



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

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN**

Iván Alejandro Cordón Opstaele

Asesorado por el Ing. Roel Alejandro Ramírez Salic

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

IVÁN ALEJANDRO CORDÓN OPSTAELE

ASESORADO POR EL ING. ROEL ALEJANDRO RAMÍREZ SALIC

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Anacleto Medina Gómez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 12 de abril del 2021.

Iván Alejandro Cordón Opstaele

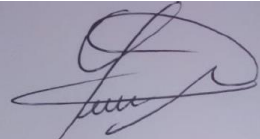
Ing. Gilberto Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad Ingeniería
U.S.A.C.
Presente

Estimado Ingeniero Gilberto Morales

Por este medio, hago constar que yo, el Ingeniero Roel Alejandro Ramirez Salic, con colegiado número diecisiete mil doscientos sesenta y tres (17263), doy visto bueno el desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno **Iván Alejandro Cordón Opstaele** identificado con CUI **1958 95681 0101**, alumno a quien he podido apoyar como asesor de su protocolo de tesis.

Doy por concluido de forma eficiente ante mi persona el desarrollo de su trabajo de investigación, como tema: **"PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN"**

Atentamente.



Roel Alejandro Ramirez Salic
Ingeniero Mecanico
Colegiado No. 17263

Ingeniero Roel Alejandro Ramirez Salic

Colegiado 17263



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

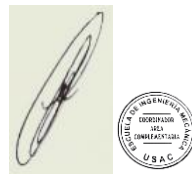
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.157.2021

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN** desarrollado por el estudiante: **Iván Alejandro Cordón Opstaele** con Registro Académico **199213285** y CUI **1958956810101** recomienda su aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, noviembre 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.043.EIM.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN**, presentado por: **Iván Alejandro Córdón Opstaele**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.0105.2022

La Decana 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, al Trabajo de Graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN**, presentado por: **Iván Alejandro Cordón Opstaele**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

ingra. Aurelia Anabela Cordova Estrada



Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y todo su amor.
Mis padres	Iván Cordón Porras y Astrid Opstaele de Cordón, por su esfuerzo, trabajo y amor, para darme la oportunidad de superación.
Mi esposa	Paola Morales de Cordón, por su apoyo, tolerancia, por estar siempre a mi lado y creer siempre en mí.
Mis hijos	José Pablo y Pablo Andrés Cordón, que son todo en mi vida.
Mi hermana	Astrid Lorena Cordón, por ser ejemplo de dedicación y esfuerzo y por tanto amor.
Mi amigo	Javier Armas, por siempre insistir en culminar mi carrera universitaria.
Mi maestro	Ingeniero Maugdo Lima, por compartir tanto conocimiento y experiencias conmigo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas al conocimiento.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas y conocimientos para desempeñarme como profesional.
Mis amigos de la Facultad	por su solidaridad, compañerismo y amistad.
Las familias	Morales Herrarte, Paiz Morales, Morales Soto y Ruano Morales, por ser un apoyo importante en mi vida y motivarme a terminar mi carrera.
Empresa	Corporación Multi-Inversiones, División Galletas, por la oportunidad para desempeñarme como profesional.
Mis primos	Jorge Iván Rosales y Pavel Flores, por su apoyo y cariño.
Mis tías/ hermanas	Julia Gaborit y Ana Rosa Valenzuela, por estar siempre a mi lado.
Compañeros de trabajo	Por su apoyo, tolerancia y amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Empresa de inyección de plástico	1
1.1.1. Productos.....	1
1.1.2. Mercado.....	3
1.1.3. Organigrama de la planta de producción.....	3
1.1.4. Descripción de puestos y funciones en la planta.....	4
1.2. Conceptos generales de mantenimiento	8
1.2.1. Mantenimiento	8
1.2.2. Objetivo del mantenimiento	8
1.2.3. Tipos de mantenimiento	9
1.2.4. Clasificación de fallas	24
1.3. Definición de los plásticos	24
1.3.1. Termoestables.....	25
1.3.2. Termoplásticos	26
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	29
2.1. Descripción del método de inyección de plásticos	29
2.2. Proceso de moldeo por inyección.....	31

2.2.1.	Factores que influyen en el proceso de moldeo	32
2.2.2.	Jornadas de trabajo.....	33
2.2.3.	Instalaciones	33
2.2.4.	Cargas de trabajo.....	34
2.3.	Proceso de inyección	35
2.4.	Seguridad Industrial	35
2.4.1.	Normas establecidas.....	35
2.4.2.	Accidentes de trabajo.....	37
3.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	41
3.1.	Programa de mantenimiento	41
3.1.1.	Puesta en marcha	41
3.1.2.	Mantenimiento preventivo	43
3.1.3.	Mantenimiento correctivo	43
3.2.	Mantenimiento general.....	44
3.2.1.	Comprobación de dispositivos de seguridad.....	44
3.2.2.	Comprobación de la válvula de descarga	47
3.2.3.	Comprobación de protección de purga	48
3.2.4.	Comprobación de la válvula CEN.....	49
3.3.	Mantenimiento de la unidad de cierre	49
3.3.1.	Inspección de los casquillos guía de la columna de carrera del molde	49
3.3.2.	Lubricación de los casquillos guía de la columna de carrera del molde	50
3.3.3.	Lubricación del cilindro de bloqueo de cierre	52
3.3.4.	Sustitución del cartucho de lubricación automática del cilindro de bloqueo de cierre	53
3.3.5.	Desmontaje/instalación del cilindro de bloqueo de cierre	54

3.3.6.	Desmontaje del cilindro de bloqueo de cierre	56
3.3.7.	Instalación del cilindro de bloqueo de cierre	57
3.3.8.	Cebado del cilindro de bloqueo de cierre	58
3.3.9.	Cebado de las mangueras hidráulicas del cilindro de bloqueo de cierre	58
3.4.	Mantenimiento de la unidad de inyección.....	59
3.4.1.	Limpieza de la punta de la boquilla, del plato fijo y de la protección de purga.....	59
3.4.2.	Limpieza de la boca de alimentación.....	59
3.4.3.	Inspección de la placa de retención de la camisa del husillo.....	60
3.4.4.	Inspección y limpieza de la tolva	61
3.4.5.	Inspección de los colectores de recuperación del aceite	62
3.4.6.	Comprobación del nivel de aceite de la caja de engranajes.....	63
3.4.7.	Sustitución de la caja de engranajes	63
3.4.8.	Vaciado de la caja de engranajes.....	64
3.4.9.	Llenado de la caja de engranajes con aceite.....	64
4.	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	67
4.1.	Formulario para el proceso de inyección	67
4.1.1.	Orden de elaboración y especificación del producto.....	67
4.1.2.	Informe de producción y materia prima utilizada	67
4.2.	Condiciones generales para el funcionamiento de la máquina y el mantenimiento seguro	67
4.2.1.	Pautas de seguridad.....	68
4.2.2.	Peligros para la seguridad	68

4.2.2.1.	Peligros mecánicos	68
4.2.2.2.	Peligros de fuga de alta presión	69
4.2.2.3.	Peligro de quemaduras	69
4.2.3.	Señalización de seguridad	70
4.2.4.	Protección y bloqueos de seguridad	73
4.3.	Diseño de programa de capacitaciones	73
4.3.1.	Análisis de las necesidades	73
4.3.2.	Inducción para el personal de nuevo ingreso	76
4.3.3.	Actualización del personal contratado	76
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES		79
BIBLIOGRAFÍA.....		81
APÉNDICES.....		83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa en estudio	3
2.	Termoplástico y termoestable	26
3.	Diagrama de inyección propuesto	31
4.	Diagrama de recorrido.....	32
5.	Bodega de materia prima	33
6.	Área de extrusora.....	34
7.	Izado en el acumulador	37
8.	Comprobación de la precarga del acumulador (típica).....	43
9.	Uso del pulsador de paro de emergencia.....	45
10.	Pantalla alarmas	45
11.	Puerta de seguridad.....	47
12.	Casquillo guía de la columna de carrera del molde (típico).....	50
13.	Casquillos guía de la columna de carrera del molde.....	51
14.	Boquillas de engrase del cilindro de bloqueo de cierre	52
15.	Cartucho de lubricación automática	54
16.	Conjunto de mangueras hidráulicas	55
17.	Conjunto de cilindro de bloqueo de cierre	56
18.	Conjunto de cilindro de bloqueo de cierre	57
19.	Llenado de las mangueras	58
20.	Limpieza de la boca de alimentación (típica)	60
21.	Tolva con imán de tolva (típica)	61
22.	Acceso a los colectores de recuperación del aceite (de RS45/45 a RS80/80)	63

23.	Caja de engranajes.....	65
24.	Señalización de seguridad.....	71

TABLAS

I.	Productos de la empresa	1
II.	Descripción del puesto de Gerencia General	4
III.	Descripción del puesto de Gerencia de Recursos Humanos.....	5
IV.	Descripción del puesto de Gerencia Administrativa.....	5
V.	Descripción del puesto de Gerencia de Mercadeo y Ventas	6
VI.	Descripción del puesto de Gerencia de Producción	6
VII.	Descripción del puesto de Gerencia Mantenimiento.....	7
VIII.	Plan de capacitación maquinaria de extrusión.....	74
IX.	Plan de capacitación maquinaria de inyección	75

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
EVA	Acetato de vinilo etileno
EEPA	Acrilato de etilo-etileno
SPC	Control estadístico de procesos
PP	Copolímeros de polipropileno y propileno
Db	Decibel
IHM	Interfaz hombre máquina
Psi	Libra fuerza por pulgada cuadrada
HDPE	Polietileno de alta densidad
LDPE	Polietileno de baja densidad
LLDPE	Polietileno lineal de baja densidad
%	Porcentaje

GLOSARIO

<i>Chiller</i>	Unidad enfriadora de líquidos
Émbolo	Pieza mecánica que se encuentra dentro del cuerpo de una bomba y que al moverse alternativamente cambia la presión.
<i>Empowerment</i>	Empoderamiento.
Extrusión de polímeros	Proceso industrial, en donde se realiza una acción de prensado, moldeado del plástico, que, por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada.
Husillo	Torno metálico utilizado para el movimiento de las prensas y otras máquinas similares.
Infradimensión	Magnitud para definir un fenómeno físico.
Manómetro	Instrumento para medir la presión de los fluidos, principalmente gases.
Monómero	Molécula simple, generalmente de peso molecular bajo, que forma cadenas lineales o ramificadas de dos, tres o más unidades.

Outsourcing	Subcontratación de fuerza laboral.
Poliestireno (PS)	Polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el de alto impacto, resistente y opaco; el expandido, muy ligero; y el poliestireno extrusionado, similar al expandido, pero más denso e impermeable.
Polímero	Macromoléculas, generalmente orgánicas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.
Poliiolefinas	Polímero obtenido mediante la polimeración de olefinas.
Polipropileno (PP)	Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
Propiedad dieléctrica	Un dieléctrico se vuelve conductor cuando sobrepasa el campo de ruptura del dieléctrico. Es decir, el material se convierte en conductor.

PVC

El cloruro de polivinilo o PVC (del inglés *polyvinyl chloride*) es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C.

Racor

Pieza metálica con o sin roscas internas en sentido inverso, que sirve para unir tubos.

RESUMEN

La empresa en estudio es una industria que se dedica a la producción de productos plásticos a nivel nacional, uno de los principales problemas son las demoras en el Departamento de Producción debido a los paros no programados de los equipos.

En el presente trabajo se han realizado las siguientes consideraciones: análisis, resultados y mejoras propuestas, a partir de la información actual de la empresa en aspectos referentes al mantenimiento de sus equipos. La supervisión continua durante el proceso de implementación es importante para fijar los procedimientos y volverlos una cultura; el manejo de los formatos de inspección se convierte en imprescindibles para constatar que el procedimiento está siendo respetado. La base de datos obtenidos de los formatos de inspección mostrará nuevas oportunidades de mejora en el proceso o en la herramienta usada para cumplir con el mismo, describirá, además, los registros de costos ocultos por reparaciones de emergencia, estos se denominarán costos de no calidad; que sencillamente indican costos innecesarios que se dan en el proceso productivo por no seguir un procedimiento eficiente y claramente establecido.

OBJETIVOS

General

Proponer el programa de mantenimiento preventivo para la máquina de moldeo por inyección.

Específicos

1. Evaluar la situación actual de la empresa en el proceso de mantenimiento preventivo de la maquinaria.
2. Identificar las partes críticas, fallas frecuentes de la máquina de moldeo por inyección a partir de los registros históricos y estadísticos de la empresa.
3. Establecer un criterio unificado de la forma de realizar el mantenimiento preventivo, mediante la estandarización de los procedimientos.
4. Definir planes de mantenimiento preventivos por medio de cronogramas y procedimientos documentados, y el seguimiento respectivo para su evaluación.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es un sistema que agrupa una serie de actividades, las cuales, al ser ejecutadas, permiten alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos de una instalación industrial. Por lo tanto, los recursos humanos, económicos y físicos que son destinados para la realización de dichas actividades, deben ser administrados de forma eficiente. La gestión del mantenimiento comprende todo un sistema organizativo orientado a la administración y canalización adecuada de los recursos asignados al departamento de mantenimiento en una empresa.

El módulo de mantenimiento es una herramienta que permite planificar y controlar todos los trabajos, con el fin de obtener un mayor rendimiento de las máquinas y equipos, optimizando de esta forma, los recursos destinados para el departamento de mantención. La implementación del módulo contempla 5 opciones de estructuración, estas son: estructura funcional, estructura por objetos, estructura desde una perspectiva técnica, estructura desde una perspectiva de contabilidad y una combinación de las opciones de estructuración.

En la empresa, la mayoría de las actividades de mantenimiento son por mantenimiento correctivo. Regularmente es el equipo el que dicta cuándo necesita mantenimiento y no quienes están a cargo de la operación. El mantenimiento correctivo representa un costo mayor a la empresa, ya que el tiempo perdido representa pérdidas para la misma. Con la implementación de la planificación y programación en el mantenimiento, se beneficiarán el proceso

productivo de dicha empresa comparado de la manera en la cual se realiza actualmente.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Empresa de inyección de plástico

La empresa es una industria que produce artículos de plástico, utilizando máquinas, extrusoras, inyectoras de diversas capacidades para la fabricación de diversos productos de diferentes tamaños, estilos, colores; trabajando con la mejor calidad para proveer a sus clientes.

