



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA  
UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE  
BOLSAS PLÁSTICAS**

**José Alejandro Sánchez López**

Asesorado por el MSc. Ing. José Manuel Tobar Reyes

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA  
UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE  
BOLSAS PLÁSTICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ALEJANDRO SÁNCHEZ LÓPEZ**

ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSÉ MANUEL TOBAR REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOLSAS PLÁSTICAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de junio de 2019.

  
**José Alejandro Sánchez López**

Ref. EEPFI-433-2019  
Guatemala, 04 de julio de 2019

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Uriquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **José Alejandro Sánchez López** carné número 999001393, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

Atentamente

**JOSÉ MANUEL TOBAR REYES**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 12396

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Ing. José Manuel Tobar Reyes  
Asesor

Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado





Ref.E.I.M.192.2019

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 y con la aprobación del Coordinador del Área de Gestión y Servicios de la Escuela de Estudios de Postgrado, modalidad Pregrado-Postgrado de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001-2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOLSAS PLÁSTICAS** del estudiante **José Alejandro Sánchez López**, CUI **2610927580101** y Registro Académico No. **200611162** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ingr. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio 2019  
/aej



DTG. 413.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOLSAS PLÁSTICAS**, presentado por el estudiante universitario: **José Alejandro Sánchez López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, septiembre de 2019

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por iluminar mi camino y guiarme hasta el día de hoy.
<b>Mi esposa</b>	Evelyn Lissette Figueroa, por su ayuda incondicional y sus buenos consejos.
<b>Mis hijos</b>	Hugo, Claudia e Isabel Sánchez Figueroa, por ser la inspiración y la razón de mis objetivos.
<b>Mis abuelas</b>	Elizabeth Callejas y María Victoria Sánchez, por haber logrado en mí un hombre de bien gracias a su cuidado y amor.
<b>Mis abuelos</b>	José Luis Lopez y Víctor Hugo Sánchez, los buenos recuerdos que dejaron en mi corazón aun dan frutos hasta el día de hoy, este triunfo es de ustedes.
<b>Mi madre</b>	Por estar pendiente de mí y por todo su apoyo.
<b>Mi primo</b>	Josué Morales, por todo su apoyo y amistad incondicional.
<b>Mi familia</b>	Hermanos, tíos, tías, primos que representan parte importante de mi vida.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por permitirme alcanzar esta meta.

**Facultad de Ingeniería**

Por todas las enseñanzas que me formaron como profesional.

**Mis amigos de  
la Facultad**

Por todos los gratos momentos compartidos y el tiempo de estudio que dedicamos.

**Ing. José Tobar**

Por brindarme su asesoría y respaldo durante la realización de este trabajo de graduación.

**Ing. Hugo Rivera**

Por brindarme su apoyo, guía y enseñanza durante la realización de este trabajo.

**Mis compañeros  
de la Maestría en  
Gestión Industrial**

Por el gran trabajo en equipo y todo el tiempo que han invertido en ayudarme.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Descripción del problema .....	9
3.2. Formulación del problema .....	10
3.3. Delimitación del problema .....	11
3.4. Viabilidad.....	11
3.5. Consecuencias de la ejecución de la investigación .....	11
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	15
5.1. Objetivo general .....	15
5.2. Objetivos específicos.....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1.	La industria del plástico.....	19
7.2.	Tipos de polímeros.....	19
7.2.1.	Naturales.....	19
7.2.2.	Sintéticos.....	20
7.2.3.	Semisintéticos o regenerados .....	20
7.3.	Termoplásticos y termoestables.....	20
7.4.	Propiedades de los plásticos.....	21
7.4.1.	Identificación de polímeros.....	21
7.4.1.1.	Prueba de verificación para plásticos comunes.....	21
7.4.2.	Propiedades físicas .....	22
7.4.2.1.	Densidad .....	23
7.4.2.2.	Tamaño de partícula .....	23
7.4.3.	Propiedades mecánicas .....	23
7.4.3.1.	Estrés y deformación.....	24
7.4.3.2.	Resistencia a la fricción y desgaste .....	24
7.4.4.	Reología de polímeros .....	25
7.4.5.	Comportamiento térmico de los plásticos.....	25
7.4.5.1.	Calor específico.....	25
7.4.5.2.	Temperaturas de trabajo .....	26
7.4.5.3.	Conductividad térmica.....	26
7.5.	Procesamiento del plástico .....	26
7.5.1.	Moldeado por inyección .....	27
7.5.2.	Moldeado por soplado.....	27
7.5.3.	Extrusión .....	28
7.5.3.1.	Extrusora de tornillo simple .....	28
7.6.	Reciclaje del plástico.....	29
7.6.1.	Materiales plásticos de reciclaje.....	30

7.6.2.	Reciclaje mecánico de plásticos .....	30
7.6.2.1.	Almacenaje y clasificación .....	31
7.6.2.2.	Trituración.....	31
7.6.2.3.	Lavado.....	31
7.6.2.4.	Reproceso .....	32
7.6.3.	Impacto del reciclaje de los plásticos.....	32
7.7.	Mantenimiento industrial.....	32
7.8.	Objetivos de la gestión del mantenimiento .....	33
7.9.	<i>Benchmarking</i> y evaluación del estado actual.....	33
7.10.	Sistemas de gestión del mantenimiento .....	34
7.10.1.	Los tres M en los sistemas de gestión.....	34
7.10.1.1.	Mano de obra.....	35
7.10.1.2.	Máquina.....	35
7.10.1.3.	Métodos.....	35
7.11.	Análisis de causa raíz.....	35
7.12.	Mantenimiento basado en tiempo de vida de equipo .....	36
7.13.	Mejora continua .....	38
7.14.	Tipos de mantenimiento .....	38
7.14.1.	Mantenimiento correctivo.....	39
7.14.2.	Mantenimiento preventivo.....	39
7.14.3.	Mantenimiento predictivo .....	41
7.14.4.	Mantenimiento proactivo.....	42
7.15.	Flujo de trabajo en mantenimiento .....	42
7.15.1.	Revisión de las solicitudes de trabajo.....	44
7.15.2.	Desarrollo de un plan de actividades.....	44
7.15.3.	Compra de repuestos y materiales .....	46
7.15.4.	Programación de trabajo .....	46
7.15.4.1.	Priorización de órdenes de trabajo .....	46
7.15.4.2.	Reuniones programadas .....	47



7.15.5.	Preparación de equipo .....	48
7.15.6.	Seguridad industrial.....	48
7.15.6.1.	Seguridad en la maquinaria.....	48
7.15.6.2.	Bloqueo y etiquetado de equipo .....	49
7.15.7.	Ejecución de trabajo .....	49
7.15.8.	Actualizar bases de datos .....	49
7.16.	Estrategias de mantenimiento.....	50
7.16.1.	Optimización de la planificación del mantenimiento.....	52
7.16.2.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad .....	52
7.16.3.	Análisis de fallas y sus efectos.....	52
7.16.4.	Eliminación de defectos.....	53
7.17.	Calidad.....	53
7.18.	¿Qué es la calidad? .....	54
7.19.	Generalidades de la norma ISO 9001 .....	54
7.20.	Los 7 principios de la gestión de la calidad y planear-hacer- verificar-actuar .....	55
7.20.1.	Enfoque en el cliente.....	55
7.20.2.	Liderazgo.....	55
7.20.3.	Compromiso .....	56
7.20.4.	Enfoque al proceso .....	56
7.20.5.	Mejoras.....	56
7.20.6.	Enfoque en decisiones basadas en evidencia.....	56
7.20.7.	Relación con el cliente .....	57
7.20.8.	Planear, hacer, verificar y actuar .....	57
7.21.	Planificación de la calidad .....	58
7.22.	Sistemas de muestreo.....	59
7.23.	Diseño del sistema de gestión de calidad .....	59
7.23.1.	Gestión de calidad para materias primas .....	59

7.23.2.	Gestión de calidad de procesos.....	60
7.23.2.1.	Variables a ser controladas en el proceso de extrusión .....	61
7.23.3.	Gestión de calidad de operaciones.....	61
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	63
9.	METODOLOGÍA.....	67
9.1.	Enfoque .....	67
9.2.	Diseño .....	67
9.3.	Tipo .....	67
9.4.	Alcance.....	68
9.5.	Unidad de análisis .....	68
9.6.	Fases.....	68
9.7.	Variables e Indicadores .....	70
9.8.	Resultados esperados .....	70
9.9.	Población y muestra .....	72
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	73
11.	CRONOGRAMA.....	75
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO .....	77
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
14.	APÉNDICES.....	85



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	18
2.	Determinación de tipo de plástico .....	22
3.	Inyector de plástico .....	27
4.	Extrusora de tornillo simple .....	29
5.	Tipos de plástico, reciclaje y aplicaciones.....	30
6.	Tiempo de vida útil de equipo .....	37
7.	Jerarquía de tipos de mantenimiento .....	38
8.	Flujo de trabajo de mantenimiento .....	43
9.	Plan de actividades .....	45
10.	Flujo de trabajo de mantenimiento .....	51
11.	Ciclo PHVA .....	58
12.	Pruebas desarrolladas en materias primas .....	60
13.	Cronograma de actividades .....	75

### TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	70
II.	Ecuación para determinar muestra .....	72
III.	Costos de la investigación.....	77





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b><math>\Delta L</math></b>	Cambio de longitud
<b><math>\text{cm}^3</math></b>	Centímetro cúbico
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b>g</b>	Gramo
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>MPa</b>	Mega pascales
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PS</b>	Poliestireno



## GLOSARIO

<b>Calidad</b>	Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.
<b>Mantenimiento</b>	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
<b>MFI</b>	Índice de flujo de fusión.
<b>Norma ISO</b>	Sigla de la expresión en inglés International Organization for Standardization, Organización Internacional de Estandarización, sistema de normalización internacional para productos de áreas diversas.
<b>Polímero</b>	Sustancia química que resulta de un proceso de polimerización.





## **RESUMEN**

En el desarrollo de una nueva empresa se encuentran diversos problemas que deberían llamar especialmente la atención, tales como la gestión de la calidad y la gestión del mantenimiento de maquinaria. El presente trabajo se desarrollará en una empresa recién emprendida, que se dedica a la elaboración de bolsas plásticas a partir de la mezcla de material virgen y reciclado.

A través de la utilización de un sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015 se buscará mejorar el mantenimiento de maquinaria y reducir los defectos producidos por las fallas en los equipos de producción.

El desarrollo de la investigación será mixto, analizando las variables cuantitativas de los procesos de producción que establezcan e identifiquen los defectos que afectan la expectativa de la calidad de los clientes en el producto final. A su vez, la recopilación y el análisis de datos permitirán verificar la relación directa que sostiene el mantenimiento con los defectos en los productos.

Los datos recolectados establecerán las pautas a seguir para hacer un análisis correcto de la línea de producción, dicho análisis será respaldado por medio de herramientas de gestión de calidad, que establezcan las causas principales de los defectos de producción, de esta manera se podrán tomar acciones para la mitigación de los mismos.

Se espera que con los resultados obtenidos se logre proyectar los beneficios que se obtendrán al desarrollar la gestión del mantenimiento con la

utilización de la ISO 9001:2015 y que dichos resultados también se reflejen en producción.

# 1. INTRODUCCIÓN

El segmento de la industria guatemalteca que se dedica al emprendimiento va en aumento, las oportunidades de negocio son variadas y se desarrollan en diferentes especialidades, tal es el caso de la industria de elaboración de productos plásticos.

Los retos a afrontar son variados, la competitividad, la correcta gestión de recursos económicos, la gestión de recurso humano, entre otros, comprenden un campo de estudio diferente que es necesario explorar para ser exitosos en el emprendimiento; así pues, es de especial relevancia para el gremio de ingeniería el estudio de la gestión de la calidad y del mantenimiento industrial.

La investigación que se presenta a continuación se ejecutó en una empresa recién instaurada, ubicada en el municipio de Mixco de la ciudad de Guatemala. La institución ha tomado la decisión de elaborar productos plásticos, específicamente bolsas de polietileno de alta densidad, con diferentes tipos de presentaciones

Se tomó la decisión de iniciar labores únicamente controlando los gastos realizados y la utilidad, sin embargo, al transcurrir los primeros meses de trabajo se hizo evidente que era necesaria la instauración de controles más estrictos en las actividades de la institución, ya que estaban teniendo fallas constantes en su equipo de producción y a su vez defectos, como la falta de resistencia en las bolsas.

