo en la base de datos.

Figura 54. **Tiempos muertos máquina 45 turno A**



Fuente: elaboración propia.

En este caso, la sección tres se detuvo durante 40 minutos para cambiar el mecanismo encargado de la formación de los fondos de las botellas. El equipo de trabajo encargado del cambio de molduras es el responsable de esta falla. Es una falla que se puede evitar, se atribuye al proceso de cambio de molduras. Se reporta al gerente de producción y se toman las medidas necesarias.

- Toneladas fundidas y toneladas perdidas

Para lograr que el PTM se mantenga y se cumpla con la meta, el departamento de máquinas I.S. tiene asignado un 25% mensual de las pérdidas de vidrio fundido total. Las toneladas de vidrio fundido total no deben exceder de un 10%.

La instalación de la nueva máquina ha logrado reducir en un 30% los paros innecesarios en la línea 45. Como consecuencia se logra cumplir con el porcentaje asignado mensualmente. En el proceso de instalación de la máquina formado de vidrio, el área de trabajo se optimizó y se ampliaron las dimensiones.

El área de trabajo era uno de los principales problemas para los trabajadores, la estructura que rodeaba la máquina se cambió totalmente. El personal encargado del cambio de moldura tiene más espacio para trabajar y se evita que se interrumpan por la falta de espacio.

Con un análisis de los puntos críticos del área, se redujeron algunos riesgos a los que estaban expuestos los trabajadores. El departamento de Seguridad Industrial se encargó de este estudio.

Tabla VI. **Fallas de la máquina 45**

Descripción de falla	Sección	% horas	Tiempo (min)	Toneladas perdidas	Toneladas fundidas	Tiempos muertos
Cambio de mecanismo porta fondos	3	66,70	0:40	0,282	428,560	0,06580
Bushing de vacío tapado	6	33,30	0:20	0,139	413,960	0,03358
Corona abierta	4	16,70	0:10	0,070	413,960	0,01691
Nivelación de centro	5	31,70	0:19	0,054	428,300	0,01261
Sección desajustada	5	16,70	0:10	0,028	428,300	0,00654
Cambio de sacadora	5	50,00	0:30	0,173	391,660	0,04417
Desajuste de rastra del empujador	3	16,70	0:10	0,058	403,060	0,01439
Cambio de cuellos	1	16,70	0:10	0,058	425,860	0,01362

Fuente: departamento de máquinas I.S.

5.3. **Medidas de seguridad industrial**

La implementación y control de las medidas de seguridad industrial es parte importante en todo proceso de producción. Los costos ocultos por falta de la seguridad de los trabajadores pueden ser muy elevados si se carece de un plan de seguridad industrial. El departamento de seguridad industrial se encarga de auditar cada departamento de producción para que se cumplan estas medidas.

El equipo de seguridad industrial es la vestimenta y accesorios que cada trabajador utiliza para proteger su integridad física cuando se encuentra en un

área de riesgo. Estos equipos están diseñados según normas internacionales y son indispensables en toda empresa certificada.

Uno de los factores principales que afecta a los trabajadores es la resistencia al cambio, pues complica la implementación de estas medidas de seguridad. Por este motivo, es importante que el departamento de seguridad industrial capacite a los trabajadores para que se informen de la importancia de estos equipos.

En la Vidriera Guatemalteca es importante el uso de los equipos de seguridad, los equipos recomendados por el departamento de seguridad industrial son los siguientes:

- Protección en la cabeza: se utilizan cascos para evitar golpes en el cráneo y heridas profundas causadas por elementos que se encuentran a una altura superior.

Figura 55. **Casco industrial**



Fuente: http://www.ecse-sa.com/Productos_cascos.html. Consulta: 1 de marzo de 2017.

- Protección en los pies: se utilizan botas con punta de acero y con suela antideslizante para proteger de caídas de objetos y de superficies resbalosas.

Figura 56. **Botas industriales**



Fuente: <http://www.zapateriasafari.com/?product=dickies-7150>. Consulta: 1 de marzo de 2017.

- Protección en los ojos y cara: se utilizan lentes de seguridad para proteger los ojos de salpicaduras de químicos o elementos contaminantes. También se utilizan mascarillas para proteger al trabajador de elementos contaminantes.

Figura 57. **Lentes industriales**



Fuente: <http://propinsa.com/lentes-de-seguridad/>. Consulta: 1 de marzo de 2017.