1.1.1. Productos

En la tabla I, se presentan varios de los productos que comercializa la empresa.

Tabla I. **Productos de la empresa**

Organizadores	
---------------	--

Continuación de la tabla I.

<p>Macetas colgantes</p>	
<p>Sillas para niños</p>	
<p>Cajas de almacenamiento</p>	

Fuente: elaboración propia.

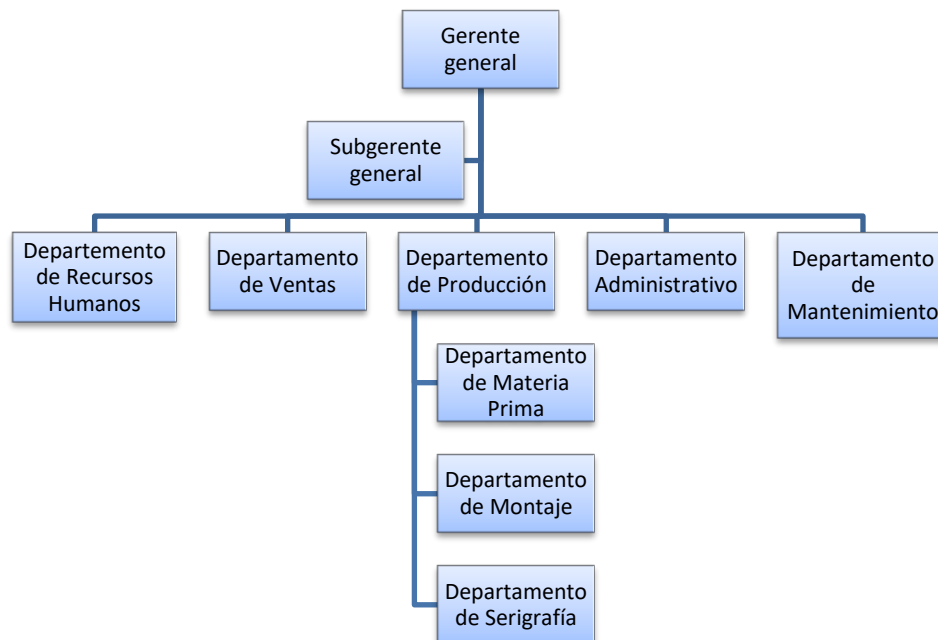
1.1.2. Mercado

El mercado de la empresa son todas las plantas productoras que necesitan materiales, empaques, utensilios plásticos, así como el mercado nacional, el centroamericano en ofrecer un portafolio de productos útiles para el hogar, oficinas, colegios, entre otros.

1.1.3. Organigrama de la planta de producción

El organigrama de la empresa es de tipo vertical, es decir, que se ejemplifica la jerarquía de puestos; como se describe en la figura 1.

Figura 1. Organigrama de la empresa en estudio



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Descripción de puestos y funciones en la planta

La empresa utiliza un organigrama vertical, en el cual cada puesto subordinado a otro se presenta por cuadros en un nivel inferior, ligados por líneas que representa la comunicación de responsabilidad y autoridad. De cada cuadro del segundo nivel se sacan líneas que indican la comunicación de autoridad y responsabilidad a los puestos que dependen de él y, así sucesivamente.

Tabla II. Descripción del puesto de Gerencia General

Título del puesto	Gerente general
Ubicación administrativa	Gerencia
Superiores	-----
Subalternos	Gerentes, jefes de departamento, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	internas y externas
Responsabilidades del puesto	Se coordinan las actividades administrativas de la empresa, entre sus principales funciones están el contratar todas las posiciones gerenciales, realizar evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos, planear metas a corto y largo plazo, orientado a objetivos y entregar las proyecciones de los objetivos para la aprobación de los gerentes corporativos; coordinar con las oficinas administrativas asegurando que los registros y sus análisis se están llevando correctamente, mantener buenas relaciones con los clientes, gerentes corporativos y proveedores para mantener el buen funcionamiento de la empresa; lograr que las personas realicen lo que tienen que hacer y dirigirlos de una forma adecuada.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de Empresas, Ingeniería Industrial Maestría: Finanzas, Administración
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General Autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Descripción del puesto de Gerencia de Recursos Humanos

Título del puesto	Gerente de Recursos Humanos
Ubicación administrativa	Gerencia de Recursos Humanos
Superiores	Gerente general
Subalternos	Empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Seleccionar, contratar, formar, emplear y retener a los colaboradores de esta empresa; labores que son ejecutadas por profesionales en esta rama, apoyados por la alta dirección de la organización, su principal objetivo es alinear las políticas de la empresa con el personal que allí labora.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de Empresas, Psicología Industrial Maestría: Recursos Humanos
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General Autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Descripción del puesto de Gerencia Administrativa

Título del puesto	Gerente administrativo
Ubicación administrativa	Gerencia Administrativa
Superiores	Gerente general
Subalternos	Jefes de departamento, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Realizar las compras de productos, suministros, y demás requerimientos que necesite la empresa, realizara la toma de decisiones financieras, planeación, toma de decisiones sobre inversiones y financiamiento a corto y largo plazo, además realizará el análisis de los pronósticos financieros y preparará los planes y presupuestos financieros de la empresa. Implementar programas tendientes al ahorro y control del gasto.

Continuación de la tabla IV.

Requisitos del puesto	graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de Empresas, Ingeniería Industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General Autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Descripción del puesto de Gerencia de Mercadeo y Ventas

Título del puesto	Gerente de Mercadeo y Ventas
Ubicación administrativa	Gerencia de Ventas
Superiores	Gerente General
Subalternos	Jefes de departamento, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Supervisar y controlar a los vendedores, realizar el control de la gestión de los vendedores, encargado de la formación del personal del Departamento de Ventas al mayoreo, elaborar informes cuantitativos y cualitativos con respecto a las ventas.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de Empresas, Ingeniería Industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Descripción del puesto de Gerencia de Producción

Título del puesto	Gerente de Producción
Ubicación administrativa	Gerencia de Producción
Superiores	Gerente general
Subalternos	Jefe de producción operarios
Naturaleza del puesto	Administración

Continuación de la tabla VI.

Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Supervisar y controlar todos los procesos de mantenimiento de equipos, maquinaria.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Ingeniería Industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General Autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Descripción del puesto de Gerencia Mantenimiento

Título del puesto	Gerente de Mantenimiento
Ubicación administrativa	Gerencia de Mantenimiento
Superiores	Gerente general
Subalternos	Técnicos, mecánicos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Supervisar y controlar a los vendedores, realizar el control de la gestión de los vendedores, encargado de la formación del personal del Departamento de Ventas al mayoreo, elaborar informes cuantitativos y cualitativos con respecto a las ventas
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de Empresas, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia General	Aprobado: Gerencia General Autorizado por: Gerencia General

Fuente: elaboración propia.

1.2. Conceptos generales de mantenimiento

Estos describen la importancia para las tareas preventivas asignadas a los diferentes departamentos de trabajo.

1.2.1. Mantenimiento

Es un sistema que agrupa una serie de actividades, que al ser ejecutadas, permiten alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos de una instalación industrial. Por lo tanto, los recursos humanos, económicos y físicos que son destinados para la realización de dichas actividades, deben ser administrados de la forma más eficiente posible.

1.2.2. Objetivo del mantenimiento

Optimizar la disponibilidad del equipo al menor costo posible, tratando de minimizar las fallas que puedan ocurrir, a fin de evitar paradas en su operación. A continuación, se hace un listado de los mismos.

- **Objetivos del mantenimiento**
 - Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes.
 - Disminuir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar.
 - Evitar detenciones inútiles o paradas de máquinas.
 - Evitar accidentes.
 - Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
 - Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes

1.2.3. Tipos de mantenimiento

En el programa de mantenimiento predictivo se analizan las condiciones del equipo mientras este se encuentra funcionando o en operación. Consiste en el análisis de las operaciones de mantenimiento para su optimización, permitiendo ajustar las operaciones y su periodicidad a un máximo de eficiencia.

Esto es siempre menos costoso y más confiable que el intervalo de mantenimiento preventivo de frecuencia fija, basado en factores como las horas máquina o alguna fecha prefijada.

El combinar mantenimiento preventivo y predictivo ayuda, significativamente, a reducir al mínimo el mantenimiento correctivo no programado o forzado.

El realizar controles aleatorios o basados en la experiencia de los operadores de los equipos y de la gente de mantenimiento, generalmente es un soporte a la hora de evitar daños mayores o que se produzcan por efecto de las paradas forzadas

- Las principales técnicas de mantenimiento predictivo y la aplicación de este en maquinaria industrial son:

- Análisis de vibraciones: es la principal técnica para supervisar y diagnosticar la maquinaria rotativa e implantar un plan de mantenimiento predictivo.
- Ultrasonidos aplicados al mantenimiento predictivo: la captación de ultrasonidos es una técnica que se ha desarrollado mucho en los últimos años, descubre las aplicaciones de esta técnica predictiva.
- Análisis de lubricantes: estas técnicas son fundamentales para determinar el deterioro del lubricante, la entrada de contaminantes y la presencia de partículas de desgaste.
- Análisis de máquinas alternativas motores y compresores alternativos pueden diagnosticarse con alta precisión a partir de la señal dinámica de la presión, ultrasonidos y vibraciones.
- Descargas parciales en máquinas eléctricas: la técnica del estudio de las descargas parciales se aplica a grandes máquinas eléctricas para evaluar el estado del estator con la máquina en servicio.
- Parámetros de supervisión de grandes máquinas eléctricas la criticidad de estas, justifica la monitorización en continuo por varias técnicas complementarias entre sí.
- Termografía: la reducción en los precios de las cámaras termográficas ha permitido que cualquier departamento de mantenimiento se beneficie de esta potente técnica predictiva.

- Análisis de motores eléctricos de inducción (ESA&MCA): en los últimos años se han desarrollado tecnologías que, mediante la medida simultánea de corriente y tensión permiten el diagnóstico de motores eléctricos.
- Estrategias de mantenimiento: en una primera clasificación se distingue entre mantenimiento planificado y el no planificado
 - Mantenimiento planificado: implica una proactividad, es decir, plantea una programación de tareas con el fin de mitigar el riesgo producir una avería o de que esta llegue a generar consecuencias no deseadas. Estas tareas se pueden programar a intervalos fijos (preventivo), según condición (predictivo) o cuando ya se ha producido la avería, pero no se requiere una acción inmediata (reactivo).
 - Mantenimiento no planificado: es el reactivo inmediato. La avería ya se ha producido y se ha de reparar inmediatamente.
 - Mantenimiento reactivo: conocido como *run to failure* o funcionamiento hasta el fallo, consiste en no programar ninguna tarea hasta que la máquina falla. El mantenimiento reactivo es el tradicional, que se limitaba a actuar como un taller de mantenimiento, concebido bajo la idea de crear una gran capacidad humana que pudiese atender a cualquier imprevisto dentro de las plantas industriales. Es decir, como la aparición de la avería era absolutamente imprevisible, era necesario disponer de un equipo humano libre de obligaciones, salvo la propia de actuar

en caso de una emergencia. Esta filosofía de bombero se conoce en la actualidad como mantenimiento reactivo.

- La implantación de un programa de mantenimiento predictivo (PMP): a diferencia de algunos otros tipos de mantenimiento ya mencionados, este requiere una fase inicial de preparación e implantación, así como una disciplina de seguimiento posterior.
 - Estudio de la planta: el primer paso será, evidentemente determinar la posibilidad de implantación del PMP, idealmente esto estaría basado en un estudio de la planta en términos de disponibilidad, rentabilidad, tiempo de parada, entre otros.
 - Selección de máquinas por medio de esta selección, se trabaja con un número manejable de máquinas teniendo en cuenta el personal requerido, programas de producción, costos de parada, entre otros.
 - Selección de técnicas óptimas de monitorizado para la determinación precisa del estado de las máquinas, seleccionar los mejores métodos posibles de medida, qué tipo de medida de vibración tomar, la mejor localización para tomar la medida y el instrumento adecuado para llevarla a cabo.
 - Establecimiento del programa: una vez establecidas las técnicas óptimas para el control de cada ítem de la planta, serán todas ellas agrupadas para formar el programa completo de monitorizado.

- Fijar, revisar límites de aceptabilidad: en este paso se establecen los niveles normales de vibración de las máquinas que indican que estas están operando en condiciones normales y aceptables.
- Mediciones base de las máquinas: dado que inicialmente se desconocen las condiciones mecánicas en que se encuentran las máquinas, es necesario establecer mediciones de partida para cada una. Las mediciones subsecuentes serán comparadas con estas de referencia, así como con los límites preestablecidos.
- Mediciones periódicas de condición el objetivo de un PMP es detectar un deterioro significativo en el estado de la máquina. Por medio de la adquisición, registro y análisis de la tendencia de los datos medidos, es posible determinar si la máquina está dentro de normas o si es necesario un análisis más detallado para identificar un posible problema.
- Análisis de situación: es un análisis profundo del estado en que la máquina se encuentra y que muchas veces reúne la aplicación de varias técnicas diferentes. El propósito es confirmar la existencia de un determinado problema llevando a cabo el diagnóstico del fallo, así como un pronóstico de sus posibles consecuencias.
- Corrección del fallo: una vez diagnosticado, podrán ser programadas las correspondientes medidas correctivas. Los detalles del fallo identificado deberían realimentar el PMP para confirmar el diagnóstico y mejorar la capacidad y eficacia del programa.

- La evolución del mantenimiento predictivo
 - En la mayor parte de los segmentos industriales del entorno existe la creencia de que el mantenimiento predictivo es un concepto o técnica de reciente implantación. Nada más lejos de la realidad. Esta técnica se empezó a aplicar en Norteamérica en 1958, utilizando medidores de vibración muy sencillos para llevar un seguimiento de las máquinas, tal y como se ha descrito en párrafos anteriores.

En la última parte de 1970 y primeros años de 1980, el sistema cayó en desuso en determinados sectores por diversas razones.