Es importante establecer las bases que permitirán a la empresa establecer la correcta gestión del mantenimiento, en conjunto con la utilización de la norma ISO 9001:2015. A través de esta herramienta de gestión se espera que se obtengan los resultados deseados. Al identificar las fallas que son causa de un pobre mantenimiento en los equipos de producción, se podrán determinar los elementos críticos que deben mejorarse, tanto en la gestión del mantenimiento, como en la calidad. También se espera que los beneficios alcanzados se reflejen en la satisfacción al cliente, tanto interno como externo.

Como se podrá determinar en la lectura de la investigación, el enfoque es mixto, se estarán evaluando variables cuantitativas y cualitativas. Cada una de las variables ayudará a lograr los objetivos planteados en el estudio.

La metodología se ha desarrollado en cuatro fases:

La primera desarrollará el marco de trabajo contextual, con el objetivo de establecer los lineamientos teóricos a seguir para alcanzar las metas establecidas.

En la segunda fase se realizará la observación de campo para definir los defectos, por medio de la toma de muestras, para realizar el análisis de los datos recopilados. También se establecerán los valores aceptables de defectos en productos debido a fallas por medio de herramientas de estadística descriptiva.

Para establecer los elementos críticos que deberán mejorarse en la calidad y en el mantenimiento –fase 3 de la investigación–, se analizarán los resultados de la fase anterior por medio de diagramas de dispersión y diagramas causa-efecto. Esto tendrá como objetivo establecer los planes de

acción de cada elemento crítico y determinar un orden de prioridad para cada uno.

La última fase comprenderá una encuesta, con el fin de determinar la satisfacción del cliente interno y externo. También se integrará toda la información que refleje los beneficios obtenidos debido al estudio.

Para establecer los lineamientos referentes a la calidad se estará tomando como base el modelo de gestión ISO 9001:2015, la gestión del mantenimiento dependerá de las necesidades que se observen en el estudio de campo inicial.

La organización está dispuesta a proporcionar todos los recursos que estén al alcance de su mano para la realización de esta investigación, esto hace que sea totalmente factible la ejecución de todas las fases del estudio.

El primer capítulo corresponde al desarrollo del marco teórico, se revisarán los aspectos teóricos de los temas principales, como la calidad, el mantenimiento y la industria del plástico.

El segundo capítulo contendrá los resultados obtenidos de la investigación, esto definirá cual es el estado actual de la empresa, que definirá el camino a seguir para alcanzar los objetivos consiguientes.

En cuanto al tercer capítulo, consistirá en la discusión de los resultados y cómo los beneficios adquiridos han tenido impacto positivo en la empresa.



## 2. ANTECEDENTES

Es de conocimiento general que existen métodos que ayudan a identificar los problemas dentro de la gestión en las empresas o industrias. Según Kathleen, Roger y Kristy (2001) los métodos Just in Time (Justo a Tiempo) y el método Total Quality Management (Gestión de la Calidad Total), han tenido un papel muy importante dentro del desempeño de la fabricación de productos en la industria. Dichos métodos contemplan dentro de sus directrices el compromiso total del personal para lograr un objetivo en común. El estudio anterior identifica el estado del arte de los temas relacionados con la investigación, esto ayudará a tener una referencia sobre el estado más alto que la empresa debería proyectarse a largo plazo.

Muchos estudios consideran únicamente los aspectos técnicos, relacionados con la gestión de la calidad, pero también deberán considerarse los aspectos que contemplan el comportamiento de los trabajadores, tal y como lo mencionan Young, Joo y Kevin (2017): “para mejorar el desempeño de la calidad es necesario entender la relación que existe entre las practicas orientadas hacia el comportamiento y hacia lo técnico” (p. 14). Este estudio justifica la necesidad de realizar la investigación sobre la relación entre la gestión de calidad y mantenimiento, ya que de no contar con la correcta gestión de los procesos esenciales de la empresa, se corre el riesgo de fracasar en la industria.

Según mencionan Sanjay y Paul (2000) citando a Hill (1994): “la literatura de estrategias de manufactura ha confirmado que la calidad del producto es una de las mayores prioridades competitivas para poder competir con ventaja de



manera sostenible” (p. 4). Esto establece la importancia que tiene el estudio para ser competitivos en el mercado, de esta manera se producirán artículos de excelente calidad, bajo estándares que aplican internacionalmente.

Otro aspecto a contemplar dentro del contexto de la industria es el mantenimiento del equipo o maquinaria de producción. Estos elementos son claves para el desarrollo correcto del producto y la medición de los tiempos de producción, uno de los métodos mas utilizados a nivel mundial por compañías reconocidas como de clase mundial es el método Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance, TPM). “Las compañías que han implementado el TPM no solo serán capaces de mejorar sus prácticas de mantenimiento, también mejorarán el desempeño de la fabricación de sus productos” (Kathleen, et al., 2001, p. 12). El anterior estudio ayuda a ejemplificar la importancia que tiene la gestión correcta del mantenimiento, ya que el correcto manejo de este programa lleva implícito el éxito relacionado con la elaboración de productos de calidad.

Las ventajas competitivas que proporcionarán estos métodos de control de la producción son sin duda una necesidad en el mercado de hoy en día, sin embargo, pocos estudios han visto la relación que tienen los métodos del TPM y el TQM.

Según Tiong, Norhayati & Muhamad (2012): “para mejorar de manera constante el desempeño de la calidad, el sistema de gestión de la calidad debe tener el mantenimiento apropiado” p. 7, las compañías deben estar comprometidas a unificar dichos métodos para que los resultados sean de beneficio para la empresa y para los trabajadores. Esta investigación, relacionada con estudios efectuados con anterioridad, da argumentos que

motivan a ampliar al tema de investigación y ayudarán a establecer los objetivos.

Estudios modernos indican que las pequeñas empresas tienen gran potencial para ser utilizadas como medio de prueba para nuevos sistemas de calidad que contemplen diferentes métodos de acercamiento para la resolución de problemas, según mencionan Anders, Bjarne, Henrik & Ida (2018): “la investigación de la gestión de la calidad, en pequeñas y medianas empresas, demuestra que es más sencillo encontrar maneras de combinar la estandarización y la innovación” (p. 12). Este antecedente en particular establece los lineamientos que ayudarán a demostrar que la combinación de la gestión de la calidad y el mantenimiento darán resultados favorables para la empresa.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Una empresa de elaboración de bolsas plásticas, ubicada en el municipio de Mixco de la ciudad de Guatemala, tiene dificultad en identificar los modelos de gestión de mantenimiento, así como de calidad, para reducir los defectos en sus productos y controlar las fallas en sus equipos.

#### **3.1. Descripción del problema**

Al emprender el desarrollo de una empresa se encuentran diversos problemas intrínsecos a este tipo de dinámica, uno de los problemas más comunes es la manera en la que se gestionará la calidad y el mantenimiento de una nueva empresa. Una empresa recién fundada, que se dedica a la elaboración de bolsas plásticas, debido al alto índice de fallas del equipo de producción, se ha visto afectada en su productividad, generando pérdidas en sus ganancias y pérdida de clientes.

Los problemas que afronta esta nueva empresa son variados, el índice de paros producto del fallo de maquinaria está golpeando seriamente la productividad y la eficiencia del equipo, así como la del personal, continuamente los colaboradores deben detener labores al no contar con equipo en buenas condiciones para trabajar.

La falta de personal de mantenimiento capacitado ha dejado consecuencias graves, ya que, al no tener conocimiento necesario para realizar una reparación de la manera correcta, ha ocasionado más problemas sin aun

haber encontrado el problema raíz que está provocando fallas más graves y a su vez productos defectuosos.

Es indispensable corregir el rumbo que lleva esta empresa recién fundada, de tal manera que los clientes sigan interesados en seguir comprando productos que satisfagan sus necesidades y que esto genere las ganancias necesarias para seguir siendo un negocio atractivo, de lo contrario, los inversionistas que confiaron en el emprendimiento de esta empresa se verán obligados a retirar la inversión del negocio.

### **3.2. Formulación del problema**

- **Pregunta central**

¿Cómo la utilización de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 mejorará el mantenimiento y reducirá los productos defectuosos debido a las fallas del equipo de producción de una industria manufacturera de bolsas plásticas?

- **Preguntas auxiliares**

- ¿Qué fallas en los equipos de producción provocan defectos que afectan la calidad de los productos?
- ¿Qué elementos críticos deben mejorarse en la gestión de mantenimiento y calidad en la elaboración de bolsas plásticas?

- ¿Qué beneficios se obtendrán al aplicar la gestión de un modelo de calidad ISO 9001:2015 en el mantenimiento de una industria manufacturera de bolsas plásticas?

### **3.3. Delimitación del problema**

La investigación se realizará en una empresa recién instaurada, ubicada en la zona 4 de Mixco de la ciudad de Guatemala. La empresa se dedica a la elaboración de producto plástico para empaque, generalmente bolsa plástica en cinco diferentes presentaciones.

El período contemplado para la ejecución es de seis meses, iniciando en el mes de octubre del año 2018 y finalizando a inicios del mes de noviembre del año 2019.

### **3.4. Viabilidad**

El gerente general de la empresa está dispuesto a colaborar con la ejecución de la investigación, aportando todos los recursos necesarios, materia prima, mano de obra, documentación y económicos.

Todos los gastos serán financiados por el investigador, esto incluye tiempo de mano de obra, equipo de cómputo y gastos de librería.

### **3.5. Consecuencias de la ejecución de la investigación**

Al realizarse la investigación se podrá instaurar las bases para la elección de una estrategia de la gestión del mantenimiento, así como la definición de los pasos a seguir para instaurar un modelo de gestión de la calidad. La empresa

se verá beneficiada al identificar sus procesos de una manera correcta y esto ayudará a establecer las rutas para mejorar los procesos críticos. La investigación establecerá un programa de mantenimiento que ayudará a que los equipos desarrollen productos de buena calidad de manera constante.

De lo contrario, con el tiempo los equipos presentarán fallas repetitivas, esto incrementará el tiempo de producción efectivo de la maquinaria, así como defectos en los productos finales, lo cual desencadenará la posible devolución de producto, reducción de la rentabilidad de la empresa y pérdida de clientes.

## 4. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del estudio estará enfocado en la línea de investigación correspondiente a los sistemas de control de la calidad, ya que se estará buscando la utilización de un modelo de gestión ISO con un modelo de gestión del mantenimiento.

La necesidad radica en que la industria guatemalteca cuenta con mucho potencial de crecimiento, sin embargo, al emprender nuevas empresas pocas veces se contempla la formalidad de la instauración de la misma, es cuestión de tiempo para que esta falta de seriedad en la estructuración de la compañía genere problemas financieros y por último lleve a tener que renunciar a continuar con la empresa.

Esta investigación es de mucha importancia, ya que en ella se obtendrán los lineamientos necesarios para establecer las bases de un sistema de gestión de calidad integrado con la gestión del mantenimiento. El enfoque se realizará con respecto a una industria de fabricación de bolsas plásticas, sin embargo, ya que la mayoría de las industrias son estructuradas de manera similar, independientemente de su producto final, este trabajo de investigación podrá ser tomado como guía para la instauración de un programa de gestión similar. Esto está directamente relacionado con la asignatura de principios y fundamentos de calidad, ya que se definirán las bases para proponer la utilización de la norma ISO 9001:2015.

La principal motivación radica en que existe muy poca investigación en este tema, tal y como menciona Tiong y otros autores (2012, p. 21) citando a



Water (2000): “durante las auditorias se considera parte de las funciones de mantenimiento dentro del sistema de calidad, pero en general hay muy poca información sobre las actividades de mantenimiento en la literatura de gestión de la calidad” (p. 15). Es necesario establecer la relación directa que la gestión de la calidad y la gestión del mantenimiento poseen, para poder utilizarlas como referencia estratégica en la industria actual.

Los principales beneficiarios de esta investigación serán los clientes internos de la empresa, ya que contarán con productos de buena calidad que satisfacen sus necesidades. El cliente interno o la organización también se verán beneficiados al contar con un estudio que demuestre los beneficios de contar con los lineamientos necesarios para implementar un modelo de gestión de la calidad integrado con el mantenimiento. La asignatura Implementación de Sistemas de Calidad está directamente relacionada con el desarrollo de esta investigación y será fundamental para alcanzar los objetivos, ya que con los conocimientos adquiridos se establecerán los lineamientos para proponer la utilización de la ISO 9001:2015.