- Protección auditiva: se utilizan tapones para oídos para reducir el ruido causado por las máquinas y que el trabajador pueda soportar los decibeles del área de producción.

Figura 58. **Tapones de oídos**



Fuente: <http://palpublicidad.cl/web/producto/tapones-para-oidos/>. Consulta: 1 de marzo de 2017.

- Protección de manos y antebrazo: se utilizan guantes y mangas para proteger del contacto con elementos que se encuentran a temperaturas altas y para maniobrar herramientas sin riesgos de quemaduras.

Figura 59. **Guantes industriales**



Fuente: <http://sympreventiones.com.pe/categoria-producto/guantes-industriales/>. Consulta: 1 de marzo de 2017.

En el departamento de máquinas I.S. los trabajadores efectúan sus labores diarias en el área de hornos y la radiación es muy elevada, el equipo obligatorio que todo trabajador debe utilizar es el siguiente:

- Casco
- Botas con punta de acero y suela antideslizante
- Guantes para temperaturas altas
- Lentes de seguridad
- Ropa de trabajo
- Mascarilla
- Protección auditiva
- Mangas

5.4. Plan de orden y limpieza

El plan de orden y limpieza se basa en el método japonés conocido como las 5S. Se trata de lograr que las áreas de trabajo estén mejor organizadas y más limpias. El objetivo principal es aumentar la productividad y mejorar el ambiente laboral. La implementación de este método se realizó por medio de capacitaciones y evaluaciones a los trabajadores del departamento de máquinas I.S.

El procedimiento del plan de orden y limpieza aplica a todo el personal de máquinas I.S. Cada técnico mecánico será responsable del área asignada, los supervisores de máquinas I.S. se encargarán del seguimiento del procedimiento y el jefe de máquinas I.S. supervisará los avances del procedimiento.

Los objetivos de este plan de orden y limpieza son los siguientes:

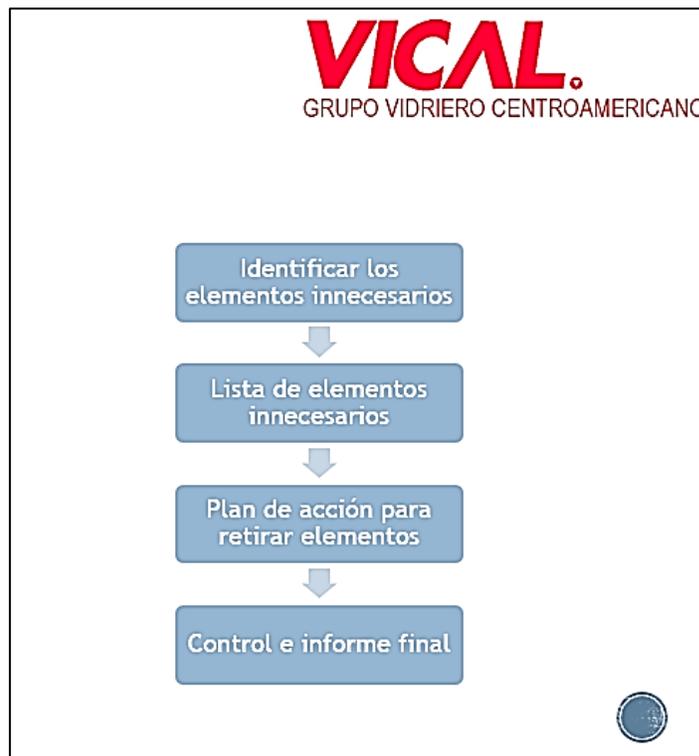
- Ordenar los almacenes del área de máquinas I.S.
- Mantener el taller de máquinas I.S limpio y ordenado
- Acondicionar las estanterías de los almacenes
- Mitigar los focos de suciedad del taller de máquinas I.S.

A continuación, se describe cada una de las 5S:

5.4.1. Clasificar (*seiri*)

Es separa los objetos por clases, tipos, tamaños, categorías o frecuencia de uso. Es mantener solo lo necesario.