En los últimos años, la incorporación de los ordenadores personales en el ámbito de trabajo ha hecho posible que tanto la adquisición de datos como su archivo, confección de todo tipo de informes, gráficos de evolución, entre otros, simplifiquen enormemente las tareas de seguimiento del programa predictivo. Este avance, unido al espíritu de superación tecnológica de las empresas, con el objetivo de mejorar la calidad y la productividad de cara a la entrada en Europa, es lo que ha llevado a que el mantenimiento predictivo vuelva a estar en la actualidad, como herramienta de ahorro de costos y de eficacia total en el funcionamiento de las máquinas involucradas en los diferentes procesos industriales

- La informatización del mantenimiento predictivo
 - En el momento actual existen equipos portátiles de toma de datos capaces de efectuar mediciones no solo de vibración, sino de todos aquellos parámetros ya mencionados con anterioridad y que afectan al mantenimiento de las máquinas bajo control. Estos equipos portátiles de uso muy simple memorizan todas las lecturas tomadas en las máquinas durante el proceso de inspección rutinaria y son capaces, posteriormente de transmitir estos datos a un ordenador a través de un enlace de comunicación estándar.

Una vez los datos almacenados en una base de datos en el ordenador, este se ocupará de ordenarlos, que es su función primordial, siendo capaz a partir de ese momento de presentar diferentes informes de situación de toda la planta, ya sea en forma de tabla o de todo tipo de gráficos de evolución.

La mayor o menor capacidad de manejo y análisis de estos datos reside en la potencia y sencillez de uso del software que se esté utilizando. En este terreno existen, actualmente, en el mercado programas capaces no solo de manejar datos simples, sino que pueden almacenar y manejar la información contenida en la señal compleja de vibración permitiendo, mediante el estudio del espectro de esta señal, llevar a cabo funciones de diagnóstico de averías.

La última evolución tecnológica en el campo del software aplicado al predictivo es la aparición de programas inteligentes que,

residiendo en el ordenador, son capaces de analizar los datos procedentes de las máquinas, comparándoles con las características de diseño de los elementos constituyentes de estas y sus condiciones de operación, y emitir de una forma inmediata y automática, un diagnóstico de la posible avería que en ellas se esté produciendo.

- Selección del sistema de mantenimiento predictivo
 - El sistema de llevar a la práctica el PMP, en lo que se refiere a equipos de medida, ordenador, software, entre otros, y la decisión de si se va a llevar a la práctica con un simple equipo portátil y registro manual o con una instalación totalmente automatizada en la que el factor humano solo intervenga en la toma de decisiones, dependerá de varios factores entre los cuales cabría destacar:
 - Costos por pérdida de producción
 - Tiempo de desarrollo de un fallo desde su detección
 - Costo del equipo a proteger
 - Existencia de equipos de reserva
 - Disponibilidad de personal
 - Costo de implantación del sistema

Con estos parámetros en consideración, se elige el sistema más adecuado a la necesidad con el objetivo de llegar en un determinado plazo de tiempo a un sistema mixto, que es la tendencia actual, en lo que a esta técnica se refiere y que estaría formado por los siguientes aspectos:

- Un equipo portátil programable y soportado por ordenador para la mayor parte de las máquinas a controlar, manejado por un rondista adquiriría y transmitiría a un ordenador periódicamente toda la información de las máquinas seleccionadas.
 - Una serie de sensores, permanentemente instalados en aquellos puntos que reúnan particulares condiciones de dificultad de acceso para efectuar una medida precisa y con seguridad para el inspector. La señal de estos sensores sería transmitida a un panel de conexionado centralizado, desde el cual se tomarían las lecturas de la forma descrita en el punto anterior y transferida de la misma forma al ordenador.
 - Finalmente, aquellas máquinas que son realmente críticas para la operación de la planta por alguna de las razones expuestas anteriormente, deberían ser permanentemente monitorizadas con un sistema de vigilancia continua 24 horas al día, que alertara inmediatamente de cualquier problema que se pudiera presentar. Las señales procedentes de este sistema, serían también transmitidas al ordenador para su seguimiento y archivo.
- Beneficios del programa de mantenimiento predictivo
 - Es evidente que esta técnica desarrollada como ya se ha mencionado hace más de 30 años, habría desaparecido si no

fuera por los beneficios que proporciona y que han sido demostrados por miles de usuarios en todo el mundo.

- Mejora de la productividad.
- Prolongación del tiempo de operación.
- Reducción de los costos de mantenimiento reducción de primas de seguro.
- Equipo de reserva mínimo o innecesario.
- Operación más tranquila.
- Aumento de seguridad en la maquinaria.

El mantenimiento preventivo es, además, aquel que incluye las siguientes actividades:

- Inspección periódica de activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción o depreciación perjudicial.
- Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aún en una etapa incipiente.
- Ventajas del mantenimiento preventivo
 - Disminuye el tiempo ocioso, hay menos paros imprevistos.
 - Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones en paros imprevistos.

- Disminuye los costos de reparaciones de los defectos sencillos realizados antes de los paros imprevistos.
 - Habrá menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor calidad y, por lo tanto, el prestigio de la empresa crecerá.
 - Habrá menor necesidad de equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital y aumenta la vida útil de los existentes.
 - Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta.
 - Cumplimiento con los cupos y plazos de producción comprometida.
 - Conocer anticipadamente el presupuesto de costos de mantenimiento.
 - Conocer los índices de productividad por sector.
- El correctivo como base del mantenimiento

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90 % del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas, tales como:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Solo se gasta dinero cuando se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Esas son las razones que muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo, también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad, por ejemplo, empresas que utilizan el frío en su proceso, las que tienen compromisos de producción con clientes, sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento
 - Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes.
 - La vida útil de los equipos se acorta.
 - Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, entre otros; por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.

- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo.
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo.
- Las averías y los comportamientos anormales no solo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un *stock* de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, entre otros.

En la mayor parte de las empresas, difícilmente, las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones.

- Las empresas deciden externalizar la reparación de averías en los siguientes cinco casos:

- Cuando está incluido en el contrato: el servicio está incluido dentro de un contrato de gran alcance, por ejemplo, un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento.
- Cuando no existe un departamento de mantenimiento: no se dispone de ningún tipo de estructura de mantenimiento. En estos casos, cualquier problema que no sea sencillo ha de ser contratado a una empresa de mantenimiento.
- Cuando supone una carga inadmisibles de trabajo adicional: disponiendo de una estructura de mantenimiento esta está infradimensionada, desbordada de trabajo o cuando supone un aumento puntual de la carga de trabajo insostenible.
- Cuando no se tienen los medios o los conocimientos necesarios: es decir, no se dispone de conocimientos o medios técnicos suficientes para abordar la reparación, por ser tecnologías novedosas y desconocidas en la planta o por haber recibido la formación y entrenamiento necesario.
- Cuando el equipo está en garantía: en este caso se prefiere contar con el servicio técnico del suministrador para evitar conflictos de responsabilidad.
- Los contratos que se pueden establecer para la reparación de averías pueden ser los siguientes:
 - Contratación de una reparación puntual sin presupuesto previo: se trata en general, de averías graves y urgentes, de un coste menor

que las pérdidas de producción que provoca. Por esa razón se encarga el trabajo a una empresa con capacidad para dar la asistencia técnica, sin conocer siquiera el importe de la reparación; el factor más importante es el tiempo de intervención.

- Contratación de una reparación puntual con presupuesto previo: o bien no se trata de intervenciones tan urgentes como las anteriores o bien se prevé un importe elevado que es necesario conocer con antelación. La preparación del presupuesto y su posterior aceptación supone retrasar mucho la intervención, ya que será necesario que el contratista compruebe el trabajo, haga su valoración, redacte una oferta, la envíe al cliente, que la estudie y la acepte y le comunique la aceptación al contratista. El factor más importante en este tipo de contratación es el precio, por encima del tiempo de inicio de los trabajos o de intervención.
- Contratación de asistencias técnicas puntuales, pero a precio pactado bien por servicio (también llamado por precios unitarios) o bien por hora de intervención y materiales empleados. Las fases de presupuesto y aceptación de este se realizan una sola vez para muchas intervenciones, de manera que cuando se necesita un servicio se solicita, conociendo el cliente más o menos qué coste supondrá. El factor importante vuelve a ser el precio, pero el cliente trata de evitar los tiempos muertos derivados del proceso de oferta y aceptación, negociando de una vez todos los servicios que pueda necesitar en un periodo determinado.

- Contratación de un número de servicios de reparación anual. Es decir, por un precio pactado se incluyen x intervenciones anuales de un determinado tipo, o x horas de intervención.
- Contratación del mantenimiento correctivo dentro de un contrato de mayor alcance, como un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento.

1.2.4. Clasificación de fallas

- Fallas tempranas: ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas.
- Fallas adultas: son las que presentan mayor frecuencia durante la vida útil.
- Fallas tardías.

1.3. Definición de los plásticos

Los plásticos son el material de mayor crecimiento en la industria moderna, su amplia versatilidad y propiedades hacen que sean los materiales más adaptables en términos de aplicación.

La molécula básica es el monómero que tiene como base el carbono, las materias primas para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón, la resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar la molécula de cadena larga llamada polímeros. El proceso descrito anteriormente se llama polimerización y se efectúa de dos maneras:

Polimerización por adición, donde dos monómeros iguales forman una reacción directa y crean moléculas de cadena larga, y polimerización por condensación; en la cual dos monómeros diferentes crean moléculas largas y tienen un subproducto como el agua.

Un plástico es una molécula de hidrocarburo, ejemplo de estas moléculas son el etileno C_2H_4 . Los polímeros son largas cadenas de moléculas, formadas por muchos monómeros unidos entre sí como el polietileno, también existen plásticos que contienen oxígeno como los acrílicos, nitrógeno como las amidas (nylon) y silicio como las siliconas.

Hay mucha variedad de polímeros entre los que se encuentran el algodón formado por fibras celulósicas, La seda como un polímero natural o poliamida similar al nylon, y la lana es una proteína de las ovejas. Pero los polímeros que son usados en la industria son sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

Hay dos tipos bien definidos de plásticos: los termoestables y los termoplásticos

1.3.1. Termoestables

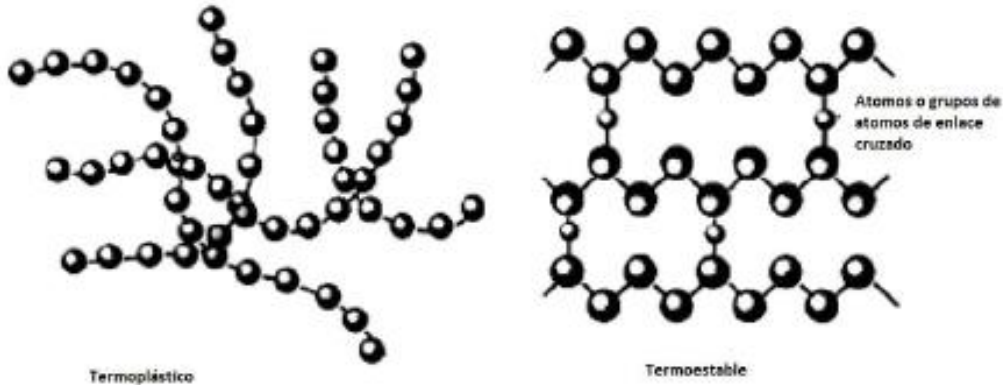
El concepto termoestable deriva de las palabras *thermo* (calor) y *stabilis* (permanente), son materiales que después de someterlos a la acción del calor para darle su forma no pueden volver a su estado inicial y no pueden ser recuperados.

1.3.2. Termoplásticos

Este tipo de polímero es una cadena larga de monómeros, presentan la característica que cuando son sometidos a las altas temperaturas se reblandecen y son moldeados a presión. En la industria manufacturera representa entre el 70-80 % del consumo total.

Las altas temperaturas no afectan sus propiedades químicas o físicas de manera apreciable, el efecto que se desea es de ablandar el material para su reprocesamiento y pueden ser utilizados varias veces.

Figura 2. Termoplástico y termoestable



Fuente: MONTALVO SOBERÓN, Luis Alberto. *Plásticos industriales y su procesamiento*. p. 7.

- Polímeros utilizados en la máquina de moldeo por inyección: según Quantum Chemical Corporation, las poliolefinas que se pueden moldear por inyección incluyen: polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), copolímeros de etileno, tales como acetato de vinilo etileno (EVA) y

acrilato de etil etileno (EEPA), copolímeros de polipropileno y propileno (PP).

Ventajas

- Livianas, notable resistencia química, buena dureza, excelentes propiedades dieléctricas, costo relativamente bajo.
- Departamentos principales de aplicación del moldeado por inyección para las poliolefinas: artefactos, productos para la industria automotriz, productos para el consumidor, muebles, artefactos domésticos, contenedores industriales, equipo para manipulación de materiales, productos médicos, embalajes, implementos deportivos, juguetes y novedades.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del método de inyección de plásticos

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

El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta una cilindro de caldeo, mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin, se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección, por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo hasta llegar al estado líquido, el husillo también tiene, aparte del movimiento de rotación, un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de esta manera como un émbolo. Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde y este es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica.

Las máquinas para este trabajo se denominan inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.

Los elementos producidos mediante la inyección de plástico reemplazaron a una gran cantidad de elementos producidos con otros materiales como madera y metal. No siempre este cambio fue favorable al artículo producido o el

plástico utilizado no correspondía a las exigencias requeridas en las piezas originales.

Dentro de la empresa se encuentran máquinas extrusoras e inyectoras de diferentes capacidades para trabajar en diversificación de productos, estas máquinas se van utilizando, dependiendo de los productos que se estén fabricando, tomando el tiempo de apagado de la máquina para revisar y observar posibles fallos.

Existe el uso de máquinas frigoríficas, la empresa cuenta con una torre de enfriamiento de agua, y cuatro *chillers* de capacidades variadas, dependiendo la cantidad del líquido y la máquina que se utilice.