Los beneficios que se alcanzarán por medio de las investigaciones serán los siguientes:

- Se instaurarán las bases para la elección de una estrategia de la gestión del mantenimiento y los pasos para la calidad.
- Identificación de los procesos críticos de la empresa y los controles estadísticos correspondientes.
- Establecer un programa de mantenimiento que garantice el desarrollo de productos de buena calidad.
- Eliminar las fallas repetitivas.
- Garantizar la satisfacción del cliente.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Proponer la utilización de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 que mejorará el mantenimiento y reducirá los productos defectuosos debido a las fallas del equipo de producción de una industria manufacturera de bolsas plásticas.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Identificar los defectos que afectan la calidad de los productos debido a las fallas en los equipos de producción.
- Determinar los elementos críticos que deben mejorarse de la gestión del mantenimiento y la calidad en la elaboración de bolsas plásticas.
- Evaluar los beneficios de la utilización de un modelo de gestión de calidad ISO 9001:2015 integrado con un modelo de gestión de mantenimiento.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

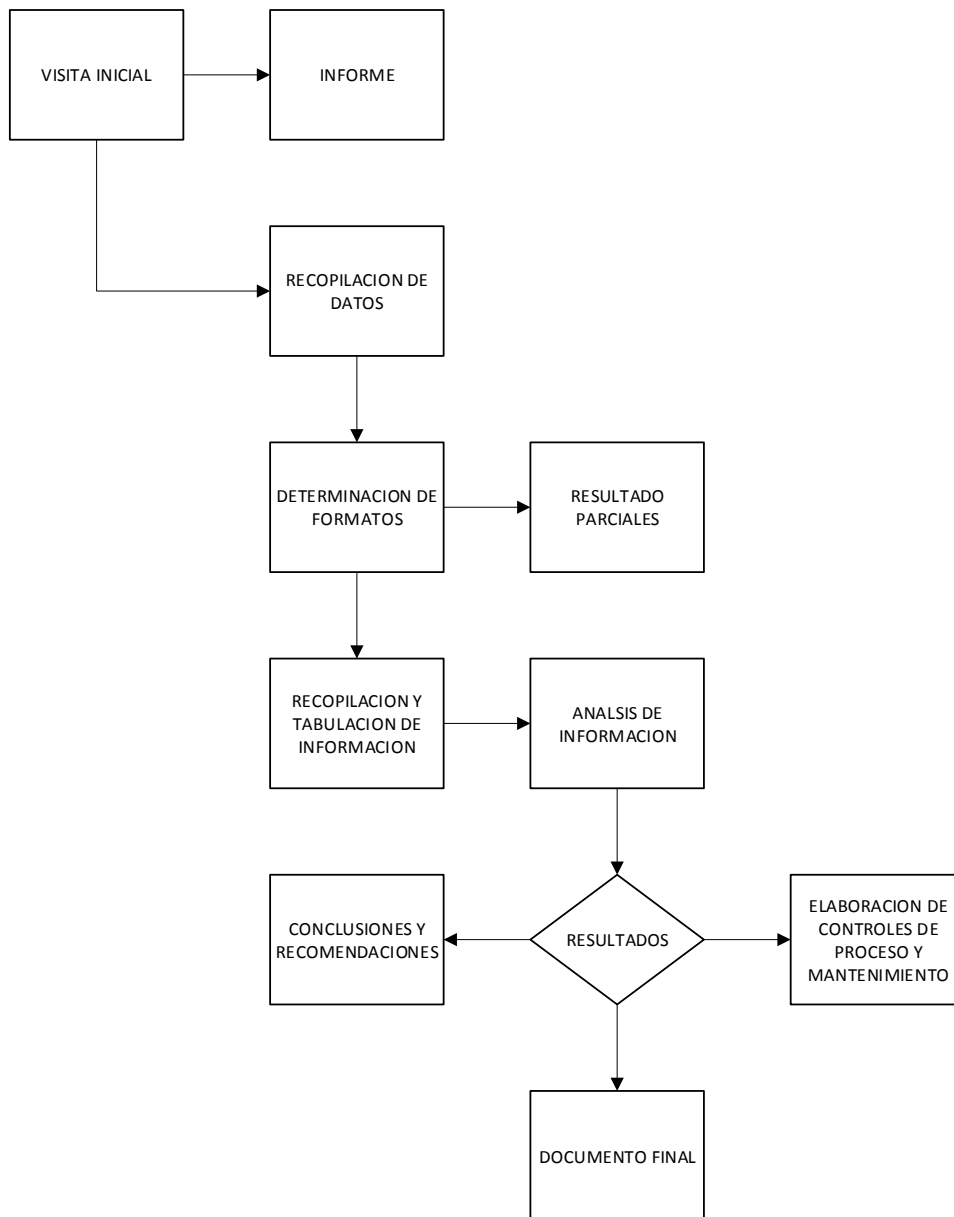
Es indispensable establecer los límites tolerables de los defectos (baja resistencia, calibre fuera de especificación, presentación) en los productos finales, producto de un mantenimiento pobre del equipo de producción. Al contar con los lineamientos básicos de la gestión de mantenimiento se controlarán y reducirán fallas, teniendo como resultado productos de buena calidad que permitirán establecer los límites tolerables de defectos.

El esquema de solución funcionará de la siguiente manera:

- **Diagnóstico:** se realizará una visita inicial para establecer el estado actual de la empresa referente al control de la calidad y al control de mantenimiento, se recopilará toda la información básica de los equipos, así como el estudio y observación de todo el proceso de producción.
- **Análisis:** al conocer y establecer los procesos se podrá definir cuáles son las variables que se deben controlar y sus límites aceptables; se definirían los defectos máximos aceptables para cada producto y se establecerán formatos para la recopilación de la información de mantenimiento.
- **Propuesta:** como resultado de la recopilación de la información se propondrá un modelo de gestión de mantenimiento integrado con un modelo de gestión de calidad ISO, de tal manera que las fases para su implementación queden establecidas.

En la siguiente figura se muestra el esquema de trabajo de forma resumida:

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. La industria del plástico**

La industria de la manufactura de plástico ofrece una gran variedad de productos que generalmente es posible observar en la mayoría de artículos que se consumen a diario. Basta con observar el entorno para evidenciar la presencia del plástico, desde el empaque que contiene el alimento, hasta los componentes de algunos vehículos, todos ellos contienen algún elemento o parte plástica.

En este capítulo se definirá qué es un plástico, los procesos de transformación para elaborar productos de consumo, también se abordará el tema del reciclaje del plástico y la importancia que este proceso tiene dentro de la industria, para que se pueda desarrollar de manera sostenible.

### **7.2. Tipos de polímeros**

Todos los plásticos son fabricados a partir de un polímero, según Shrivastava (2018) es posible clasificarlos en tres grandes grupos, basados en la fuente de origen:

#### **7.2.1. Naturales**

Este grupo es constituido por todos los polímeros que se producen de manera natural y son extraídos de su fuente. Los ejemplos de polímeros más comunes son: lana, seda y el caucho extraído de los árboles.

### **7.2.2. Sintéticos**

Este tipo de polímeros se producen de manera artificial en laboratorios. Algunos ejemplos de este tipo de polímeros podrían ser: poliamidas (*nylon*), polietileno (PE), poliestireno (PS), teflón y una variedad extensa de derivados.

### **7.2.3. Semisintéticos o regenerados**

Un polímero semisintético es el resultado de la modificación química de un polímero en su estado natural. Un ejemplo muy notorio según Edward (2017) es la elaboración de productos biomédicos a través de la regeneración química de exoesqueletos de crustáceos como los camarones.

## **7.3. Termoplásticos y termoestables**

En respuesta a la aplicación de calor los plásticos pueden categorizarse de la siguiente manera:

- Termoplásticos: este tipo de plásticos se ablanda al estar expuesto al calor y se endurece al enfriarse. Debido a la reversibilidad en el cambio de fase, este tipo de plástico puede ser reciclado o remodelado, esto lo convierte en el material ideal para los procesos de moldeo y extrusión, que utilizan material reciclado para su proceso (Dominick, Donald & Matthew, 2004).
- Termoestables: este tipo de material no posee reversibilidad después de ser moldeo, por lo que no puede ser reciclado. La propiedad más importante de estos plásticos es su capacidad de soportar altas temperaturas, por lo que son muy utilizados para la cocina o en procesos

que impliquen temperaturas elevadas de operación, un material muy conocido que es parte de esta clasificación es el silicón (Edward, 2017).

#### **7.4. Propiedades de los plásticos**

Los productos desarrollados con materiales plásticos demuestran una gran variedad de propiedades y combinaciones, ayudan a elaborar un producto según las necesidades. Un solo producto puede contener uno o varios tipos de plásticos que satisfagan diferentes necesidades, un zapato, por ejemplo, contiene un material resistente a la temperatura y a la abrasión de la parte inferior, y también posee un material que logra ventilar y mantener fresco al usuario, ambos productos plásticos poseen diferentes propiedades (Edward, 2017).

##### **7.4.1. Identificación de polímeros**

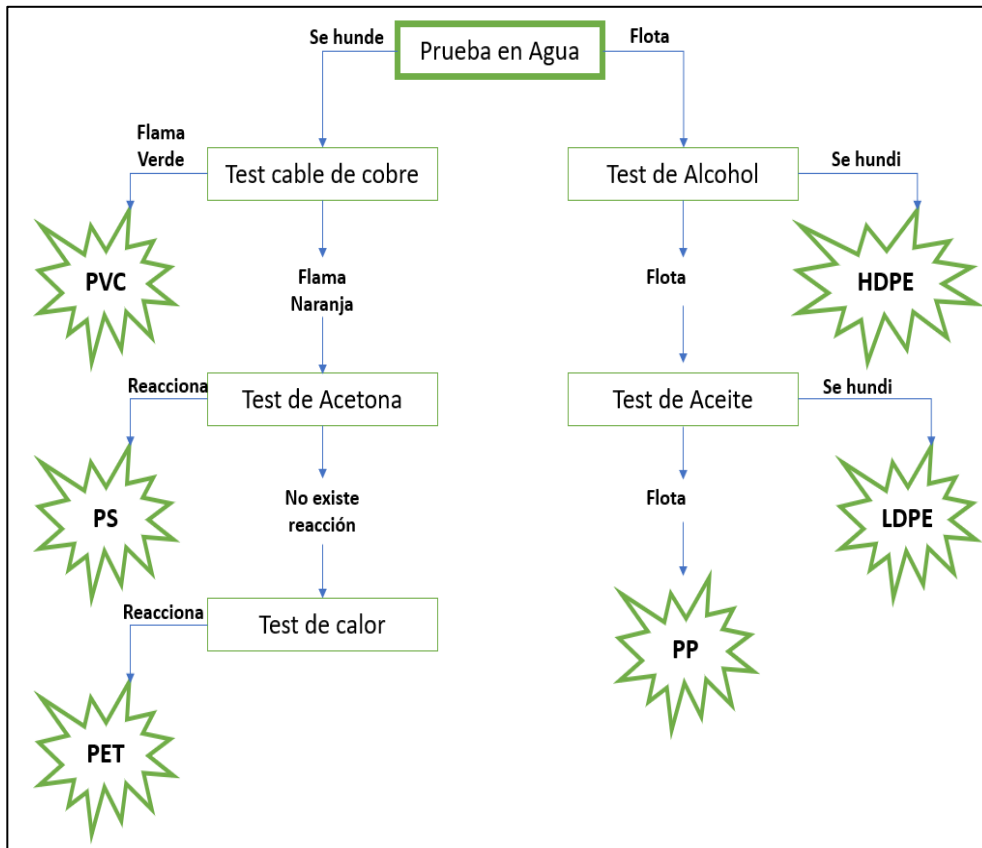
Las técnicas de identificación son esenciales para el aseguramiento de la calidad de los productos, así como para identificar muestras de materias primas de productos desconocidos y para determinar el proceso de reciclaje.

##### **7.4.1.1. Prueba de verificación para plásticos comunes**

Los plásticos más utilizados para la elaboración de productos se pueden dividir en 6: PVC, PS, PET, HDPE, LDPE y PP. El proceso de verificación para la determinación del tipo de plástico está descrito en la figura 2.