Figura 60. Pasos para clasificar

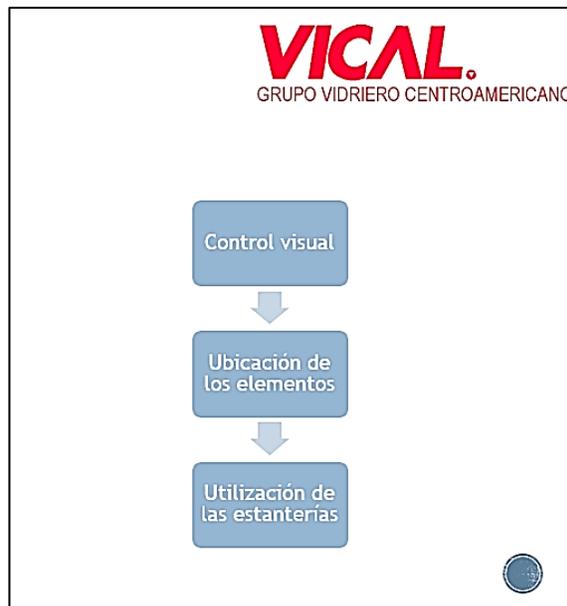


Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Ordenar (*seiton*)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de modo que se pueda encontrar con facilidad. Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Figura 61. Pasos para ordenar

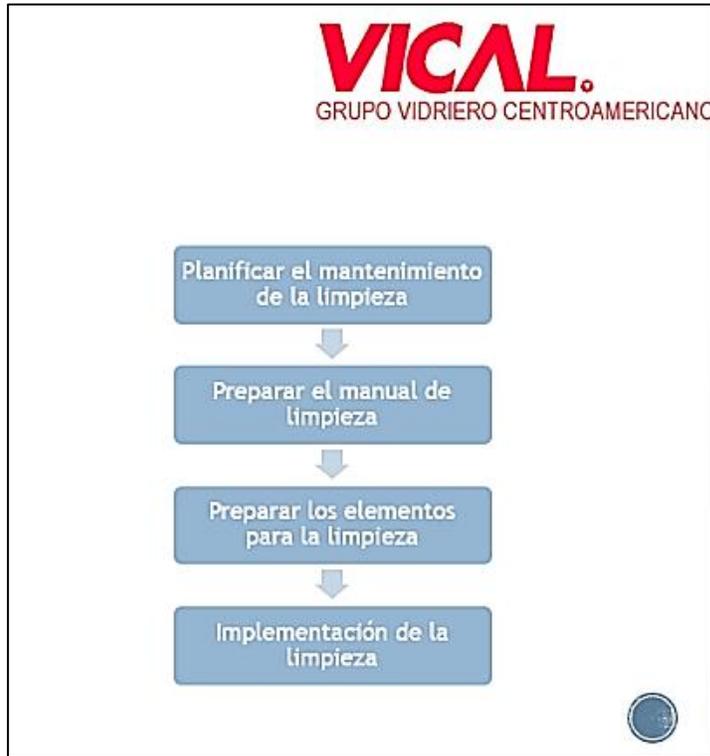


Fuente: elaboración propia.

5.4.3. Limpiar (*seisoh*)

Es eliminar el polvo y la suciedad de todos los elementos. Implica identificar las fuentes de suciedad y contaminación para eliminarlas. Se debe mantener todo limpio. Con ayuda de un plan de limpieza se asigna el trabajo a cada turno y la programación del mismo. Se contemplan los suministros necesarios y la disponibilidad de los mismos.

Figura 62. Pasos para limpiar



Fuente: elaboración propia.

5.4.4. Estandarizar (*seiketsu*)

Es la metodología que permite mantener los logros alcanzados. Se unifica y se cumple con cada tarea asignada.

Figura 63. **Pasos para estandarizar**



Fuente: elaboración propia.

5.4.5. Autodisciplina (*shitsuke*)

Significa convertir en el cumplimiento de los estándares de orden y limpieza en el lugar de trabajo. La disciplina existe en la mente y en la voluntad de las personas. Se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina. La implementación del plan de orden y limpieza está dividido en 4 etapas que son las siguientes:

- La primera etapa para la implementación se centra en una limpieza a fondo del sitio de trabajo y área asignada. Se saca todo lo que no sirve del sitio de trabajo y se limpian todos los equipos e instalaciones a fondo.
- La segunda etapa es la optimización, una vez clasificado todo lo que sirve se debe pensar cómo mejorar el orden y la clasificación de los equipos y herramientas. Se ubican las fuentes de suciedad y los sitios de trabajo donde se presenta más suciedad.
- En la tercera etapa se establecen procedimientos, normas o estándares de clasificación. Estos procedimientos deben mantenerse a la vista de todo el personal de máquinas I.S., erradicar o mitigar los focos que provocan cualquier tipo de suciedad e implementar las gamas de limpieza
- La última etapa es la perpetuidad para continuar con todo lo logrado y mantener el proceso en mejora continua.