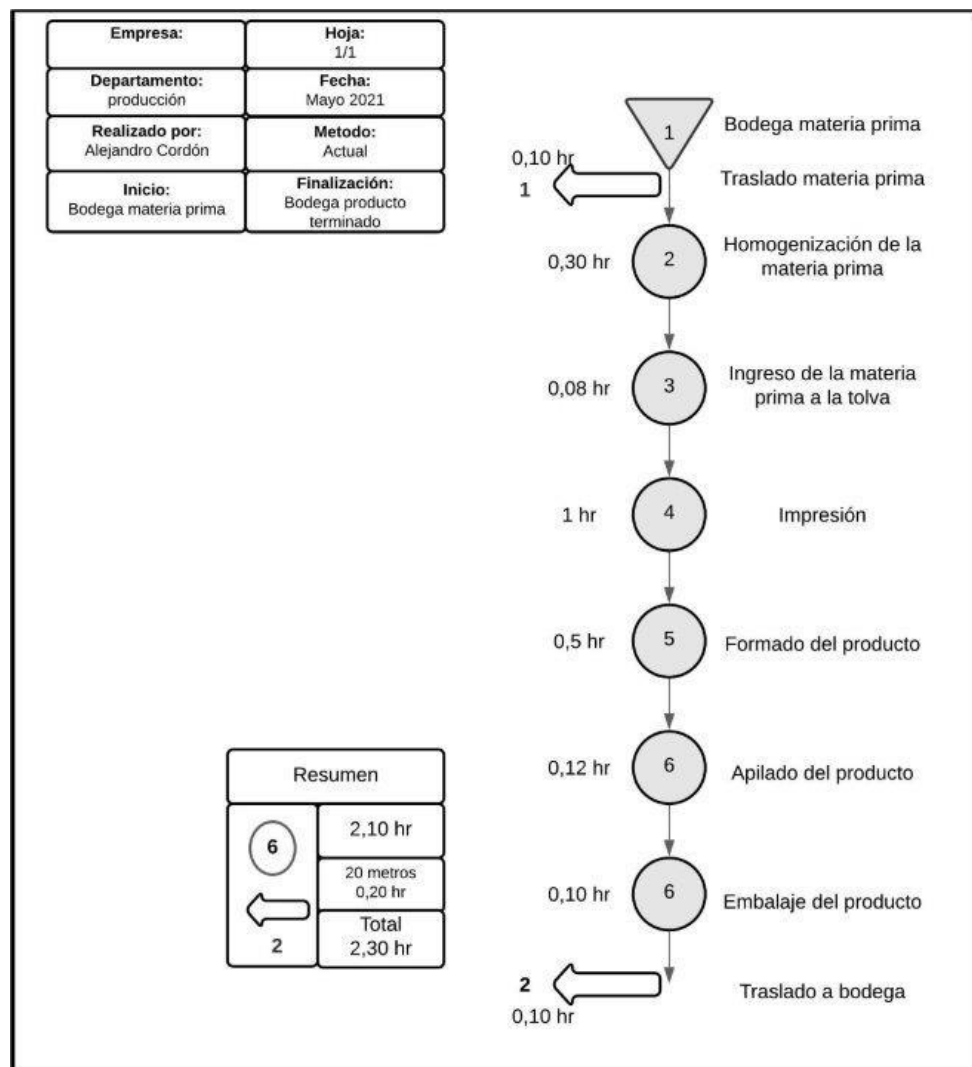
Dependiendo de las capacidades de las máquinas inyectoras, así será el tamaño y el producto que se desee fabricar, por ejemplo, para utensilios pequeños como los vasos y platos son fabricados por máquinas inyectoras con capacidad de quinientas toneladas de fuerza, siendo los productos con mayor demanda los descritos a continuación.

- Sillas con brazos apilables
- Sillas sin brazos apilables
- Bancos apilables
- Mesas desensambladas
- Alcancías de diferentes formas
- Juguetes
- Bañera de bebé
- Cestas de diferentes tamaños
- Botes con tapadera
- Basureros

2.2. Proceso de moldeo por inyección

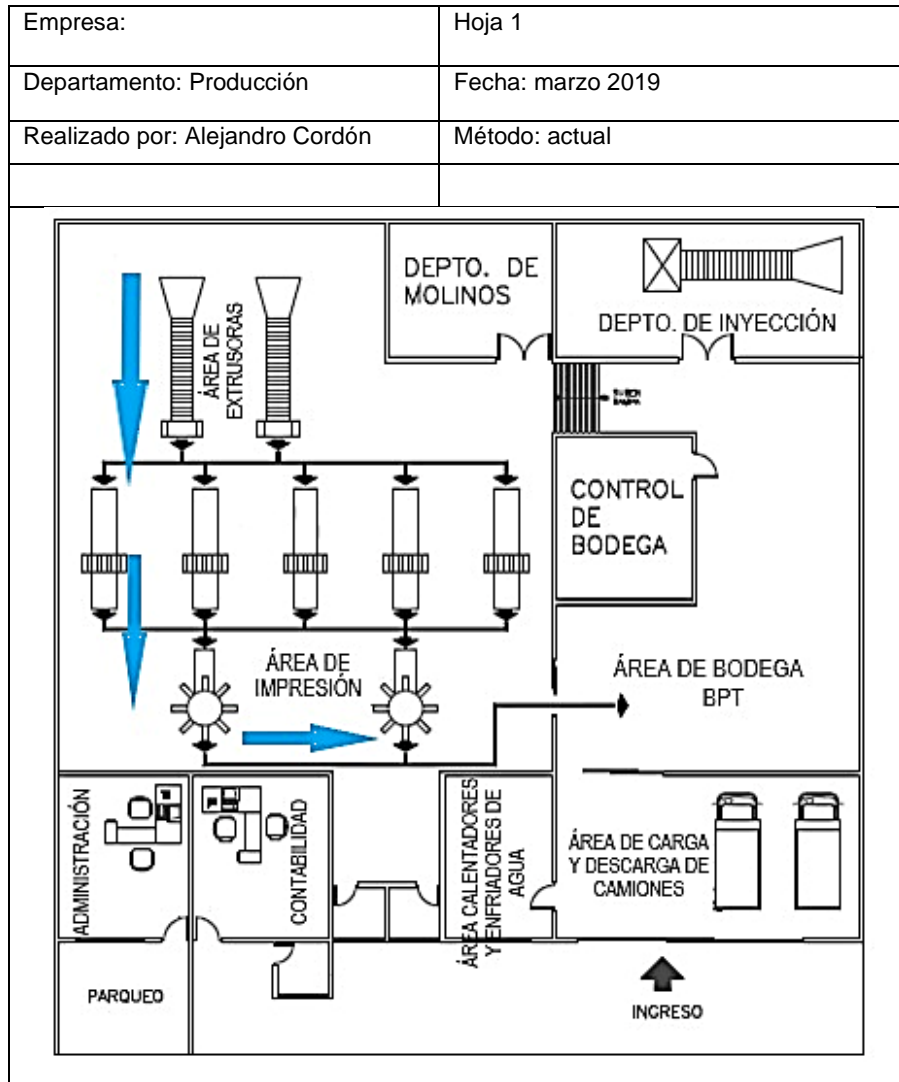
En la figura 3, se describe este modelo que realiza la empresa en estudio.

Figura 3. Diagrama de inyección propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Figura 4. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

2.2.1. Factores que influyen en el proceso de moldeo

Dentro del proceso de moldeo hay factores que limitan la productividad y el desarrollo de las actividades propias del departamento.

2.2.2. Jornadas de trabajo

Se utiliza una jornada diurna y mixta para el proceso de producción.

2.2.3. Instalaciones

La bodega de materia prima cuenta con departamentos para el almacenaje de cargas, insumos, colorantes, aditivos.

Figura 5. **Bodega de materia prima**



Fuente: empresa de plásticos.

Dentro de la maquinaria hay extrusoras, guillotinas, maquinaria de inyección, maquinaria para fabricación de empaque flexible.

Figura 6. **Área de extrusora**



Fuente: empresa de plástico.

2.2.4. Cargas de trabajo

Para la adecuada regulación de trabajo en las líneas de producción se cuenta con una distribución de carga, según la jordan de trabajo.

2.3. Proceso de inyección

El moldeo por inyección ha sido una de las herramientas de fabricación más importantes para la industria del plástico, desde que se patentó la máquina de tornillo recíprocante en 1956. En la actualidad es prácticamente imposible hacer algo sin partes moldeadas por inyección. Se utilizan en interiores de automóviles, cubiertas de dispositivos electrónicos, artículos para el hogar, equipos médicos, discos compactos e incluso casas para perros. El moldeo por inyección se utiliza para fabricar *pallets*, juguetes, cajones, baldes, contenedores para alimentos de paredes delgadas, tazas de promoción para bebidas y tapas de botellas de leche.

En el proceso de moldeo por inyección se funde el plástico en un extrusor y se utiliza el tornillo del extrusor para inyectar el plástico en un molde donde se enfría. La velocidad y consistencia son elementos claves para que la operación de moldeo por inyección sea exitosa, ya que los márgenes de ganancia, generalmente están por debajo del 10 por ciento.

2.4. Seguridad industrial

Se describen los parámetros para la seguridad industrial.

2.4.1. Normas establecidas

La seguridad ocupacional es el conjunto de normas y métodos orientados a reducir la incidencia de accidentes, riesgos y enfermedades ocupacionales del trabajador, dentro y fuera de su ambiente laboral; ya que esto resulta en un factor negativo, porque genera un gran ausentismo, así como una disminución

en la productividad de la empresa, provocando pérdidas considerables por daños personales, así como de equipos o materiales.

Por tal motivo se considera trascendental crear una conciencia de prevención, fomentando para ello la implementación de un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.

Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y operacionales son factores que interfieren en el desarrollo normal de la actividad empresarial, incidiendo negativamente en su productividad y, por consiguiente, amenazando su solidez y permanencia en el mercado; conllevando, además, graves implicaciones en el ámbito laboral, familiar y social.

El Acuerdo Gubernativo número 229-2014, *Reglamento de salud y seguridad ocupacional del Ministerio de Trabajo y Previsión Social del gobierno de Guatemala* tiene como fin regular las condiciones de trabajo que tienen los empleados contratados por un patrono en función de la prevención de los accidentes, actos inseguros, uso de equipo de protección personal ante diferentes actividades que se realizan en la construcción.

El *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo*, por ser un requisito legal, es importante evaluar su cumplimiento. Este puede tomarse como base en un futuro para la implementación de un sistema certificable. Sus normas son de observancia general y de orden público, por lo que su cumplimiento y aplicación son de carácter obligatorio.

La implementación de este plan pretende cumplir los requisitos establecidos en las normas ya mencionadas y tener un mejor control de la seguridad y calidad, aplicadas a los procesos constructivos del proyecto, con el

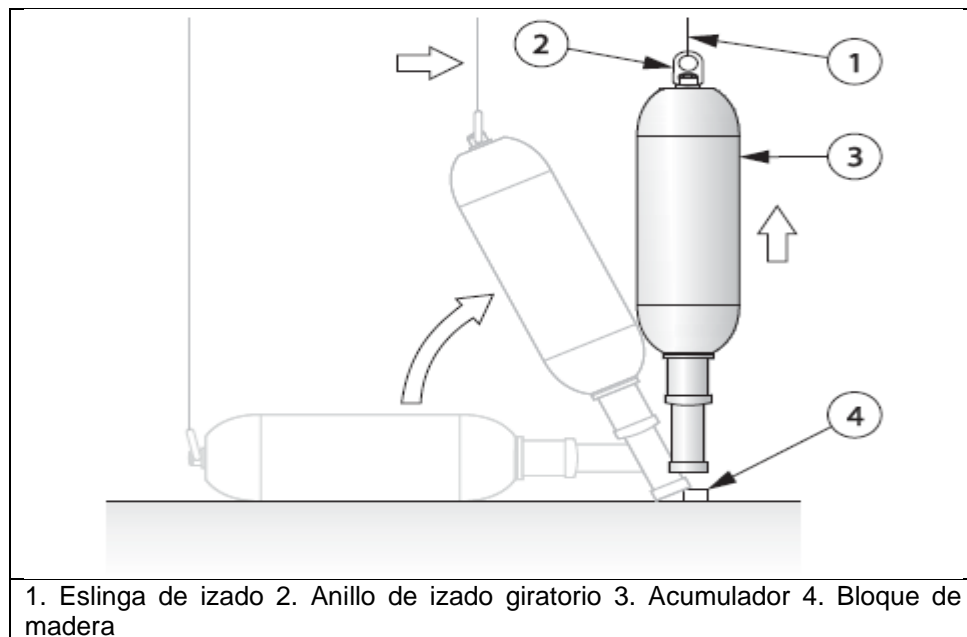
fin de lograr un impacto positivo en la productividad de la empresa y reducir sus índices de siniestros laborales.

2.4.2. Accidentes de trabajo

Algunos de los peligros normales para la seguridad, asociados con equipos de moldeo por inyección son:

Peligro de izado: riesgo de lesiones graves. Es posible que el acumulador se balancee en el cable de grúa efectuando un movimiento pendular en el que se eleve por encima del bloque de madera. Elevar lentamente a fin de reducir el movimiento pendular. Mantenerse a distancia del departamento de posible balanceo para evitar cualquier accidente.

Figura 7. Izado en el acumulador



Fuente: elaboración propia.

- Peligro de aplastamiento: peligro de muerte o de lesiones graves. No trabajar debajo de cargas en suspensión. Para prevenir cualquier accidente, colocar bloques de seguridad.
- Peligro de salpicaduras a alta presión: peligro de muerte o de lesiones graves. El rociado de aceite hidráulico a alta presión puede penetrar el tejido humano y provocar daños graves. Bloquear y señalizar la máquina antes de realizar el mantenimiento de cualquier componente hidráulico.

El personal que trabaje, instale y realice el mantenimiento o la reparación del equipo debe cumplir las prácticas de trabajo seguro de conformidad con las siguientes pautas:

- Bloquear y señalizar las fuentes de energía eléctrica, neumática e hidráulica antes de realizar el mantenimiento de la máquina o de acceder al departamento de moldeo.
- Usar una escalera o plataforma adecuada para acceder a los distintos departamentos de la máquina.
- Despresurizar el sistema hidráulico con la válvula de descarga manual y los circuitos hidráulicos individuales mediante un kit de muestreo de aceite antes de realizar el mantenimiento de cualquier componente hidráulico.
- No subirse al equipo mientras la máquina esté en funcionamiento.
- No poner en marcha la máquina a menos que todas las protecciones de seguridad estén colocadas.

- Todo el personal que se encuentre en el departamento de la máquina debe llevar la protección acústica adecuada, si los niveles de emisión de ruidos superan los 85 dB (A).
- Riesgos: peligro de muerte o de lesiones graves. Antes de comenzar el procedimiento de bloqueo y señalización, leer y entender todo el procedimiento. El incumplimiento de las precauciones de bloqueo y señalización antes de efectuar cualquier servicio o actividades de mantenimiento, podría provocar la muerte o lesiones graves.
- Peligro de electrocución: peligro de muerte o de lesiones graves. La exposición a un arco eléctrico podría causar quemaduras de segundo grado. Utilizar un equipo de protección individual apto para arcos eléctricos en conformidad con los estándares de la National Fire Protection Association o las normativas locales equivalentes para arcos eléctricos.