Figura 2. **Determinación de tipo de plástico**



Fuente: Shrivastava, A. (2018). *Introduction to plastics engineering*.

#### 7.4.2. **Propiedades físicas**

Materias primas son combinadas según la necesidad a cubrir en el producto de interés, algunas de las propiedades más comunes se mencionarán a continuación.

#### **7.4.2.1. Densidad**

Esta unidad está definida como la masa (M) por unidad de volumen (V) de material plástico. La densidad ( $\rho$ ) está representada por:

$$\rho = \frac{M}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Ecuación 1. Densidad.

#### **7.4.2.2. Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula constituye una de las propiedades más importantes a considerarse, ya que determina el tipo de comportamiento que tendrá en el dispositivo de alimentación del proceso de conversión del material plástico. El tamaño y tipo de partícula definirán el tipo de alimentador a ser instalado en el equipo de procesamiento.

Según Shrivastava (2018) un ejemplo de la importancia de partícula se puede observar en la fabricación de cápsulas para medicamento, estas contienen partículas muy pequeñas que se absorben de manera controlada en este tipo de aplicaciones.

#### **7.4.3. Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas son utilizadas para predecir el desempeño de los productos plásticos cuando experimentan fuerzas externas que los alteran, tales como la compresión, tensión, flexión y torsión.

### 7.4.3.1. Estrés y deformación

El estrés está definido como la razón a la cual se aplica una fuerza sobre un área definida y está expresada en libras por pulgada cuadrada (psi) o en mega pascales (MPa).

$$\text{Estrés} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

Ecuación 2. Estrés.

Al aplicar fuerzas sobre materiales plásticos de prueba se notará deformación, que se representa de manera porcentual y es expresada de la siguiente manera:

$$\% \text{ de deformacion} = \frac{\text{Cambio en longitud}}{\text{Longitud original}} = \frac{\Delta L}{L}$$

Ecuación 3. Porcentaje (%) de deformación

### 7.4.3.2. Resistencia a la fricción y desgaste

Estas dos propiedades son consideradas como características superficiales de los plásticos. Ambas expresan la relación que tienen sus superficies al estar en contacto con otro tipo de material y cuál es su resistencia al movimiento.

La fricción se define como la fuerza requerida para desplazar a un objeto del reposo (coeficiente de fricción estático).

En aplicaciones relacionadas con los plásticos de ingeniería se requiere en muchas ocasiones que el plástico posea alta resistencia al desgaste, un

ejemplo claro de esto son los engranajes fabricados de plásticos como las poliamidas que poseen alta resistencia al desgaste. El desgaste es la capacidad que tiene un plástico para resistir la abrasión que ejerce otro material sobre la superficie del polímero.

#### **7.4.4. Reología de polímeros**

Los procesos de manufactura de productos plásticos dependen del estudio del flujo de las materias primas, en un proceso de producción esto se logra a través de la aplicación de calor y aplicación de fuerza.

La reología de los polímeros auxilia para definir los indicadores que determinan el comportamiento de los plásticos y su correcta utilización en los procesos, como afirman Dominick, Donald & Matthew (2004). La viscosidad constituye el principal indicador que es determinado por medio del estudio de la reología de los polímeros.

#### **7.4.5. Comportamiento térmico de los plásticos**

El comportamiento de los polímeros termoplásticos es totalmente dependiente de la temperatura, sin embargo, existen cambios que modifican el comportamiento térmico, al agregar aditivos y otros polímeros a la mezcla de materia prima se debe estudiar el cambio en el comportamiento térmico. Las propiedades con respecto al calor se mencionan a continuación.

##### **7.4.5.1. Calor específico**

Es la cantidad de calor que se necesita aplicar por unidad de masa para elevar en 1 °C la temperatura del material. En un proceso industrial, el

calor específico es indispensable para establecer temperaturas de operación y la aplicación de calor a las materias primas. (Rauwendaal, 2018, pág. 72)

Esta propiedad se expresa en J/g K.

#### **7.4.5.2. Temperaturas de trabajo**

Este indicador define cuál es la temperatura máxima y mínima, que permitirá que la materia prima mantenga sus propiedades intactas.

#### **7.4.5.3. Conductividad térmica**

Representa la propiedad más importante a tomar en cuenta en la selección de la materia prima para la producción, ya que determina la velocidad a la que se deberá procesar el plástico.

La conductividad térmica está definida como la capacidad que posee un plástico para transferir calor, los plásticos generalmente son considerados aislantes térmicos, por lo que es un aspecto importante a considerar al definir la temperatura de ecualización para iniciar la producción (Rauwendaal, 2018).

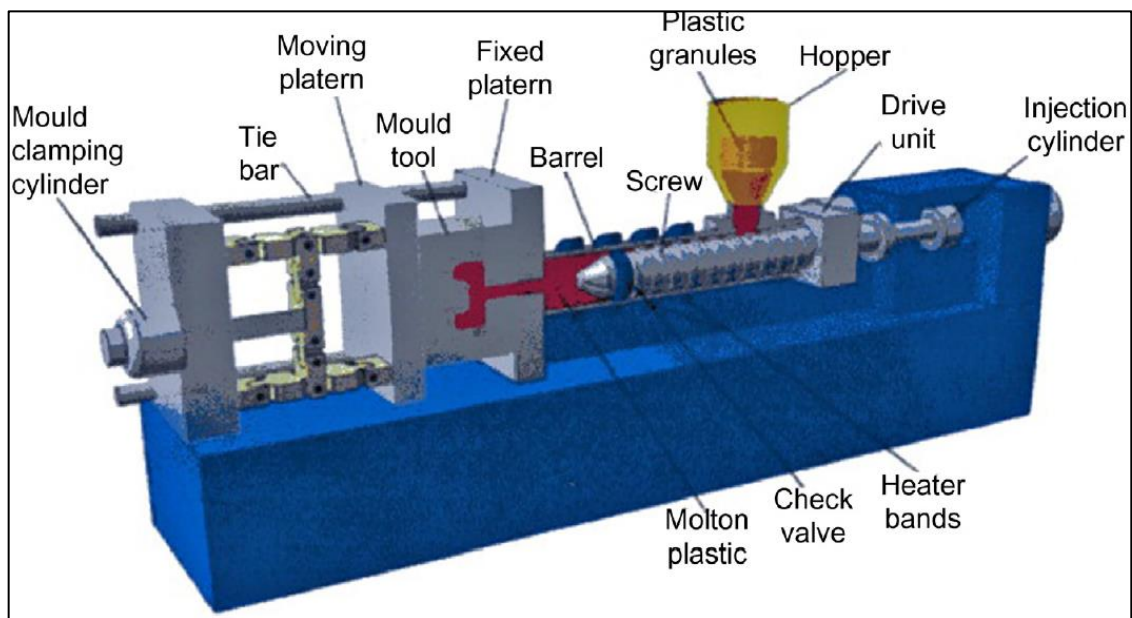
### **7.5. Procesamiento del plástico**

La transformación de los plásticos a un producto de consumo humano se puede efectuar por medio de los procesos que se mencionarán a continuación.

### 7.5.1. Moldeado por inyección

Utilizado para fabricación de objetos plásticos por medio de un equipo inyector que introduce los polímeros fluidos a un molde con la forma deseada. El inyector de plástico (figura 3) es alimentado por una tolva, el material es calentado dentro del tornillo sin fin del inyector de plástico y este es forzado a entrar a un molde con la forma deseada.

Figura 3. Inyector de plástico



Fuente: Rauwendaal, C. (2018). *Understanding extrusion*.

### 7.5.2. Moldeado por soplado

Este proceso se utiliza principalmente en la fabricación de botellas plásticas, consiste en inyectar aire a altas presiones, dentro de cápsulas

plásticas contenidas dentro de un molde, de tal manera que la cápsula adquiera la forma del molde.

### **7.5.3. Extrusión**

Como lo mencionan Dominick, Donald y Matthew (2004), este proceso de transformación de plástico es el más utilizado, debido a su capacidad de producir de manera continua e intermitente, esto permite la preparación de polímeros a un ritmo elevado de manera uniforme.

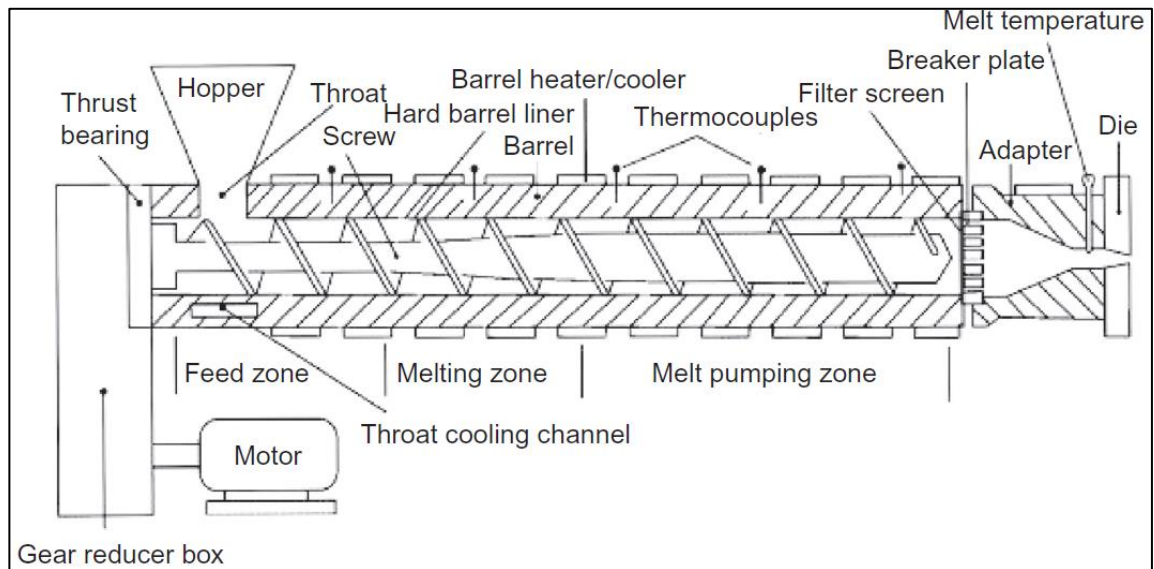
El elevado ritmo de trabajo permite tener procesos con alta eficiencia y de bajo costo. Generalmente las extrusoras se clasifican en dos categorías: tornillo simple y tornillos múltiples, el uso de cada uno depende de la aplicación final del producto que se esté elaborando.

#### **7.5.3.1. Extrusora de tornillo simple**

Consiste en un cilindro que tiene incorporados elementos de calefacción (resistencias eléctricas). El interior del cilindro está fabricado con un metal diseñado específicamente para soportar el desgaste producido por el tornillo sin fin en el interior de la carcasa contenedora. La geometría de este tornillo sin fin está diseñada particularmente para el polímero que se utilizará para la producción y las condiciones térmicas que la materia prima posea (Eldridge, 2017).

La materia prima es introducida por los alimentadores (figura 4) ubicados en la garganta del tornillo, y estos son desplazados por el tornillo en forma de un material fluido hasta el troquel de extrusión.

Figura 4. **Extrusora de tornillo simple**



Fuente: Shrivastava, A. (2018). *Introduction to plastics engineering*.

## 7.6. **Reciclaje del plástico**

Según Shen y Worrell (2014), desde la invención del primer plástico en los años 1900 y el desarrollo del polietileno en los años 1930, el número de plásticos ha incrementado de forma dramática.

En los países más desarrollados el reciclaje de plásticos se ha convertido en uno de sus mayores retos para tener una producción sostenible, especialmente por la gran variedad de polímeros que existe. Esto implica diferentes tipos de reciclaje y métodos de manejo de desperdicio.







### 7.6.1. Materiales plásticos de reciclaje

La cantidad de plásticos reciclados se ha mantenido creciendo de manera constante, según Merrington (2017), a pesar de esto la producción de plásticos vírgenes aún la supera por mucho.