El formato de calificación se realiza cada 15 días. El supervisor de máquinas I.S. debe inspeccionar cada área asignada a los técnicos mecánicos. La calificación se asigna dependiendo del estado en que se encuentre el área.

La forma de asignar la calificación es la siguiente

:

- 5: Excelente
- 4: Muy bueno
- 3: Bueno
- 2: Regular
- 1: Malo

Figura 64. Formato de calificación



 GRUPO VIDRIERO CENTROAMERICANO

FORMATO CALIFICACIÓN

TÉCNICO MECÁNICO	CALIFICACIÓN					OBSERVACIÓN
	1	2	3	4	5	
Miguel Armina						
José F. Chacón						
Angel Hernandez						
Estuardo Ramirez						
William Solares						
Rudy Paredes						
Javier Chuy						



Fuente: elaboración propia.

El supervisor de máquinas I.S. se debe encargar de realizar una inspección cada 15 días en los lugares donde se encuentra instalada la tubería de aire comprimido. Cada técnico mecánico debe tener su área libre de fugas y utilizar el aire comprimido de forma correcta y necesaria.

En el formato de control de fugas se debe reportar si existe fuga, el problema que está causando y una observación general de las áreas de inspección.

Figura 65. Formato de control de fugas



FORMATO

ÁREA	FUGA		PROBLEMA	OBSERVACIÓN
	SI	NO		
Bisagras				
Canales				
Mantenimiento de Cuellos				
Mantenimiento de Pistones				
Mantenimiento de Sacadoras				
Mantenimiento de Cuchillas				
Bombas de agua de cuchillas				
Mangas				
Equipo de manejo				
Mantenimiento de Bisagras				



Fuente: elaboración propia.

Figura 66. Elementos para el control de fugas



Fuente: Departamento de máquinas I.S.

CONCLUSIONES

1. La evaluación del cambio de tecnología de la máquina formadora de vidrio utiliza principio de producción más limpia. Con la actualización de la tecnología se asegura la reducción de los desechos y contaminantes del ambiente.
2. El proceso de reemplazo de la máquina formadora de vidrio utiliza recursos humanos, tecnológicos y financieros. El recurso humano se complementa con la contratación de personal externo, la realización de los contratos es importante para determinar los horarios de trabajo y el tiempo de instalación de la máquina.
3. Para la minimización de los costos de instalación de la máquina formadora de vidrio, se utiliza equipo propio de la empresa y se adapta a las condiciones de instalación de la máquina 45. Los contratos con el personal subcontrado se mejoran gracias a la relación laboral que existe con la empresa. Otro aspecto clave es la programación de actividades correctivas en toda la línea de producción.
4. Se necesitan recursos humanos, tecnológicos y financieros. Los departamentos de máquinas I.S., formado, ingeniería de planta y personal subcontratado proveen el recurso humano. Para los recursos tecnológicos se cuenta con la herramienta y el equipo necesarios para la instalación y, principalmente, la máquina formadora y sus componentes. La inversión de la empresa respalda el recurso financiero.

5. La línea de producción tiene un 86% de PTM comparado con un meta de 90%. La eficiencia de cambio de moldura tiene un 87% con una meta de 90% y los tiempos muertos atribuibles son de 22% con un máximo aceptable de 25%.
6. Las actividades de mantenimiento preventivo son el cambio de moldura que se realiza periódicamente para obtener excelentes resultados en el envase. Los cambios de elementos mecánicos se programan según sea necesario para reducir los paros de las máquinas. Los mantenimientos correctivos, generalmente, se atribuyen a fallas mecánicas y electrónicas y su enmienda corresponde al departamento de ingeniería de planta.
7. Para mantener el control de elementos contaminantes en el área de la máquina formadora, el departamento de calidad integral implementa un control HACCP. Estas actividades se implementarán a los formatos de control establecidos por el departamento de máquinas I.S. para determinar los focos de riesgo.
8. El plan de orden y limpieza ayuda a mantener ordenada el área de trabajo del departamento de máquinas I.S. Con el seguimiento adecuado del jefe del departamento, este plan ayuda a reducir los focos de suciedad y mantener ordenados los almacenes de repuestos y suministros.