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

3.1. Programa de mantenimiento

Durante la vida útil de la máquina será necesario examinar y realizar el mantenimiento en diversos sistemas y componentes, según intervalos programados o no programados.

Hay tres tipos de procedimientos de mantenimiento:

- De puesta en marcha que se realizan después de instalar la máquina
- Preventivos que se realizan a intervalos programados
- Correctivos que se realizan cuando resulten necesarios

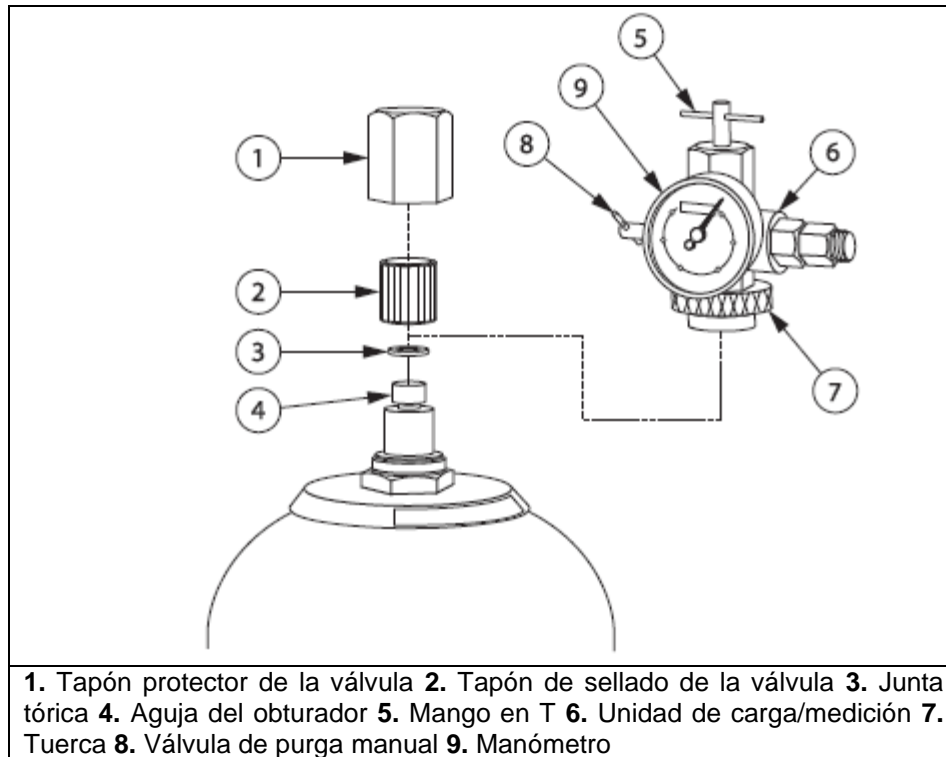
3.1.1. Puesta en marcha

Los siguientes procedimientos de mantenimiento se realizan solo después de la puesta en marcha inicial de la máquina.

- Comprobación de la presión de precarga del acumulador de vejiga
 - Para comprobar la presión de precarga del acumulador de vejiga, realizar lo siguiente:

- Comprobar que el aceite hidráulico ha alcanzado la temperatura de funcionamiento.
 - Bloquear y señalizar la máquina.
 - Desmontar el tapón protector de la válvula y el tapón de sellado de la válvula.
 - En la unidad de carga/medición, girar el mango en T totalmente a la izquierda para retraer el émbolo.
 - Asegurarse de que la válvula de purga manual esté cerrada (girar hacia la derecha).
 - Fijar la unidad de carga/medición a la aguja del obturador y apretar la tuerca.
 - Apretar el mango en T hasta que el manómetro comience a registrar presión. No girar la tuerca más de tres vueltas completas.
 - Comprobar la presión de precarga del acumulador de vejiga.
-
- ✓ Si la presión de precarga es inferior a la presión indicada aumentar la presión de precarga.
 - ✓ Si la presión de precarga es superior a la presión indicada reducir la presión de precarga hasta el valor requerido: girar la válvula de purga manual lentamente hacia la izquierda para expulsar la cantidad de gas nitrógeno requerida en el acumulador.

Figura 8. **Comprobación de la precarga del acumulador (típica)**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es realizado con base en disposiciones generales del fabricante, en relación al manual de servicio.

3.1.3. **Mantenimiento correctivo**

Con la implantación de las mejoras se espera que se reduzca la frecuencia de mantenimiento correctivo, que genera demoras en las líneas de producción.

3.2. Mantenimiento general

A continuación, se describe el mantenimiento general a la máquina.

3.2.1. Comprobación de dispositivos de seguridad

Antes de empezar la producción hay que comprobar todos los dispositivos de seguridad de la máquina funcionando. Realizar los procedimientos de los siguientes apartados para confirmar el funcionamiento de estos dispositivos.

La máquina está equipada con un pulsador de paro de emergencia situado en el lado del operador de la máquina debajo de la interfaz hombre-máquina (IHM).

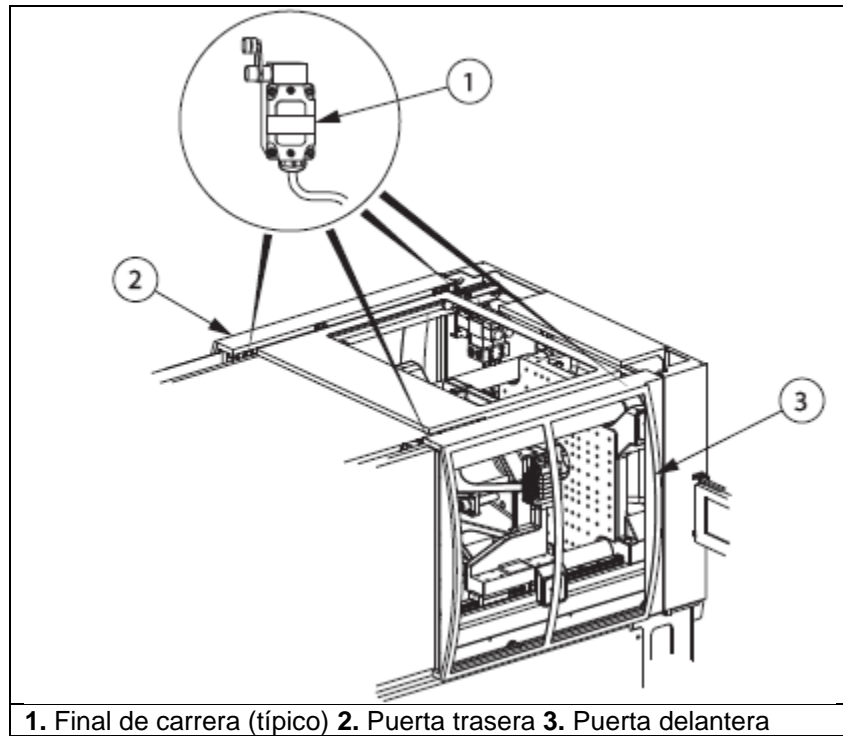
Para comprobar el pulsador de paro de emergencia, realizar lo siguiente:

- En la IHM: pulsar la tecla activar motor bomba para arrancar el motor de la bomba.
- Pulsar el pulsador de paro de emergencia y parar la máquina.
- Comprobar que el motor de la bomba se pare y que cesen todos los movimientos de la máquina cuando se pulsa el pulsador.
- Pulsar la tecla alarmas y tocar la pestaña alarmas para mostrar la pantalla alarmas. La alarma paro de emergencia deberá estar activa (rojo).

Comprobación de las puertas de seguridad: los interruptores de las puertas de seguridad activan una alarma cuando se abre cualquier alguna. La alarma detendrá e impedirá el movimiento de la máquina para proteger al personal de posibles lesiones. Para comprobar el funcionamiento de los interruptores de las puertas de seguridad, realizar lo siguiente:

- En la IHM: pulsar la tecla alarmas y tocar la pestaña alarmas para mostrar la pantalla alarmas.
- Abrir las puertas de seguridad delantera y trasera.
- Comprobar si en la pantalla alarmas están activas (en rojo) las alarmas puerta delantera abierta y puerta trasera abierta.
- Cerrar las puertas de seguridad delantera y trasera.
- Comprobar de nuevo la pantalla alarmas. Las alarmas puerta delantera abierta y puerta trasera abierta deberían estar inactivas (en gris).

Figura 11. **Puerta de seguridad**



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. **Comprobación de la válvula de descarga**

Esta válvula automática descarga toda la presión hidráulica del sistema procedente del acumulador, cuando se pulsa la tecla desactivar motor bomba.

Para comprobar la válvula de descarga automática, realizar los siguientes pasos esta revisión, cada 200 horas de producción:

- Retirar la tapa de la toma para manómetro en el distribuidor de potencia.

- Fijar un manómetro hidráulico con un acoplamiento rápido a la toma. El manómetro debe tener capacidad para medir presiones de hasta 210 bares (3,000 psi).
- En la IHM: pulsar la tecla activar motor bomba para arrancar el motor de la bomba.
- Hacer funcionar el motor de la bomba durante un minuto para que aumente la temperatura y la presión en el sistema hidráulico.
- Pulsar la tecla desactivar motor bomba para detener el motor de la bomba.
- Comprobar el manómetro para confirmar que el acumulador está totalmente descargado de toda presión hidráulica.
- Desconectar el manómetro y volver a instalar la tapa sobre la toma.

3.2.3. Comprobación de protección de purga

La protección de purga protege al operador contra posibles proyecciones de resina fundida procedentes de la boquilla de inyección. Esta inspección se realiza antes de iniciar operaciones.

Para avisar al operador de que la protección de purga se ha abierto durante el funcionamiento, un final de carrera controla la protección de purga y activa una alarma si la protección se abre.

- En la IHM: pulsar la tecla alarmas y tocar la pestaña alarmas para mostrar la pantalla alarmas.
- Abrir la protección de purga y comprobar la pantalla Alarmas. La alarma protección de purga abierta deberá estar activa (rojo).
- Cerrar la protección de purga y confirmar que el mensaje está inactivo (gris) en la pantalla alarmas.

3.2.4. Comprobación de la válvula CEN

Para comprobar el funcionamiento de la válvula CEN, realizar lo siguiente cada 500 horas de servicio:

- En la IHM: pulsar la tecla activar motor bomba para arrancar el motor de la bomba.
- Pulsar el pulsador selector de modo máquina de la barra de herramientas y seleccionar el modo ajuste de molde.
- Mantener pulsada la tecla abrir molde para retraer la columna de carrera del molde.
- Durante el retroceso de la columna de carrera del molde, abrir la puerta delantera.
- Todo movimiento de la unidad de cierre debe detenerse de inmediato.
- Cerrar la puerta delantera.

3.3. Mantenimiento de la unidad de cierre

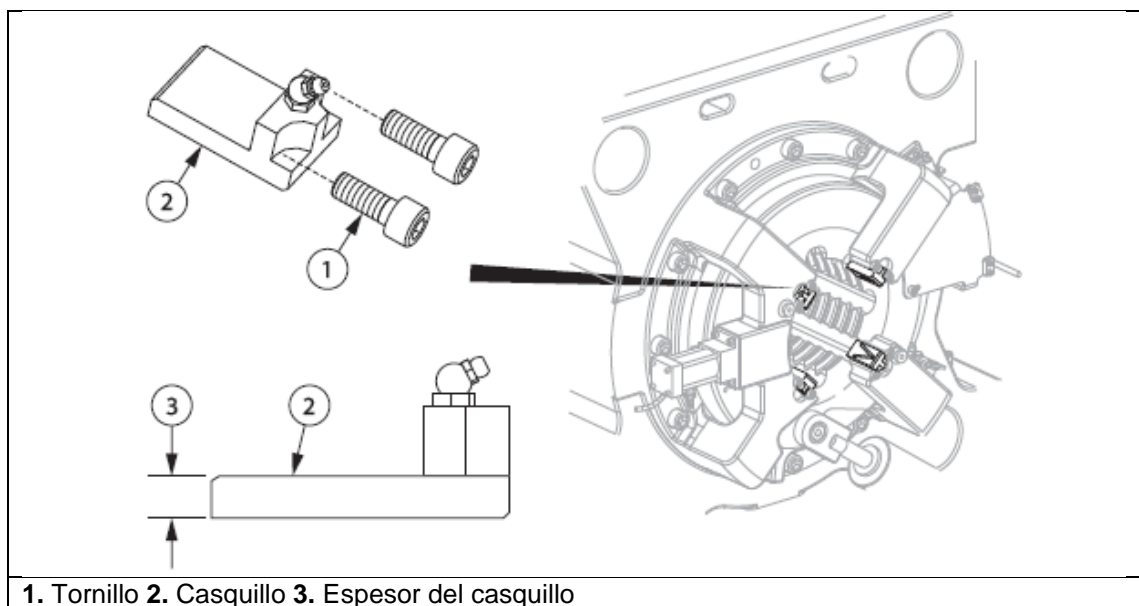
Los siguientes procedimientos son específicos para los componentes del departamento de la unidad de cierre de la máquina, realizarlas cada 2 000 horas de servicio para los apartados 3,3,1 al 3,3,9; como se describe a continuación.

3.3.1. Inspección de los casquillos guía de la columna de carrera del molde

Para inspeccionar los casquillos guía de la columna de carrera del molde, realizar lo siguiente:

- Bloquear y señalizar la máquina.
- Quitar los tornillos que fijan el casquillo guía a la columna de carrera del molde.
- Desmontar los casquillos guía y medir el espesor.

Figura 12. **Casquillo guía de la columna de carrera del molde (típico)**



Fuente: elaboración propia.