La siguiente figura contiene los plásticos que más son reciclados a nivel mundial:

Figura 5. Tipos de plástico, reciclaje y aplicaciones

Resin	SPI	Symbol	Recovery Rate (% , 2014)	Applications of Recyclate
PET	1		19.5	Fiber (clothing, carpet), film (balloons, packaging, thermal sheets, adhesive backing), bottles (pop, water), cosmetics packaging and food containers.
HDPE	2		10.3	Nonfood containers (laundry detergent, shampoo, conditioner, and motor oil bottles) plastic lumber, pipe, buckets, crates, flowerpots, film, recycling bins and floor tiles.
PVC	3		<1	Packaging, loose-leaf binders, decking, paneling, gutters, mud flaps, film, floor tiles and mats, traffic cones, electrical equipment, garden hoses and mobile home skirting.
LDPE	4		5.3	Shipping envelopes, garbage can liners, floor tile, plastic lumber, food wrapping film, shopping bags, compost bins, dry cleaning bags and trashcans.

Fuente: Merrington, A. (2017). 9 - *Recycling of plastics*. En: Kutz, M. *Applied plastics engineering handbook*.

### 7.6.2. Reciclaje mecánico de plásticos

Según Shen y Worrell (2014), el método de reciclaje más utilizado a nivel mundial es el que involucra un procedimiento mecánico, para la reducción y el procesamiento de los plásticos desechados. Este proceso consta de cuatro pasos que se detallan a continuación.

### **7.6.2.1. Almacenaje y clasificación**

En este paso se recolectan todos los desperdicios, se transportan a una planta que se encarga de clasificar cada tipo de polímero según su tipo (ver figura 5).

En la industria del reciclaje se utilizan diferentes métodos de clasificación, como menciona Shen y Worrell (2014), las técnicas más utilizadas para el proceso de clasificación son: separación por flote, separadores de barril, separación por inducción o también se utilizan combinaciones.

### **7.6.2.2. Trituración**

El siguiente paso consiste en reducir el tamaño de los desperdicios, de tal manera que el manejo de la materia prima sea más conveniente para su transporte y almacenamiento.

La máquina de trituración consiste en una serie de cuchillas rotativas, que es impulsada por un motor eléctrico generalmente, en ella existe un tamiz que deja salir al material únicamente hasta que ha alcanzado el tamaño deseado.

### **7.6.2.3. Lavado**

Según Merrington (2017), este paso generalmente se realiza únicamente con agua, aunque existen dos opciones, el lavado se puede efectuar con agua fría o con agua caliente a no más de 60°C.; de utilizarse agua fría deberá tomarse en cuenta que el proceso necesitara la aplicación de un agente químico (hidróxido de sodio) para realizar un correcta limpieza.

#### **7.6.2.4. Reproceso**

El paso final es el reproceso del material, esto se puede realizar por medio del uso de extrusoras, inyectoras, coextrusión, soplado de moldes, aglomeración, etc.

#### **7.6.3. Impacto del reciclaje de los plásticos**

El impacto ambiental generado por el reciclaje de los plásticos depende de muchos factores, según lo mencionan Shen y Worrell (2014), principalmente depende de los métodos de recolección que se utilizaron para su clasificación, así como del tipo de proceso que se utilice para procesar el material. Los mercados que pueden utilizar material reciclado son limitados, ya que el producto final en muchas ocasiones no es de buena calidad.

#### **7.7. Mantenimiento industrial**

Mehmeti, Mehmeti y Sejdiu (2018) afirman que el concepto de mantenimiento está presente y es indispensable para cualquier proceso de producción. La gestión del mantenimiento es esencial para poder mantener la calidad y la eficiencia de la línea de producción, como resultado de un mal mantenimiento se tendrán consecuencias graves, esto incluye las fallas constantes en el equipo de producción.

Según la investigación desarrollada por García Sanz Calcedo y Gómez Chaparro (2017), la buena gestión del mantenimiento puede llevar a reducir los costos de operación de la planta de producción hasta en un 6 %.

## **7.8. Objetivos de la gestión del mantenimiento**

Los objetivos de la gestión del mantenimiento según Deighton (2016) y Kumar (2018) son los siguientes:

- Garantizar que el equipo siempre esté disponible para el uso de producción cuando se necesite.
- Garantizar la optimización del uso de recursos de mantenimiento.
- Maximizar la vida útil de los activos.
- Minimizar el uso del consumo de energía y accidentes, a través de la continua inspección y reparación de equipos.
- Operar la planta de producción a su desempeño óptimo.

## **7.9. *Benchmarking* y evaluación del estado actual**

La función de mantenimiento ha evolucionado a lo largo de los años, este servicio ya no es visto como un gasto por las industrias, es más una inversión a largo plazo que garantizará la correcta operación de los equipos y la producción.

El primer paso para establecer un sistema de gestión de mantenimiento es saber cuáles son los aspectos de se deben mejorar y también se debe priorizar cuáles de estos aspectos se trabajarán inicialmente.

Una vez sean identificadas y priorizadas las áreas de mejora, se recomienda hacer un *benchmarking* con alguna organización parecida, de tal manera que se puedan cerrar brechas y establecer objetivos a alcanzar (Potes Ruiz, Foguem & Noyes, 2012).

## **7.10. Sistemas de gestión del mantenimiento**

Para establecer un correcto sistema de gestión de mantenimiento se deben eliminar ciertos paradigmas que no ayudan al desarrollo del programa.

- Apagar incendios: es indispensable eliminar la mentalidad de únicamente actuar cuando suceda una falla o problema, la autocomplacencia es un aspecto indeseado, no hay excusa para ser proactivo y actuar con antelación para encontrar causas raíz.
- No existen los recursos para el cambio: los recursos para el correcto desarrollo del sistema de gestión son indispensables, este aspecto deberá ser apoyado por la administración, deberá aportar los recursos monetarios necesarios, así como la mano de obra para desarrollar el proyecto.

### **7.10.1. Las tres M en los sistemas de gestión**

Los sistemas de gestión dependen de 3 variables esenciales, estos aspectos ayudarán a establecer las bases en el sitio de trabajo, para fundamentar los trabajos de implementación y rutinas de inspección.

Estas variables se conocen como las 3 M y se detallan a continuación.

#### **7.10.1.1. Mano de obra**

El objetivo es siempre reclutar al mejor candidato, con las habilidades del trabajo requerido y sea entusiasta para desarrollar las actividades que se le presenten diariamente. La mano de obra capacitada es indispensable para realizar la ejecución de los trabajos en los equipos.

#### **7.10.1.2. Máquina**

El equipo o máquina con el que se cuente deberá cubrir las necesidades de producción. Kumar (2018) menciona que idealmente se debe adquirir equipo que tecnológicamente requiera una menor cantidad de piezas para ejecutar las reparaciones, también se debe considerar cualquier aspecto positivo del equipo que ayude a reducir los tiempos de reparación. Un ejemplo de esto puede ser la utilización de cojinetes abiertos para los equipos, si el proceso lo permite, esto reducirá los tiempos de lubricación.

#### **7.10.1.3. Métodos**

Según Deighton (2016) la cultura organizacional es esencial para asegurar el éxito del programa de mantenimiento. Establecer roles y responsabilidades para cada miembro del equipo, así como la estructuración de los métodos para medir el avance, son cruciales para lograr el desempeño máximo de un sistema de gestión.

### **7.11. Análisis de causa raíz**

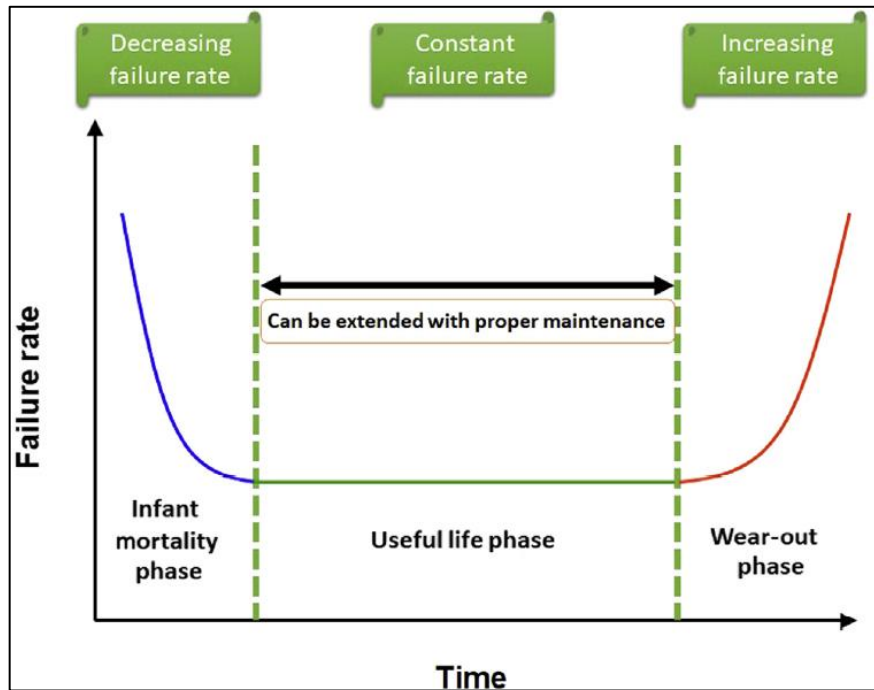
El análisis de causa raíz es una herramienta facilitadora que tiene como objetivo llegar a la causa principal de un problema o una falla, de tal manera

que se prevenga en un futuro. Se requiere de un estudio extenso para determinar la verdadera causa de la falla, muchas veces se puede determinar una falla que pareciera ser una causa raíz y, sin embargo, puede ser únicamente un síntoma. Es recomendable el uso de herramientas de análisis como el método de Ishikawa (espina de pescado) para determinar todos los factores que pueden estar involucrados en la causa principal de un problema o falla en el equipo (Kumar, 2018).

#### **7.12. Mantenimiento basado en tiempo de vida de equipo**

Este tipo de mantenimiento está fundamentado en el gráfico de la figura 6, el objetivo de este tipo de mantenimiento radica en dar seguimiento y reforzar el mantenimiento cuando lo amerite. En la primera parte de la curva es posible observar una tasa alta de fallas, esto generalmente se debe a diferentes aspectos, mala instalación, mal diseño del equipo, mano de obra no capacitada para operar, entre otros.

Figura 6. **Tiempo de vida útil de equipo**



Fuente: Kumar, D. & Kumar, D. (2018). *Sustainable management of coal preparation. Chapter 18 - Maintenance management.*

En la segunda fase de la curva se deben centrar todos los esfuerzos para que la vida útil del equipo aumente. Con un programa que incluya buenas prácticas de mantenimiento se logra la extensión de la vida útil del equipo.

La última fase de la curva auxiliará para establecer que el tiempo de la vida útil del equipo ha llegado a su final, esto deberá definir el punto de partida para adquirir un nuevo equipo o establecer un plan para llevar al equipo a condiciones de operación aceptables (Deighton, 2016).



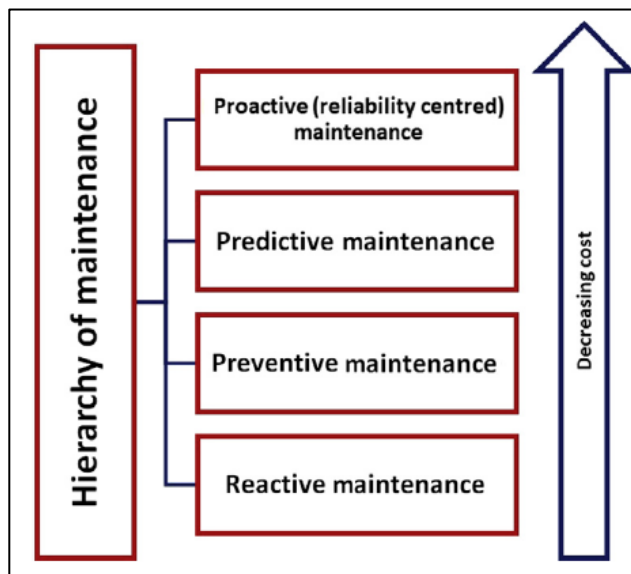
### 7.13. Mejora continua

Los métodos mencionados anteriormente deberán ser apoyados por la mejora continua, de lo contrario no será posible sostener los cambios realizados.

### 7.14. Tipos de mantenimiento

Todos las máquinas o equipos de producción necesitan mantenimiento, como mínimo el recomendado por el fabricante, de esta manera se logrará llegar a la vida mínima de servicio de un equipo. En la figura 7 se detalla la jerarquía que cada tipo de mantenimiento posee o que generalmente es aceptada.