RECOMENDACIONES

1. Trabajar en conjunto con el departamento de seguridad industrial para proveer al personal el equipo de seguridad adecuado y en buen estado. Programar auditorias constantes para verificar que los trabajadores cumplen con las normas de seguridad.
2. Aplicar el plan de orden y limpieza con cada turno del departamento de máquinas I.S., capacitar al personal y programar reuniones con los supervisores en turno para revisar los avances del plan. Con los formatos de revisión, registrar los avances para plantear mejoras para el futuro.
3. Analizar los diagramas del proceso y la descripción del proceso de mantenimiento para identificar los puntos críticos. Las actividades críticas de cada mantenimiento deben analizarse a profundidad. Realizar pruebas con los responsables de cada actividad para que mejoren su capacidad de realizar su operación.
4. Para mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas I.S. realizar un *benchmarking* del mantenimiento que permite diagnosticar la calidad del mantenimiento. Es recomendable tener una puntuación de mantenimiento de clase mundial.
5. Realizar, diariamente, los reportes de demora para todas las máquinas de producción, el jefe del departamento debe tomar acciones correctivas en los casos de aumento de demoras diarias.

6. Registrar las bitácoras de los supervisores de producción en los formatos de control. La información debe detallarse lo mejor posible para que se analice en una reunión con el jefe de producción.

7. Coordinar con el personal subcontratado la revisión de los cimientos un mes después de la instalación de la máquina formadora de vidrio, si todo está correcto, programar otra revisión a los 6 meses del funcionamiento. Si hay alguna falla programar una reparación correctiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLANK, Leland; TARQUIN, Antony. *Ingeniería económica*. Enríquez Brito, Javier (trad.); González Hernández, Filiberto (Rev.). 6ª ed. México, D.F. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2006. 816p. ISBN: 970-10-5608-6
2. CALVO SEGURA, Juan Luis. *Metodología base de Administración de Proyectos para el Departamento de Tecnologías de Información del Grupo VICAL*. Asesor Maestro Luis Alexander Calvo Valverde. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Gerencia de Proyectos, 2014
3. DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. *La productividad en el mantenimiento industrial*. López de León, Carlos (Col.); Dounce Pérez Tagle, Jorge Fernando (Col.). 10ª Reimpresión. México, D.F. Grupo Editorial Patria, S.A., 2007. 341 p. ISBN: 978-968-26-1089-9.
4. GÓMEZ GALLO, María Helena; FLÓREZ LÓPEZ, Luz Matilde; CARDONA PAREJA, Raúl Alexander y otros. *Producción más limpia en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. (Antioquia, Colombia): 2006, Vol. I, I.
5. Guatemala. Política nacional de producción más limpia. *Acuerdo gubernativo No. 258-2010*, septiembre de 2010, p.50.
6. HELLRIEGEL, Don; JACKSON Susan E.; SLOCUM, John W. *Administración. Un enfoque basado en competencias*. Mascaró

Sacristán, Pilar (trad.). 11ª ed. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A., 2009. 627 p. ISBN-10: 607-481-455-4

7. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. 5ª ed. México, D.F. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2010. 614p. ISBN: 978-607-15-0291-9
8. HERRERA, Carlos Manuel; VAN HOOFF, Bart. *La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia*. (Bogotá D.C., Colombia): 2007.
9. JUÁREZ CORONADO, Edgar Ricardo. “Simbología industrial aplicada al curso de Instrumentación Mecánica”. Asesor Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009
10. KOONTZ, Harold; WEIHRICH, Heinz; CANNICE, Mark. *Administración. Una perspectiva global y empresarial*. 12ª ed. México, D.F. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2012. 654 p. ISBN 978-607-15-0759-4
11. PINEDA RUANO, Luis David. “Mejoras en aspectos de inocuidad en el proceso de elaboración de envases de vidrio con fin alimenticio”. Asesor: Ing. Industrial Juan Estuardo Contreras Ruiz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2013.
12. VERNON PÉREZ, Sebastián Alberto. *Análisis y propuesta de un sistema de planeación de cambio de moldura para el manejo de*

envases de vidrio en la línea de producción No. 11, en la empresa Vidriera Guatemalteca, VIGUA S.A. Asesor: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2013