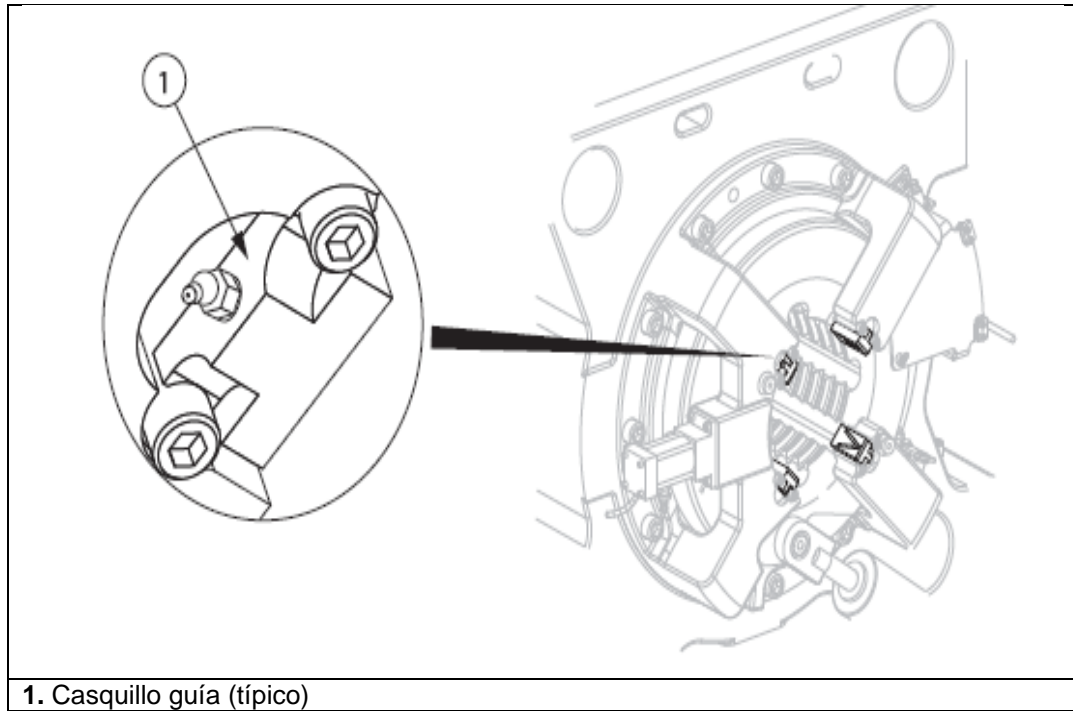
3.3.2. **Lubricación de los casquillos guía de la columna de carrera del molde**

Los casquillos guía de la columna de carrera del molde se lubrican en los intervalos especificados en el programa de mantenimiento.

Para lubricar los casquillos guía de la columna de carrera del molde, realizar lo siguiente:

- Bloquear y señalizar la máquina.
- Limpiar las boquillas de engrase de los cuatro casquillos guía con un trapo limpio.
- Aplicar una grasa de grado alimentario a las boquillas de engrase. No lubricar las boquillas en exceso.
- Eliminar el exceso de grasa de las boquillas de engrase con un trapo limpio.
- Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

Figura 13. **Casquillos guía de la columna de carrera del molde**



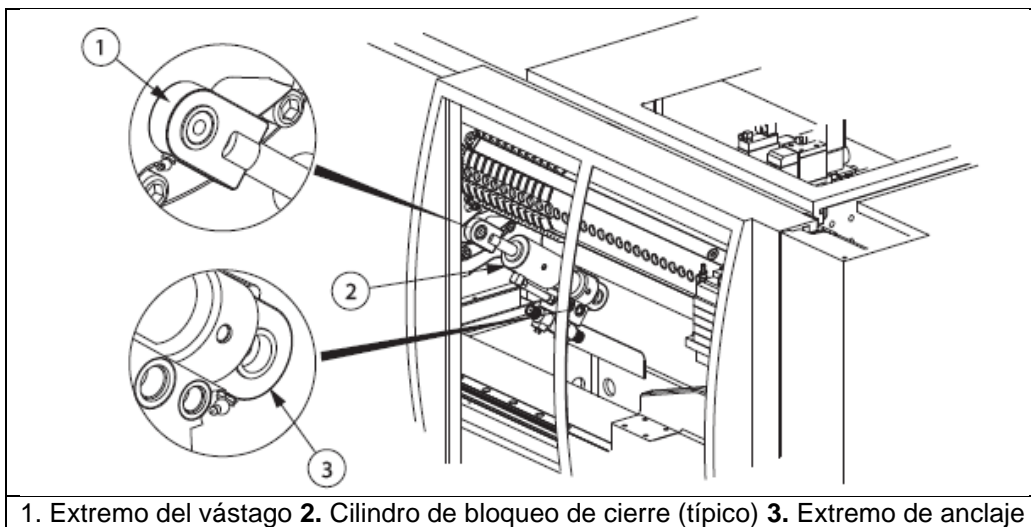
Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Lubricación del cilindro de bloqueo de cierre

El extremo de anclaje del cilindro de bloqueo de cierre se debe lubricar en los intervalos especificados en el programa de mantenimiento cada 1 000 horas de servicio.

- Limpiar las boquillas de engrase del extremo de anclaje del cilindro de bloqueo de cierre con un trapo limpio.
- Aplicar grasa de molibdeno para altas presiones a la boquilla de engrase del extremo del vástago del cilindro. No lubricar la boquilla en exceso.
- Eliminar el exceso de grasa de las boquillas de engrase con un trapo limpio.
- Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

Figura 14. **Boquillas de engrase del cilindro de bloqueo de cierre**



Fuente: elaboración propia.

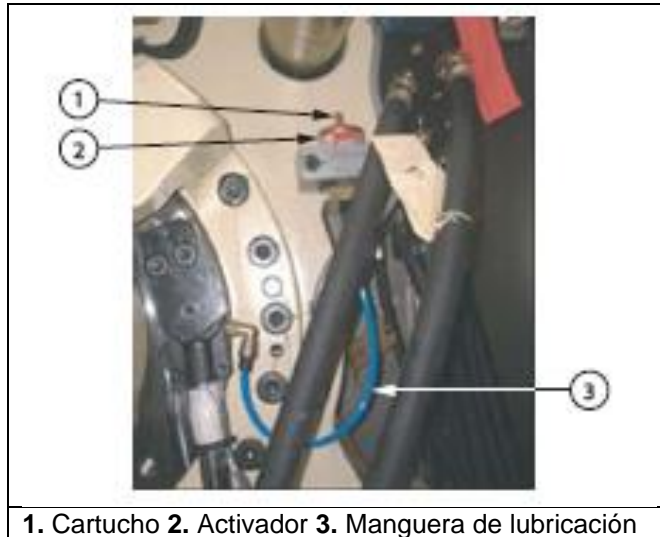
3.3.4. Sustitución del cartucho de lubricación automática del cilindro de bloqueo de cierre

El extremo del vástago del cilindro de bloqueo de cierre del pistón de cierre está conectado a un cartucho de lubricación automática que lubrica continuamente el brazo de enlace y los casquillos durante un periodo de hasta tres meses.

Para sustituir el cartucho de lubricación automática del cilindro de bloqueo del pistón de cierre, realizar lo siguiente:

- Extraer los tornillos y el anclaje que aseguran el cartucho.
- Retirar y desechar el cartucho vacío.
- Roscar un activador en un cartucho nuevo y apretar a mano.
- Insertar un destornillador a través del anillo del activador y apretar el activador hasta que se rompa el anillo.
- Agitar el cartucho hasta oír el ruido de la pastilla de gas en la cámara de activación. De este modo se asegura que el lubricante esté correctamente activado antes de usarlo.
- Llenar la manguera de lubricación con grasa para temperatura elevada.
- Retirar el tapón de salida negro del cartucho.

Figura 15. **Cartucho de lubricación automática**



Fuente: empresa de plásticos.

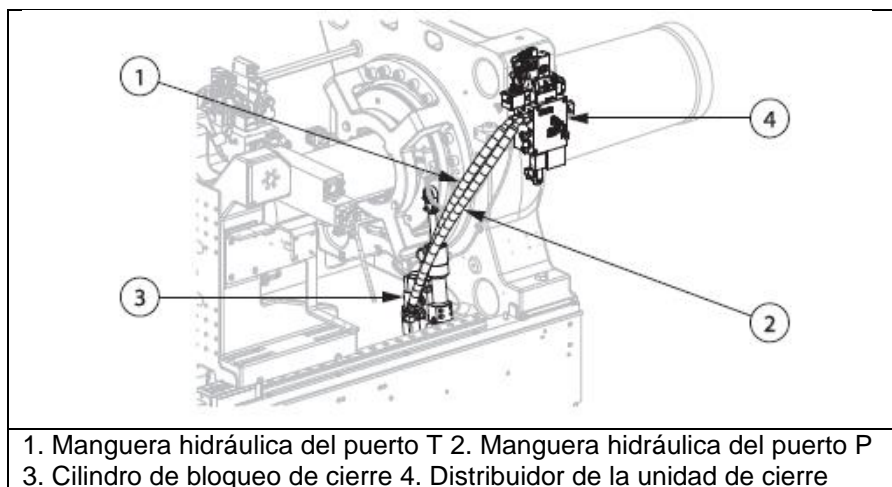
3.3.5. **Desmontaje/instalación del cilindro de bloqueo de cierre**

Para desmontar el cilindro de bloqueo de cierre, realizar lo siguiente:

- Abrir la puerta del lado opuesto al operador para acceder al cilindro de bloqueo de cierre.
- En la IHM: pulsar el pulsador selector de modo de máquina de la barra de herramientas y seleccionar el modo ajuste de molde.
- Mantener pulsada la tecla cerrar molde hasta que se cierre el molde.
- Bloquear y señalizar la máquina.
- Desconectar las mangueras hidráulicas de los puertos P y T del cilindro de bloqueo de cierre y el distribuidor de la unidad de cierre.

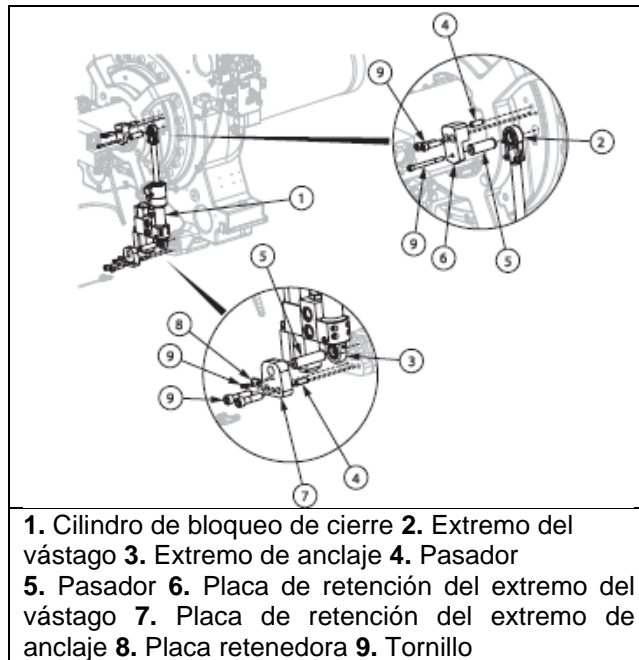
- Desconectar la manguera de engrase y el racor del cartucho de lubricación automática del extremo del vástago del cilindro de bloqueo de cierre.
- Desconectar la manguera de recuperación de aceite del cilindro de bloqueo de cierre.
- Desenchufar el conector eléctrico de la electroválvula.
- Sujetar el cilindro de bloqueo de cierre con un equipo de elevación adecuado.
- Desmontar los platos y los pasadores de retención en los extremos del vástago y de anclaje del cilindro de bloqueo de cierre.
- Utilizar el equipo de elevación para extraer el cilindro de bloqueo de cierre y colocarlo en un banco de trabajo.
- Desconectar el equipo de elevación del cilindro de bloqueo de cierre.
- Inspeccionar los pasadores para comprobar si presentan desgaste o daños. Reemplazar los pasadores si es necesario.

Figura 16. **Conjunto de mangueras hidráulicas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Conjunto de cilindro de bloqueo de cierre**

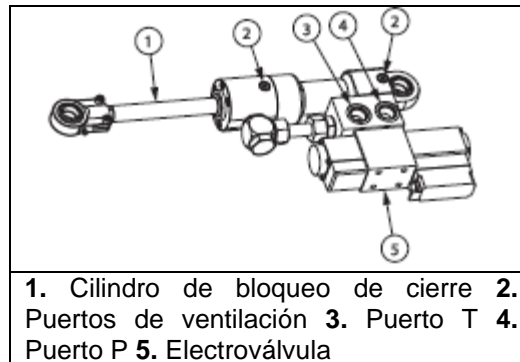


Fuente: elaboración propia.

3.3.6. **Desmontaje del cilindro de bloqueo de cierre**

- Desmontar los platos y los pasadores de retención en los extremos del vástago y de anclaje del cilindro de bloqueo de cierre.
- Utilizar el equipo de elevación para extraer el cilindro de bloqueo de cierre y colocarlo en un banco de trabajo.
- Desconectar el equipo de elevación del cilindro de bloqueo de cierre.
- Inspeccionar los pasadores para comprobar si presentan desgaste o daños. Reemplazar los pasadores, si es necesario.

Figura 18. **Conjunto de cilindro de bloqueo de cierre**



Fuente: elaboración propia.

3.3.7. **Instalación del cilindro de bloqueo de cierre**

Para instalar el cilindro de bloqueo en la unidad de cierre, realizar lo siguiente:

- En caso de instalar un cilindro de cierre usado previamente, ir al siguiente paso. En caso contrario, instalar la electroválvula del cilindro de bloqueo antiguo en el nuevo.
- Cebear el cilindro de bloqueo de cierre con aceite hidráulico y conectar las mangueras hidráulicas a los puertos T y P.
- Sujetar el cilindro de bloqueo de cierre con un equipo de elevación adecuado.
- Utilizar el equipo de elevación para colocar el cilindro de bloqueo en la unidad de cierre.
- Alinear el extremo de anclaje del cilindro de bloqueo de cierre con el orificio de la parte inferior de la fundición del cierre.

3.3.8. Cebado del cilindro de bloqueo de cierre

El cilindro de bloqueo de cierre debe cebarse con aceite hidráulico cada vez que se realice una de las siguientes operaciones:

- Sustituir el cilindro de bloqueo de cierre
- Desconectar la electroválvula
- La máquina permanezca inactiva durante más de 30 días

3.3.9. Cebado de las mangueras hidráulicas del cilindro de bloqueo de cierre

Las mangueras hidráulicas del cilindro de bloqueo de cierre deben cebarse con aceite hidráulico, cada vez que se desconecten.

- Comprobar que la manguera hidráulica no esté retorcida ni obstaculice a otros componentes.
- Con el kit de recipiente de aceite, llenar la manguera con aceite hidráulico.