Figura 7. Jerarquía de tipos de mantenimiento



Fuente: Kumar, D. & Kumar, D. (2018). *Sustainable management of coal preparation. Chapter 18 - Maintenance management.*

A continuación se detallan los tipos de mantenimiento más comunes y aplicables a la industria.

#### **7.14.1. Mantenimiento correctivo**

También conocido como mantenimiento reactivo, este tipo de mantenimiento implica la reparación o reemplazo de una máquina después que ha fallado. La falla se identifica hasta que ya ha sucedido el problema y finalmente se repara para que el equipo continúe produciendo.

Para establecer prioridades únicamente se toma en cuenta la necesidad de producción, de igual manera, si fallan varios equipos a la vez se priorizará el equipo que más pedidos tenga (Deighton, 2016).

Camilla, Anders y Jon (2018) mencionan que este tipo de mantenimiento, a corto plazo, es de bajo costo, no requiere de mucha mano de obra para realizarse, la herramienta puede limitarse a solo lo necesario para efectuarlo y no requiere tecnología avanzada para efectuarse. Sin embargo, a largo plazo, se evidenciará que es poco eficiente, también los costos de reparación se elevarán, esto debido a que las fallas tendrán repercusiones graves, esto llevará implícitamente a realizar compras de partes nuevas.

En este tipo de mantenimiento no se busca la causa raíz del problema, el único objetivo es reparar cuando el equipo falle. Las fallas serán repetitivas.

#### **7.14.2. Mantenimiento preventivo**

La estrategia de mantenimiento preventivo es la más utilizada y fue uno de los primeros métodos implementados en la industria, con el objetivo de cubrir

las exigencias de producción, en cuanto a la conservación de equipo se refiere. Es imprescindible llevar dos tipos de actividades en este tipo de mantenimiento, las que no requieren intervención, entendiéndose, inspecciones rutinarias, monitoreo continuo de equipos críticos y las de intervención, como lubricación, reparación y remplazo. En este último caso se utilizarán materiales o consumibles del inventario.

Cuando se realizan las actividades que no requieren intervención, se establece una ruta lógica, con una cantidad de equipos determinada y el personal determinado, ellos se encargarán de realizar la inspección rutinaria en cada turno y entregarán los datos al supervisor. Esto establecerá la varianza del comportamiento del equipo en un lapso de tiempo y determinará los tiempos de intervención anticipada o preventiva.

Durante el período de inspección al determinar que algún elemento crucial del equipo está en mal estado, se determinará el rumbo a seguir, según el criterio del encargado de mantenimiento, se podrá abordar la reparación de dos formas: reparación inmediata o reparación programada. Este tipo de rutinas ayuda a establecer un plan de mantenimiento con la integración de producción, al definir las intervenciones a realizarse se podrá proyectar un tiempo definido requerido y se establecerá un plan con producción.

Según Deighton (2016) para poder establecer un programa de mantenimiento preventivo es indispensable contar con las siguientes herramientas:

- Sistema de gestión de órdenes de trabajo: esta plataforma será de utilidad para realizar la planificación del trabajo correctivo y preventivo. Es indispensable para establecer una base de datos.

- Para garantizar que las rutinas sean completadas por el personal de manera adecuada, se deberá crear disciplina en las rutinas de inspección.
- Se deberá llevar un historial claro del estado actual del equipo, las reparaciones y fallas que ha tenido.
- Datos que verifiquen que el mantenimiento preventivo ha sido efectivo, de no serlo la retroalimentación ayudará a corregir o eliminar las actividades que no estén aportando al programa.

Potes Ruiz, Foguem y Noyes (2012) afirman que a largo plazo la desventaja de este tipo de mantenimiento radica en su elevado costo, elevado inventario y rutinas extensas.

### **7.14.3. Mantenimiento predictivo**

El desarrollo de este tipo de mantenimiento es esencialmente el monitoreo de comportamientos anormales en los equipos críticos de producción.

La posible falla es monitoreada por equipo especializado, detectar un parámetro fuera de los límites establecidos indicará que es necesaria la intervención para evitar una falla.

Al utilizar este tipo de mantenimiento la posibilidad de predecir una falla antes que se produzca es muy alta, sin embargo, la predicción de fallas se utiliza en equipo crítico y esencial para la producción.

El costo del equipo especializado para monitorear el equipo de manera continua es muy elevado, de igual manera el software de recolección de datos también deberá ser incluido en el paquete de análisis. Las técnicas más utilizadas para ejecutar este tipo de mantenimiento son: monitoreo de vibración, termografías, análisis de aceite y el monitoreo en línea de equipos.

#### **7.14.4. Mantenimiento proactivo**

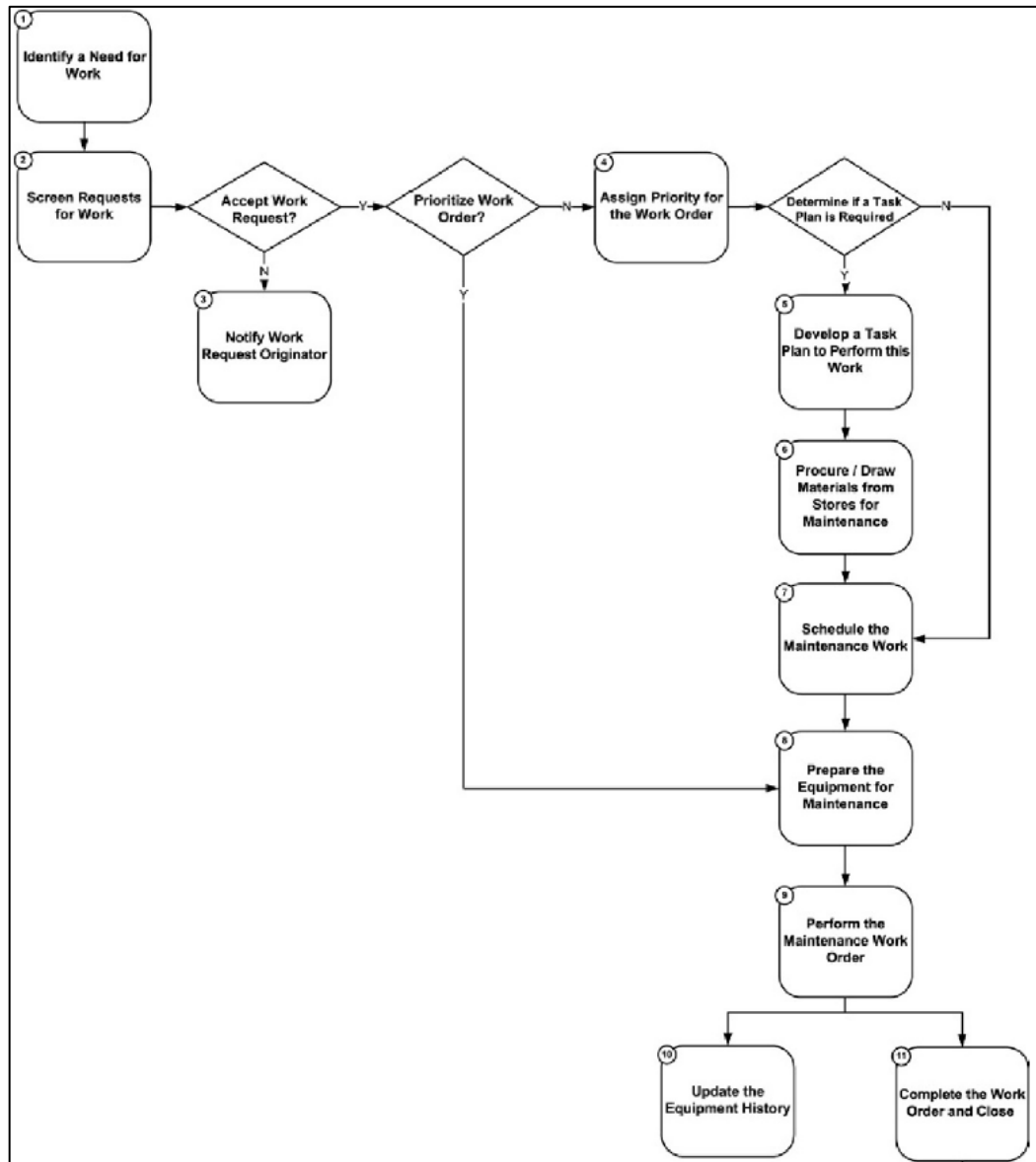
También conocido como mantenimiento de confiabilidad de equipo, este se basa, según Kumar (2018), en la efectividad para tomar las decisiones e identificar los equipos que tienen más prioridad, toma en cuenta la probabilidad de que un equipo falle, debido a la degradación de los mecanismos o componentes de la máquina.

Ayuda a enfocar el mantenimiento a lo que realmente importa, direccionando recursos financieros y mano de obra; de manera proactiva se establecerán rutinas o acciones de intervención a maquinaria.

#### **7.15. Flujo de trabajo en mantenimiento**

El flujo de trabajo, de principio a fin, se encuentra ilustrado en la figura 8, este diagrama de flujo contiene el mínimo de actividades o pasos para establecer un correcto flujo de información.

Figura 8. Flujo de trabajo de mantenimiento



Fuente: Deighton, M. G. (2016). *Facility integrity management. Chapter 5 - Maintenance management.*

### **7.15.1. Revisión de las solicitudes de trabajo**

Las solicitudes de trabajo pueden ser generadas de diversas maneras, Mobley (2004) identifica las más comunes, siendo estas: producto de una inspección de rutina, producto del monitoreo de un equipo en particular, reemplazo de equipo, mantenimiento programado y deterioro de equipo.

La naturaleza del origen del mantenimiento debe ser documentada, comunicada y archivada. Aun cuando surga un mantenimiento emergente se deberá ingresar la orden de trabajo realizado, para poder tener un registro de la operación realizada.

### **7.15.2. Desarrollo de un plan de actividades**

El plan de actividades generalmente es establecido por el planificador de mantenimiento, es importante realizar la planificación de la manera más clara y precisa, de tal manera que el equipo de trabajo que realizará las actividades pueda desarrollarlas sin ningún contratiempo.

En la estructuración de la planificación deberán incluirse los materiales necesarios para el desarrollo correcto de la intervención. El plan deberá contar con la información relacionada a permisos de trabajo, seguridad industrial, equipo de protección personal y la lista completa de actividades a realizarse.

En la figura 9 se ejemplifica un plan de actividades:

Figura 9. **Plan de actividades**

Maintenance Task Plan				
Work order no.:		Work order description:		
Requested by:		Requested date :	Required date:	
Priority:		Planner name / contact details:		
Activity type:		Location:		
Work description:				
Safety requirements		Procedures required	Permits required	
1 Hot work				
2 Confined space				
3 Toxic gas zone				
4 Radiation				
5 Other				
Task plan				
Activity description	Craft	No. Craft	Duration (Hours)	Total (Hours)
1				
2				
3				
4				
5				
Special PPE and tools				
1				
2				
3				
4				
5				
Material plan				
Item description				Quantity (No.)
1				
2				
3				
4				
5				

Fuente: Deighton, M. G. (2016). *Facility integrity management. Chapter 5 - Maintenance management.*



### **7.15.3. Compra de repuestos y materiales**

Un inventario con los materiales necesarios para la ejecución del mantenimiento es indispensable para un exitoso modelo de gestión. El departamento de compras deberá apoyarse en el departamento de mantenimiento para adquirir las partes que satisfagan las necesidades de la planta.

Se deberá contar con espacios de almacenamiento apropiados, tanto para resguardar las partes, como para mantenerlas en buenas condiciones y accesibles en todo momento.

### **7.15.4. Programación de trabajo**

Para poder utilizar al personal de mantenimiento de manera eficiente es necesario e indispensable contar con una correcta programación de trabajo, de esta manera se mantendrá al equipo de mantenimiento ocupado la mayor parte del tiempo.

La programación de trabajo deberá estar proyectada idealmente en conjunto con el departamento de producción, de esta manera se establecerán prioridades, tomando en cuenta ambos criterios y estableciendo las tareas que ayudarán a ejecutar la operación, sin afectar la producción o poner en riesgo el funcionamiento del equipo (Deighton, 2016).

#### **7.15.4.1. Priorización de órdenes de trabajo**

Mobley (2004) establece que la priorización de órdenes de trabajo se califica de la siguiente manera:

- Prioridad 1: tareas de emergencia, estas deberán ser atendidas de manera inmediata, la utilización de horas extras es común en este tipo de emergencias. Un ejemplo de esta circunstancia se daría en el caso que falle el equipo de producción con un producto pendiente de entrega para el día siguiente.
- Prioridad 2: órdenes de trabajo urgentes, estas deberán ser completadas lo más pronto posible, generalmente dentro de las próximas 48 horas después de surgir la solicitud. Como ejemplo se puede mencionar la localización de un problema que es potencialmente un riesgo para finalizar la producción de la semana.
- Prioridad 3: trabajo que puede ser reprogramado, podrá ser proyectado o incluido dentro del plan de trabajo de una semana. Un ejemplo claro de este tipo de prioridad es el mantenimiento preventivo.
- Prioridad 4: ejecutadas durante paros programados, son tareas no indispensables que pueden ser programadas para el futuro, generalmente es aceptable una ventana de un mes para poder incluir esta actividad al plan de trabajo.

#### **7.15.4.2. Reuniones programadas**

Reunir a los involucrados en el plan de mantenimiento es esencial para el desarrollo satisfactorio del mismo, aunque se recomienda que el tiempo de la reunión no se extienda más de 30 minutos en la reunión de inicio de semana, y no más de 15 minutos en la reunión diaria de actividades.

El objetivo principal de estas reuniones será revisar la carga de trabajo para la semana y establecer prioridades, utilizando los criterios mencionados en el capítulo anterior.

#### **7.15.5. Preparación de equipo**

Antes de iniciar los trabajos de intervención del equipo de mantenimiento se deberán realizar una serie de actividades, dependiendo las normas y políticas internas de la organización, generalmente se preparan permisos de trabajo, bloqueo de equipo, etiquetado de equipo y principalmente se preparará la herramienta de trabajo. Se debe verificar que toda la herramienta que está descrita en el plan de intervención esté a la mano, esto garantizará que el trabajo se desarrolle de manera continua y sin pérdida de tiempo.

#### **7.15.6. Seguridad industrial**

Se deberán seguir acciones y procedimientos que garantizarán la seguridad de los trabajadores en el área de trabajo. Los accidentes son provocados en su gran mayoría por un error humano, para reducir el riesgo de este factor se han definido los siguientes aspectos a tomar en cuenta antes de iniciar un trabajo de intervención de mantenimiento.

##### **7.15.6.1. Seguridad en la maquinaria**

Se debe tener precaución al utilizar equipos con partes móviles, según Sutton (2010) todos los accesos a dichas partes deberán tener guardas, estas tendrán la función de restringir el acceso a fajas, cadenas, poleas o a cualquier mecanismo que pueda causar alguna lesión. Las guardas deberán estar

correctamente ancladas al equipo, de tal manera que soporten un golpe repentino al mismo.

#### **7.15.6.2. Bloqueo y etiquetado de equipo**

El personal que intervenga el equipo de producción deberá asegurarse que esté bloqueado y etiquetado, de tal manera que cualquier compañero pueda visualizar el estado de la válvula o interruptor eléctrico fuera de uso.

Según Sutton (2010), después de haber bloqueo del equipo se deberá verificar que todos los servicios estén efectivamente apagados, por ejemplo, se recomienda hacer la verificación de los elementos eléctricos conectados al equipo.

#### **7.15.7. Ejecución de trabajo**

Según Kumar (2018) es indispensable mantener informado en todo momento al supervisor, esto ayudará a tener control de la situación y a estar al tanto de eventos no contemplados que impliquen retraso en la entrega del trabajo.

#### **7.15.8. Actualizar bases de datos**

Al finalizar la intervención o reparación, el encargado del sistema de mantenimiento deberá actualizar el sistema con el resultado de la intervención y deberá cerrar la orden de trabajo, notificando de esta manera a los interesados y dando por concluido el mismo.

## **7.16. Estrategias de mantenimiento**

Definir un tipo de estrategia de mantenimiento requiere un buen conocimiento de los principios de la gestión del mantenimiento, así como la comprensión del funcionamiento de la empresa. No existe una manera determinada de establecer una estrategia, cada caso deberá contemplar sus recursos y el estado actual de la empresa, esto ayudará a definir el camino correcto a seguir.

Existe un sinfín de estrategias de mantenimiento, esto se debe a que en ocasiones incluso se han creado mezclas entre ellas, con el objetivo de usar lo que está a la mano, de esta manera se optimiza el tiempo de la instauración de la estrategia.

Es indispensable tener clara la situación en la que se encuentre la empresa, la estrategia planteada deberá seguir los lineamientos y objetivos de la compañía, ya establecidas las necesidades se podrán asignar recursos que hagan posible la ejecución de la estrategia. En la figura 10 se puede observar el diagrama de trabajo para establecer una estrategia de mantenimiento.

Figura 10. Flujo de trabajo de mantenimiento



Fuente: Deighton, M. G. (2016). *Facility integrity management. Chapter 5 - Maintenance management.*

A continuación se presentarán los 4 tipos de estrategias comúnmente aceptadas y adaptadas a la industria.

#### **7.16.1. Optimización de la planificación del mantenimiento**

El objetivo central de este tipo de estrategia es reducir las actividades que no son indispensables, auxiliándose de la base de datos de actividades de mantenimiento. Para facilitar el estudio de la base de datos en ocasiones se utiliza un software que identifica los aspectos a optimizar. Este tipo de estrategia es utilizada para la reducción de costos dentro de un programa de mantenimiento.

#### **7.16.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

Este tipo de estrategia se centra en reconocer o categorizar cuáles son los equipos más importantes para el proceso, debido a esta premisa se deben centrar esfuerzos en los equipos críticos.

La estrategia utiliza el mantenimiento proactivo para desarrollar un plan de mantenimiento que garantice el funcionamiento de los equipos críticos principalmente, de tal manera que las ventas o el negocio no se vea afectado por la falla de un equipo. El resto de equipos no tan importantes siempre estarán incluidos en un programa de mantenimiento, pero con menor inversión de recursos.

#### **7.16.3. Análisis de fallas y sus efectos**

El eje principal de esta estrategia está basado en el análisis profundo de las fallas, con ayuda de herramientas de análisis que determinen los

subsistemas que también han recibido alteraciones de funcionamiento, debido a determinada falla principal. Según Potes Ruiz, Foguem y Noyes (2012) esta estrategia deberá mapear todos los subsistemas implicados, así como identificar todas las partes de cada equipo para que de esta manera se puedan relacionar en el análisis de fallas.

#### **7.16.4. Eliminación de defectos**

Su fundamento principal se basa en la premisa que “las fallas son resultado de los defectos. Eliminar defectos es la única manera de mejorar constantemente un sistema de producción” (Deighton, 2016, p. 135).

Esta estrategia busca eliminar todos aquellos defectos encontrados en etapas tempranas del uso del equipo, eliminando todo aquello que pueda causar problemas de funcionamiento en el futuro, esto ayudará a reducir costos y tiempo invertido en reparaciones. Cada componente del equipo se analiza y se identifican posibles defectos que podrán ser eliminados.

#### **7.17. Calidad**

Según Mas, Sapena, García y Ramírez (2018) los sistemas de gestión son utilizados como una herramienta para estructurar, controlar y manejar las actividades, desarrolladas por una organización en la elaboración de un producto o un servicio.

A continuación se definirán los aspectos esenciales que ayudarán a conceptualizar la gestión de calidad e indicarán la vía a seguir para tener éxito en la implementación.



### **7.18. ¿Qué es la calidad?**

La calidad indica la capacidad que tienen todos los elementos de una entidad para satisfacer las necesidades establecidas. La calidad deberá estar enfocada en la satisfacción al cliente en conformidad con sus requerimientos y diseñada para un propósito específico.

Se dice que la satisfacción del cliente se alcanza cuando el cliente adquiere un producto o un servicio que cumpla con lo que esperaba (Kiran, 2017).

### **7.19. Generalidades de la norma ISO 9001**

Kent (2017) afirma las siguientes generalidades acerca de las norma ISO 9000:

- Provee el marco de trabajo general para los sistemas de gestión y guía en el manejo de documentos.
- Orienta acerca del uso y manejo de la documentación y delimita la información a documentar.
- Es una guía en la mejora de procesos, se analizan las entradas y salidas de un proceso para buscar una mejora.
- Debe ser específica a las actividades de la empresa, la norma es muy genérica, esto obliga a adaptarla a las necesidades de la empresa.

- No especifica los métodos de control de la calidad, estos deberán ser definidos por el usuario.
- Los productos no se certifican ISO 9000, los procesos sí se certifican ISO 9000.

## **7.20. Los 7 principios de la gestión de la calidad y planear-hacer-verificar-actuar**

A partir de la versión 2015 de ISO9001 se redujo la cantidad de principios a 7, estos principios aplican de igual manera a cualquier sistema de gestión y son los siguientes. (Gutiérrez, 2013).

### **7.20.1. Enfoque en el cliente**

El concepto de calidad dice que siempre se debe estar enfocados en conseguir la satisfacción del cliente e incluso exceder sus expectativas. Para lograr conseguir la satisfacción se deberá conocer la necesidad que el cliente tiene en el presente y la manera en la que esta necesidad se pueda desarrollar en el futuro.

### **7.20.2. Liderazgo**

Es establecer un propósito común y la dirección que la empresa deberá seguir, con el objetivo de alcanzar las expectativas del cliente. Un buen liderazgo debe incluir una excelente comunicación a nivel general en la compañía, esto motivará al personal y auxiliará para alcanzar las metas establecidas.

### **7.20.3. Compromiso**

Todos los niveles de la compañía deberán ser competentes y deberán estar comprometidos a entregar su mejor desempeño en el trabajo asignado, para alcanzar los objetivos de la empresa.

### **7.20.4. Enfoque al proceso**

Todas las empresas tienen procesos, el resultado de un buen manejo de estos procesos consiste en la buena gestión de los recursos que estos llevan implícitos. El enfoque en el proceso llevará a mejorar de manera consistente las salidas del proceso y reducirá costos.

Entender los procesos llevará a identificar procesos redundantes, de esta manera se podrán mejorar o eliminar.

### **7.20.5. Mejoras**

Las mejoras son necesarias para conservar la competitividad, todos los aspectos de la empresa deberán ser continuamente evaluados y mejorados.

La mejora continua prepara a la empresa a reaccionar de manera positiva en el mercado actual tan cambiante.

### **7.20.6. Enfoque en decisiones basadas en evidencia**

Las decisiones tomadas con respecto al sistema de gestión deberán ser tomadas única y exclusivamente con evidencia que sustente el cambio o la

mejora. En ningún momento se deberá mezclar la toma de decisiones con sentimentalismos.

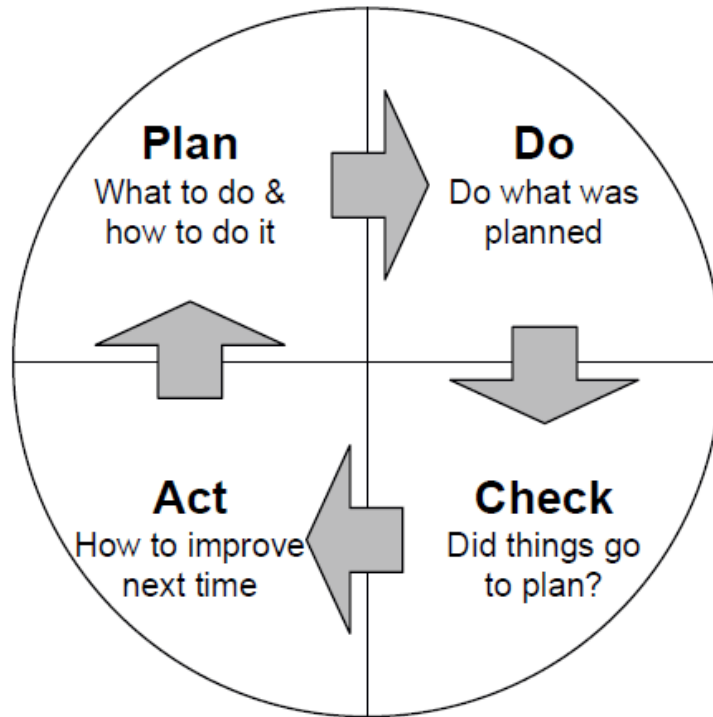
#### **7.20.7. Relación con el cliente**

Las buenas relaciones con los clientes son indispensables para el éxito de un sistema de gestión de calidad. Una buena relación con los proveedores de la cadena de suministros es esencial para establecer y garantizar la operación de la compañía.