Figura 19. **Llenado de las mangueras**



Kit de recipiente de aceite

Fuente: empresa de plásticos.

- Instalar la manguera hidráulica en el distribuidor de la unidad de cierre y apretar la conexión al par especificado.
- Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

3.4. Mantenimiento de la unidad de inyección

Se describe el mantenimiento de la unidad de inyección en los siguientes apartados 3,4,1 al 3,4,9 este se efectúa cada 3 000 horas de servicio.

3.4.1. Limpieza de la punta de la boquilla, del plato fijo y de la protección de purga

Para limpiar la punta de la boquilla, el plato fijo y la protección de purga, llevar a cabo los pasos siguientes:

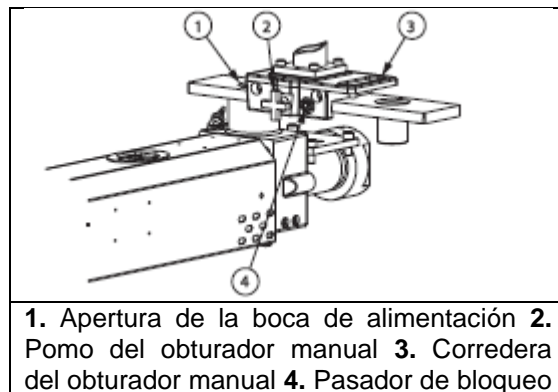
- En la IHM mantener pulsada la tecla retroceso de carro para alejar el carro de inyección de la unidad de cierre.
- Abrir la protección de purga.
- Con una herramienta de latón, limpiar con cuidado todo el material de proceso fundido o solidificado de la punta de la boquilla, del plato fijo y de la protección de purga.
- Cerrar la protección de purga.
- Mantener pulsada la tecla avance de carro hasta que la punta de la boquilla esté firmemente asentada contra el bebedero del molde.

3.4.2. Limpieza de la boca de alimentación

Para limpiar la boca de alimentación de material de proceso, realizar lo siguiente:

- Bloquear y señalizar la máquina.
- Aflojar el pomo del sistema de obturador manual.
- Tirar del pasador de detención y sujetarlo, y tirar de la corredera hacia uno mismo. Soltar e insertar el pasador de detención en la primera posición después de la boca de alimentación.
- Apretar el pomo.
- Mantener la cara apartada de la zona de la boca de alimentación y aspirar cualquier gránulo de material de proceso en la boca de alimentación.

Figura 20. **Limpieza de la boca de alimentación (típica)**



Fuente: elaboración propia.

3.4.3. **Inspección de la placa de retención de la camisa del husillo**

Para inspeccionar la placa de retención de la camisa del husillo, realizar lo siguiente: desmontar la placa de retención de la camisa del husillo de la unidad de inyección.

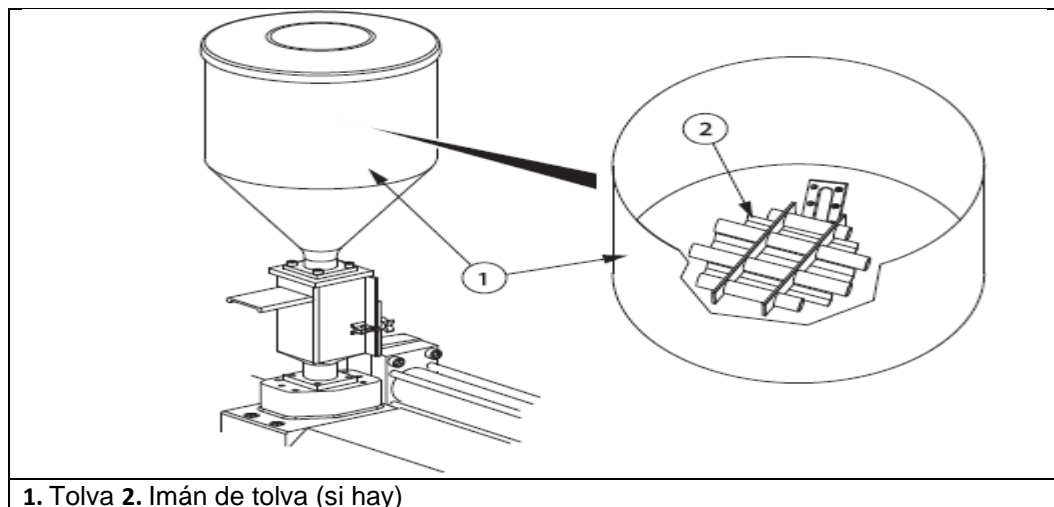
Comprobar si la placa de retención de la camisa del husillo presenta desgaste o daños por corrosión. Si se detecta un desgaste excesivo o daños por corrosión, desmontar la camisa del husillo y comprobar si la zona de asentamiento del alojamiento de la unidad de inyección presenta daños por corrosión. Sustituir todos los componentes dañados o desgastados.

3.4.4. Inspección y limpieza de la tolva

Para inspeccionar y limpiar la tolva, realizar lo siguiente:

- Retirar la tapa de la tolva y limpiar el interior de esta con un trapo limpio.
- Si la tolva está equipada con un imán opcional de tolva, retirar cualquier objeto metálico del imán y limpiar este con un trapo limpio.
- Volver a colocar el imán de la tolva e instalar la tapa.

Figura 21. Tolva con imán de tolva (típica)



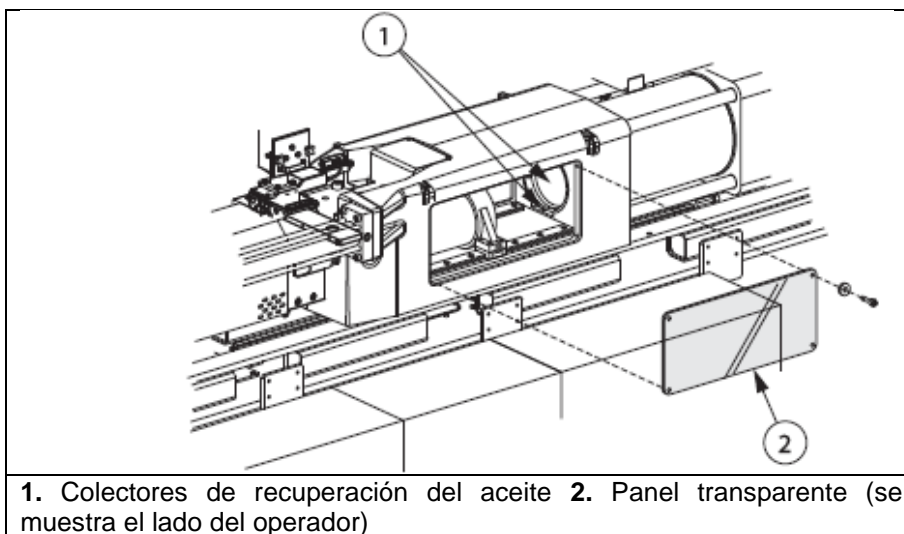
Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Inspección de los colectores de recuperación del aceite

Para inspeccionar la limpieza del colector de recuperación del aceite en la unidad de inyección, realizar lo siguiente:

- En la IHM: pulsar la tecla ciclo manual.
- Pulsar y mantener pulsada la tecla inyección hasta que el pistón de inyección esté totalmente hacia delante.
- Realizar una comprobación visual para ver si hay polvo, grasa o material de proceso en el colector de recuperación del aceite. Si fuera necesario, limpiar el colector de recuperación del aceite y realizar lo siguiente:
 - Bloquear y señalizar la máquina.
 - Desmontar el panel transparente desde un lado de la carcasa de fundición de la unidad de inyección.
 - Limpiar los colectores de recuperación del aceite y las zonas circundantes con un trapo limpio y una solución de limpieza compuesta de un 70 % de alcohol desnaturalizado y un 30 % de agua.
 - Instalar la cubierta transparente.

Figura 22. **Acceso a los colectores de recuperación del aceite (de RS45/45 a RS80/80)**



Fuente: elaboración propia.

3.4.6. Comprobación del nivel de aceite de la caja de engranajes

Para comprobar el nivel de aceite de la caja de engranajes, examinar la mirilla en el lado del operador de la caja de engranajes. El nivel de aceite debe encontrarse en la marca superior de la mirilla.

3.4.7. Sustitución de la caja de engranajes

El siguiente procedimiento describe cómo vaciar y llenar de aceite la caja de engranajes.

3.4.8. Vaciado de la caja de engranajes

Para vaciar el aceite de la caja de engranajes, realizar lo siguiente:

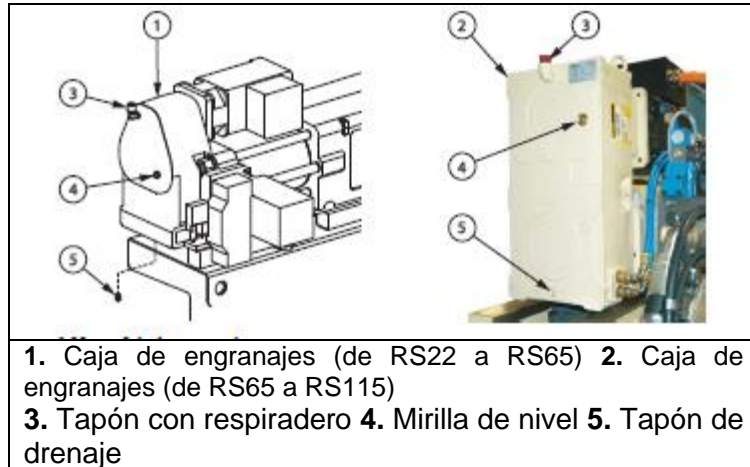
- Limpiar las zonas alrededor del tapón con respiradero, el tapón de rebose y el tapón de drenaje.
- Retirar el tapón con respiradero.
- Colocar un recipiente debajo de la caja de engranajes que pueda contener todo el volumen de aceite de la caja de engranajes.
- Quitar el tapón de drenaje y dejar que la caja de engranajes se vacíe completamente en el recipiente.
- Instalar el tapón de drenaje.

3.4.9. Llenado de la caja de engranajes con aceite

Para llenar la caja de engranajes con aceite, realizar lo siguiente:

- Bloquear y señalizar la máquina.
- Asegurarse de que el tapón de drenaje esté instalado.
- Añadir aceite a través del tapón con respiradero hasta que el nivel llegue al centro de la mirilla.

Figura 23. **Caja de engranajes**



Fuente: empresa de plásticos.

4. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

4.1. Formulario para el proceso de inyección

Para el proceso de producción hay que tener especificaciones técnicas para los procesos.

4.1.1. Orden de elaboración y especificación del producto

Previo a realizar un orden de producción se deben tener especificaciones del producto para calibrar y supervisar que la máquina se encuentre en buenas condiciones.

4.1.2. Informe de producción y materia prima utilizada

Se debe reportar la materia prima utilizada para establecer si no genera falla en los equipos.

4.2. Condiciones generales para el funcionamiento de la máquina y el mantenimiento seguro

Se describen las condiciones generales para el funcionamiento de la máquina.

4.2.1. Pautas de seguridad

El personal que trabaje, instale y realice el mantenimiento o la reparación del equipo debe cumplir las prácticas de trabajo seguro de conformidad con las siguientes pautas:

- Usar una escalera o plataforma adecuada para acceder a las distintas departamentos de la máquina.
- Bloquear y señalizar las fuentes de energía eléctrica, neumática e hidráulica antes de realizar el mantenimiento de la máquina o de acceder al departamento de moldeo.
- Despresurizar el sistema hidráulico con la válvula de descarga manual y los circuitos hidráulicos individuales mediante un kit de muestreo de aceite antes de realizar el mantenimiento de cualquier componente hidráulico.
- No subirse al equipo mientras la máquina esté en funcionamiento.
- No poner en marcha la máquina a menos que todas las protecciones de seguridad estén colocadas.

4.2.2. Peligros para la seguridad

Algunos de los peligros normales para la seguridad, asociados con equipos de moldeo por inyección son:

4.2.2.1. Peligros mecánicos

Las mangueras para el agua de refrigeración se degradan con el tiempo y deben ser reemplazadas anualmente. Las mangueras para el agua de refrigeración que pasan cerca de la camisa del husillo están expuestas a altas

temperaturas que acortan su vida útil y pueden requerir su sustitución con más frecuencia. Las mangueras degradadas se vuelven frágiles y pueden romperse o separarse del racor cuando son manipuladas.

Inspeccionar las mangueras regularmente y cambiarlas cuando sea necesario para minimizar los riesgos de fallo.

Esperar hasta que la máquina se haya enfriado antes de efectuar cualquier reparación en las mangueras para el agua de refrigeración.

4.2.2.2. Peligros de fuga de alta presión

Las conexiones de las mangueras flexibles y de las tuberías de los sistemas hidráulicos deben estar apretadas correctamente para prevenir las fugas de fluidos o gases bajo presión. Las mangueras deben ser inspeccionadas periódicamente en busca de gotas de fluido o ampollas. Los tubos de acero deberán ser comprobados mediante la utilización de un tinte de impregnación.

4.2.2.3. Peligro de quemaduras

Los elementos calefactores del departamento de moldeo, del equipo auxiliar de moldeo y de la unidad de inyección tienen numerosas superficies a alta temperatura. A las temperaturas normales de trabajo, el contacto con esas superficies causará quemaduras graves en la piel. Esos departamentos están claramente marcadas con señalizaciones de seguridad. Llevar puesto el equipo de protección individual cuando se trabaje en esas departamentos.







- Material fundido
 - No tocar nunca material de proceso purgado o de cualquier otra clase que fluya por la boquilla, el molde o el canal caliente, ni el material del departamento de la boca de alimentación.
 - Los materiales fundidos pueden parecer fríos en la superficie, pero permanecen muy calientes en el interior. Llevar el equipo de protección individual cuando se manipule material purgado.

4.2.3. Señalización de seguridad


Las señalizaciones de seguridad se utilizan para marcar departamentos potencialmente peligrosas alrededor de los equipos. Para garantizar la seguridad del personal relacionado con la instalación, funcionamiento y mantenimiento del equipo, aplicar las siguientes recomendaciones:

- Comprobar que todas las señales estén en los lugares adecuados. Consultar los detalles en el paquete de planos.
- No modificar las señalizaciones.
- Mantener las señalizaciones limpias y visibles.
- Solicitar señales de repuesto cuando sea necesario. Consultar los números de referencia en el paquete de planos.
- Las señalizaciones de seguridad pueden incluir una explicación detallada del peligro potencial y de las consecuencias asociadas.
- En las señalizaciones de seguridad pueden aparecer los símbolos que se muestran en la figura 24.

Figura 24. Señalización de seguridad

Símbolo de seguridad	Descripción general del símbolo
	<p>Generalidades</p> <p>Este símbolo indica un peligro potencial de lesiones para las personas. Normalmente está acompañado con otro pictograma o texto para describir el peligro.</p>
	<p>Tensión peligrosa</p> <p>Este símbolo indica un peligro potencial de descarga eléctrica que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>
	<p>Material fundido y/o gas a alta presión</p> <p>Este símbolo indica la presencia de material fundido o de gas a alta presión que puede causar la muerte o quemaduras graves.</p>
	<p>Bloqueo/señalización</p> <p>Este símbolo identifica una fuente de energía (eléctrica, hidráulica o neumática) que debe desactivarse antes de realizar el mantenimiento.</p>
	<p>Aplastamiento y/o puntos de impacto</p> <p>Este símbolo indica una zona de riesgo de aplastamiento o de impacto que puede causar lesiones graves por aplastamiento.</p>
	<p>Presión elevada</p> <p>Este símbolo indica peligro por agua o vapor caliente que puede causar quemaduras graves.</p>

Continuación de la figura 24.

Símbolo de seguridad	Descripción general del símbolo
	<p>Acumulador de alta presión</p> <p>Este símbolo indica la liberación súbita de gas o aceite a alta presión que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>
	<p>Superficies calientes</p> <p>Este símbolo identifica la presencia de superficies calientes al descubierto que pueden causar quemaduras graves.</p>
	<p>Peligro de resbalones, tropiezos o caídas</p> <p>Este símbolo indica peligro de resbalones, tropiezos o caídas que pueden causar lesiones.</p>
	<p>Peligro de aplastamiento</p> <p>Este símbolo indica peligro de aplastamiento en la boca del husillo, lo que puede causar lesiones graves.</p>
	<p>Leer el manual antes de poner la máquina en funcionamiento</p> <p>Este símbolo indica que el personal cualificado debe leer y entender todas las instrucciones del manual antes de trabajar en el equipo.</p>
	<p>Rayo láser clase 2</p> <p>Este símbolo indica peligro de rayo láser que puede provocar lesiones graves a causa de una exposición prolongada.</p>
	<p>Toma de tierra de la cubierta de la camisa del husillo</p> <p>Este símbolo indica peligro por electricidad relacionado con el cable de tierra de la tapa de la camisa del husillo que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>

Fuente: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. NTP 188: *Señales de seguridad para centros y locales de trabajo*. https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_188.pdf/091b1ef7-bf72-42aa-8e8a-88991c7b91c0. Consulta: 10 de mayo de 2020.

4.2.4. Protección y bloqueos de seguridad

Las protecciones se colocan cuando hay un peligro. Existen dos tipos de protecciones: móviles y fijas.

Las protecciones móviles disponen de bloqueos de seguridad para detener movimientos peligrosos cuando se mueven o retiran las protecciones.

Las protecciones fijas no tienen bloqueos de seguridad. Estas deben estar instaladas y completamente aseguradas en cualquier momento en el que se aplica tensión a la máquina.

4.3. Diseño de programa de capacitaciones

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

4.3.1. Análisis de las necesidades

Para el plan de capacitación para los operadores que utilizan las máquinas de extrusión, se presentan para la maquinaria de extrusión en la tabla VIII y de la maquinaria de inyección en la tabla IX.

Tabla VIII. **Plan de capacitación maquinaria de extrusión**

Objetivo	Conocer los fundamentos del proceso de extrusión de termoplásticos, el impacto que tienen los herramientas y las instalaciones y cómo influyen las variables en las características y propiedades de los productos terminados.
Dirigido a:	gerentes de producción, jefes de departamento, operarios
Temario	
Módulo 1: Fundamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Peso molecular • Índice de fluidez • Materiales amorfos y cristalinos • Temperaturas de fusión y de transición vítrea
Módulo 2: Máquina extrusora	<ul style="list-style-type: none"> • Principales partes de la extrusora • Plato rompedor y conjunto de mallas • Sistema de calentamiento • Sistema de enfriamiento • Capacidad de una extrusora • Tipo de extrusora • Teoría de extrusión • Cabezal, herramientas, equipos complementarios <ul style="list-style-type: none"> ○ Cabezal e hilera: características fundamentales. ○ Inestabilidad e hinchamiento a la salida de la hilera ○ Gradiente de presiones.
Módulo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Principales procesos de extrusión: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fabricación de compuestos ○ Fabricación de tubería rígida, flexible y corrugada ○ Extrusión de perfiles ○ Extrusión de lámina ○ Extrusión de película soplado ○ Recubrimientos ○ Coextrusión

Fuente: elaboración propia.

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

Objetivo	Formar personal técnico especializado en el moldeo por inyección de materiales termoplásticos, desarrollando las habilidades, competencias, experiencias y conocimientos necesarios para participar, proactivamente en la operación y con la sensibilidad para tomar decisiones que incrementen la competitividad de las empresas transformadoras del plástico.
Dirigido a:	gerentes de producción, jefes de departamento, operarios
Temario	
Módulo 1: Materiales polímeros	<ul style="list-style-type: none"> • Principios y generalidades del termoformado • Polietileno PE • Polipropileno PP • Poliamidas • Acrilonitrilo butadieno estireno ABS • Plásticos de ingeniería
Módulo 2: Máquinas de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Principales de la máquina de inyección • Unidad de cierre • Unidad de inyección • Unidad de control
Módulo 3: Proceso de molde por inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Generalidades del proceso de inyección • Ciclo de inyección • Almacenamiento de datos de piezas inyectadas <i>checklist</i> /hojas de trabajo • Mantenimiento de la unidad de cierre • Sistemas mecánicos • Sistemas electromecánicos e hidráulicos • Ajuste del cierre • Columnas • Placas • Mantenimiento preventivo de la máquina de inyección
Módulo 4: Parámetros de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización del ciclo de inyección • Selección de la inyectora • Cálculo del tamaño de disparo • Ajustes de proceso
Módulo 5: Moldes de inyección	<ul style="list-style-type: none"> • Función del moldeo • Diseño básico • Componentes del molde • Arreglos para multicavidades • Sistema de enfriamiento en el molde • Colada caliente • Montaje y desmontaje de un molde • Almacenamiento y mantenimiento preventivo

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Inducción para el personal de nuevo ingreso

El Departamento de Recursos Humanos capacitará a todo empleado que ingrese a la empresa, dar a conocer el reglamento de la misma, normas a seguir en cada departamento de trabajo, presentación de prestaciones que ofrece a sus colaboradores, entre otros.

4.3.3. Actualización del personal contratado

El personal que ya está laborando, realizar una evaluación de desempeño en cada puesto asignado para determinar la productividad de las operaciones, así como la capacitación constante con base en las necesidades del puesto de trabajo y perfil seleccionado.

CONCLUSIONES

1. Los planes de mantenimiento preventivos por medio de cronogramas y procedimientos documentados, tiene como objetivo evitar el mantenimiento correctivo, lo que se traduce en una línea de producción eficiente.
2. El mantenimiento preventivo, mediante la estandarización de los procedimientos, disminuirá los tiempos de reparación y los paros en maquinaria, ya que con un control de las fallas existentes se puede determinar si la máquina está en condiciones de operar o se necesita un cambio de la misma.
3. Al dividir la planta en diferentes departamentos, denominadas ubicaciones técnicas, se pueden identificar con mayor facilidad máquinas y equipos, por medio de códigos establecidos para ello, permitiendo, además, destinar recursos y llevar un control más expedito de todos los movimientos y trabajos efectuados en dichas departamentos.
4. El plan de capacitaciones será una herramienta clave para que la propuesta funcione, ya que el mayor cambio que se da en la estructura está enfocado al recurso humano, será esencial lograr que el trabajador se identifique y se comprometa con los objetivos de la organización.

RECOMENDACIONES

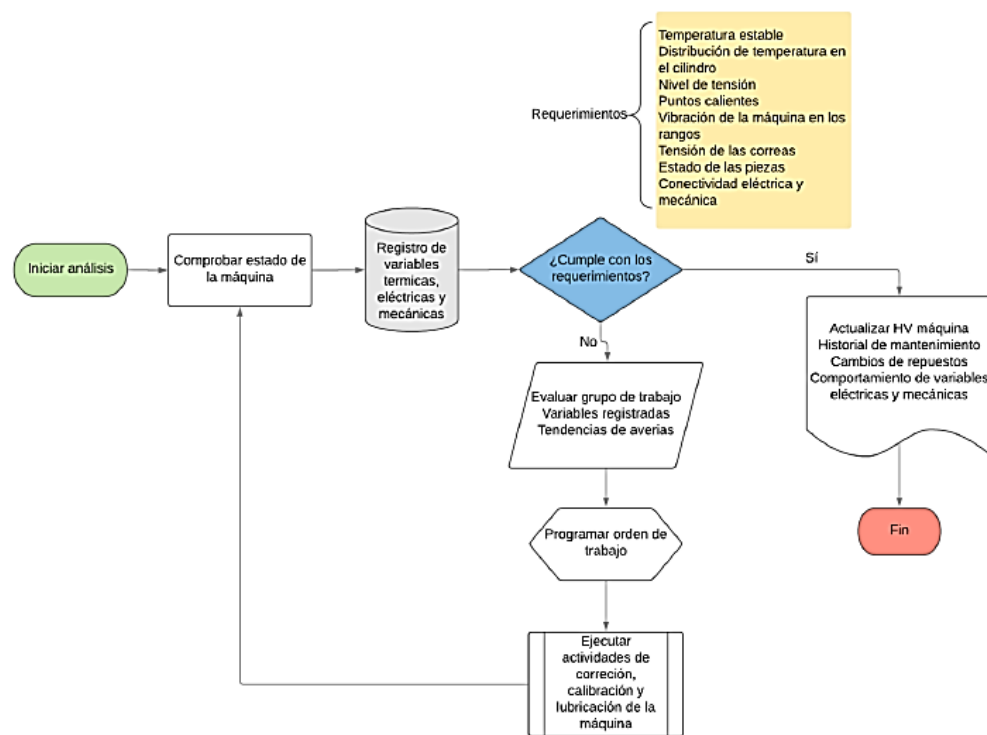
1. Dar importancia a las operaciones relacionadas con los inventarios, implementando un control computarizado que permita llevar cuenta de cada uno de los artículos que integran el inventario con sus diferentes características y llevar a cabo el levantamiento de inventario físico cada mes.
2. Incrementar la productividad por medio de procedimientos desarrollados para el ingreso y egreso del producto, ya que son métodos que deben mantenerse durante las operaciones y bajo supervisión del jefe de bodega para su cumplimiento.
3. Comunicar y explicar los procedimientos a los trabajadores que operan las máquinas, a través de capacitaciones impartidas por el supervisor de turno a su grupo de trabajo.
4. Crear programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la vida útil de la maquinaria y equipo, y de esta forma minimizar los costos de operación, evitando paros imprevistos en la producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo ingeniería de métodos*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
1. _____. *Estudio del trabajo medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 459 p.
2. GRIMALDI, John; ROLLIN, Simonds. *La seguridad industrial*. 2a ed. México: Alfaomega, 1991. 751 p.
3. MARTÍNEZ VARGAS, Karla Lisbeth. *Reorganización del proceso de producción de la empresa TANPORT S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2001. 2 010 p.
4. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. NTP 188: *Señales de seguridad para centros y locales de trabajo*. [en línea]. <https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_188.pdf/091b1ef7-bf72-42aa-8e8a-88991c7b91c0>. [Consulta: 10 de mayo de 2020].
5. NIEBEL, Benjamín, FREIVALDS Andris. *Ingeniería industrial*. 10a ed. México. Alfaomega. 2001. 614 p.

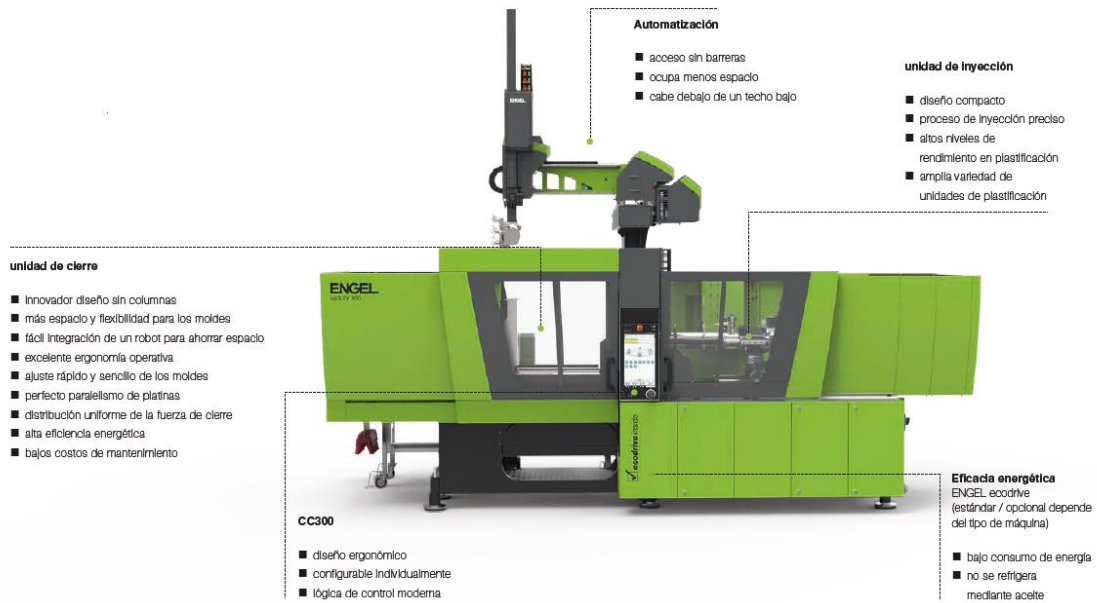
APÉNDICES

Apéndice 1. **Diagrama del proceso de mantenimiento de una extrusora de plástico**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Máquina Engel



Fuente: elaboración propia, con información de la empresa de plásticos.