#### **7.20.8. Planear, hacer, verificar y actuar**

El ciclo PHVA puede ser utilizado para mejorar el desempeño de cualquier proceso. En la figura 11 se observa un esquema que expresa el flujo de trabajo relacionado con el PHVA.

Figura 11. **Ciclo PHVA**



Fuente: Kent, R. (2017). *Quality management in plastics processing*.

### 7.21. **Planificación de la calidad**

Kathleen, Roger y Kristy (2001) afirman que la planificación de un sistema de calidad garantizará la reducción del desperdicio, reproceso, defectos y quejas.

Planificar previene problemas con anticipación, la norma ISO 9001 hace especial énfasis la planificación por dos vías, la planificación global y un plan detallado que especifique los métodos y la frecuencia de revisiones de productos.

## **7.22. Sistemas de muestreo**

El muestreo de productos está basado en inspeccionar atributos de cada elemento a ser inspeccionado, el objetivo es establecer qué elementos están conforme a los estándares y cuáles no cumplen con los límites definidos. Los sistemas de muestreo deben poseer una base estadística sólida que permita la aceptación de un producto, o el rechazo del mismo, fundamentado en un muestreo confiable.

## **7.23. Diseño del sistema de gestión de calidad**

Al diseñar un sistema de gestión de calidad se debe partir del diseño del producto, definir sus atributos, materias primas, proceso para fabricación, propiedades de la materia prima (sus limitaciones), el diseño de manufactura, tipo de ensambles o procesamiento, por último que el proceso sea sostenible, así como rentable. Previo a definir el diseño de la estructura de fabricación se procederá a incluir la gestión de la calidad de las materias primas, procesos y operaciones.

### **7.23.1. Gestión de calidad para materias primas**

En la industria del plástico las materias primas se conocen como resinas o polímeros, la calidad de las materias primas está en función del proveedor de resina. Es esencial tener materias primas de buena calidad para evitar repercusiones negativas en el producto final, los proveedores suelen contar con la hoja técnica de sus productos y el control de la calidad de los mismos, una copia de este documento deberá ser archivada para poseer trazabilidad de las materias primas.

Las especificaciones de la resina que necesite el proceso de producción deberán ser lo más detalladas posible y deberán ser adquiridas con un proveedor que alcance las especificaciones requeridas, debido al precio elevado de los equipos, para realizar pruebas de laboratorio a resinas, es recomendable tener proveedores confiables que entreguen las materias primas ofrecidas. La figura 12 muestra los diferentes tipos de pruebas desarrolladas en resinas y sus resultados esperados.

Figura 12. **Pruebas desarrolladas en materias primas**

Typical material tests (as delivered)	
Simple tests	
Test type	Property measured
Density	Density
Melt Flow Index (MFI)	Viscosity (related to physical structure and average molecular weight)
Tensile test	Mechanical properties
HDT (Heat Deflection Test)	Thermal and mechanical properties

Fuente: Robin, K. (2016). *Quality management in plastics processing. Chapter 8 - Design quality management.*

### 7.23.2. Gestión de calidad de procesos

La gestión de procesos es clave para que un sistema de gestión pueda triunfar. Una de las herramientas indispensables para gestionar la calidad del

proceso es el diagrama de flujo, este definirá las áreas que contempla cada parte del proceso y ayudará a encontrar las zonas de variación que estén causando algún defecto en el producto final.

Otras herramientas que ayudarán a diseñar la calidad de operaciones son: la capacidad de producción, configuración del equipo en la planta, validación de los procesos, estándares de empaque y especificaciones.

#### **7.23.2.1. Variables a ser controladas en el proceso de extrusión**

Las variables que afectan directamente a la condición del producto final son: presión de derretimiento y temperatura de derretimiento. Las variables que definirán el estado del proceso de manera indirecta generalmente son la velocidad del motor y el amperaje del motor eléctrico.

#### **7.23.3. Gestión de calidad de operaciones**

La satisfacción del cliente no depende únicamente de la elaboración de productos de calidad, las empresas buscan dar un paquete completo a los clientes, esto se da al brindar un excelente servicio y una experiencia favorable en la adquisición de un producto.

En este sentido, para lograr la satisfacción del cliente desde este punto de vista se deberán incluir todas las operaciones de la empresa dentro del diseño del plan de calidad. Los departamentos de ventas, contabilidad y compras deberán ser involucrados en el concepto de calidad, cada equipo deberá alinearse a los objetivos de la organización y seguir los 7 principios de la



calidad. También deberán mejorar sus procesos de manera continua con la herramienta PHVA.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

#### 1.1. Tipos de polímeros

##### 1.1.1. Naturales

##### 1.1.2. Sintéticos

##### 1.1.3. Semisintéticos o regenerados

#### 1.2. Termoplásticos y termoestables

#### 1.3. Propiedades de los plásticos

##### 1.3.1. Identificación de polímeros

###### 1.3.1.1. Prueba de verificación para plásticos comunes

##### 1.3.2. Propiedades físicas

###### 1.3.2.1. Densidad

###### 1.3.2.2. Tamaño de partícula

##### 1.3.3. Propiedades mecánicas

###### 1.3.3.1. Estrés y deformación

- 1.3.3.2. Resistencia a la fricción y desgaste
    - 1.3.4. Reología de polímeros
    - 1.3.5. Comportamiento térmico de los plásticos
      - 1.3.5.1. Calor específico
      - 1.3.5.2. Temperaturas de trabajo
      - 1.3.5.3. Conductividad térmica
  - 1.4. Procesamiento del plástico
    - 1.4.1. Moldeado por inyección
    - 1.4.2. Moldeado por soplado
    - 1.4.3. Extrusión
      - 1.4.3.1. Extrusora de tornillo simple
  - 1.5. Reciclaje del plástico
    - 1.5.1. Materiales plásticos de reciclaje
    - 1.5.2. Reciclaje mecánico de plásticos
      - 1.5.2.1. Almacenaje y clasificación
      - 1.5.2.2. Trituración
      - 1.5.2.3. Lavado
      - 1.5.2.4. Reproceso
    - 1.5.3. Impacto del reciclaje de los plásticos
2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
- 2.1. Objetivos de la gestión del mantenimiento
  - 2.2. *Benchmarking* y evaluación del estado actual
  - 2.3. Sistemas de gestión del mantenimiento
    - 2.3.1. Las tres M en los sistemas de gestión
      - 2.3.1.1. Mano de obra
      - 2.3.1.2. Máquina
      - 2.3.1.3. Métodos
  - 2.4. Análisis de causa raíz

- 2.5. Mantenimiento basado en tiempo de vida de equipo
- 2.6. Mejora continua
- 2.7. Tipos de mantenimiento
  - 2.7.1. Mantenimiento correctivo
  - 2.7.2. Mantenimiento preventivo
  - 2.7.3. Mantenimiento predictivo
  - 2.7.4. Mantenimiento proactivo
- 2.8. Flujo de trabajo en mantenimiento
  - 2.8.1. Revisión de las solicitudes de trabajo
  - 2.8.2. Desarrollo de un plan de actividades
  - 2.8.3. Compra de repuestos y materiales
  - 2.8.4. Programación de trabajo
    - 2.8.4.1. Priorización de órdenes de trabajo
    - 2.8.4.2. Reuniones programadas
  - 2.8.5. Preparación de equipo
  - 2.8.6. Seguridad industrial
    - 2.8.6.1. Seguridad en la maquinaria
    - 2.8.6.2. Bloqueo y etiquetado de equipo
  - 2.8.7. Ejecución de trabajo
  - 2.8.8. Actualizar bases de datos
- 2.9. Estrategias de mantenimiento
  - 2.9.1. Optimización de la planificación del mantenimiento
  - 2.9.2. Mantenimiento centrado en la confiabilidad
  - 2.9.3. Análisis de fallas y sus efectos
  - 2.9.4. Eliminación de defectos

### 3. CALIDAD

- 3.1. ¿Qué es la calidad?

- 3.2. Generalidades de la norma ISO 9001
- 3.3. Los 7 principios de la gestión de la calidad y planear-hacer-verificar-actuar
  - 3.3.1. Enfoque en el cliente
  - 3.3.2. Liderazgo
  - 3.3.3. Compromiso
  - 3.3.4. Enfoque al proceso
  - 3.3.5. Mejoras
  - 3.3.6. Enfoque en decisiones basadas en evidencia
  - 3.3.7. Relación con el cliente
  - 3.3.8. Planear, hacer, verificar y actuar
- 3.4. Planificación de la calidad
- 3.5. Estándares de calidad. Evaluando el estado actual de la empresa
- 3.6. Sistemas de muestreo
- 3.7. Diseño del sistema de gestión de calidad
  - 3.7.1. Gestión de calidad para materias primas
  - 3.7.2. Gestión de calidad de procesos
    - 3.7.2.1. Variables a ser controladas en el proceso de extrusión
  - 3.7.3. Gestión de calidad de operaciones

#### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Enfoque**

Se desarrollará una investigación con enfoque mixto. Se analizarán variables cuantitativas al establecer los controles de los procesos y los niveles aceptables de mantenimiento de la unidad de análisis. El enfoque cualitativo estará representado por el resultado de la encuesta de satisfacción al cliente.

### **9.2. Diseño**

La investigación es no experimental, ya que no se manipularán variables de manera correlacional o ensayos de laboratorio. Los datos serán obtenidos por medio de la observación, esto determinará su uso a través de las herramientas de análisis de datos de producción y mantenimiento.

### **9.3. Tipo**

Para el desarrollo de la investigación se implementará un estudio descriptivo, con la finalidad de cumplir con los objetivos de la presente investigación. Se describirá el estado actual de la empresa para registrar las variables y su comportamiento en la operación. Para finalizar se evaluarán los beneficios de tener las variables bajo control.

#### **9.4. Alcance**

El alcance metodológico es descriptivo, ya que la empresa está proporcionando toda la información histórica referente a las variables de estudio, esto permitirá realizar la evaluación del estado actual de los sistemas de gestión y el comportamiento de los mismos.

#### **9.5. Unidad de análisis**

La unidad de análisis para esta investigación será la línea de producción de bolsas plásticas de alta densidad, en una planta productora de bolsas.

#### **9.6. Fases**

Con el objetivo de finalizar la investigación, se han definido las fases que se deberán contemplar.

- Fase 1: en esta fase se realizará la revisión documental, los antecedentes establecerán el estado del arte referente al tema de la investigación, se sentarán las bases que proporcionarán un conocimiento general del problema mediante el estudio del marco teórico aplicado a la industria de interés.
- Fase 2: corresponde al análisis del estado actual de la empresa, mediante la observación de campo se recolectarán datos que determinen los defectos causados en los productos, debido al pobre mantenimiento realizado en los equipos de producción.

En esta etapa se determinará el proceso de muestreo, según el lote producido y el producto que se está trabajando. Todos los datos serán recopilados en un formato de recolección de datos, específicamente diseñado para esta fase en particular.

Se establecerán diagramas del proceso de producción, se determinarán los responsables de la recolección de datos de los productos y de fallas en los equipos de producción. Con los datos recolectados se establecerán los límites aceptables referentes a la calidad de los productos y a las fallas en los equipos.

- Fase 3: con los datos recolectados en la fase 2 se determinarán los elementos críticos sujetos a mejora, el análisis se obtendrá por medio de diagramas causa – efecto, también se establecerán prioridades con ayuda de histogramas.

El análisis de las herramientas mencionadas se realizará en conjunto con el ejecutivo de la empresa, con el respaldo del formato de análisis de resultados, esto tendrá como objetivo establecer las prioridades con respecto a la calidad y al mantenimiento, alineados a la directiva de la organización.

- Fase 4: esta fase contendrá los beneficios obtenidos del estudio realizado, de tal manera que se reflejen en la gestión de la calidad y del mantenimiento.

El informe planteará las bases que justifiquen la utilización de un modelo de calidad bajo la norma ISO 9001:2015 con el mantenimiento. Se realizará una encuesta que determinará el nivel de satisfacción del cliente, tanto interno como externo.



## 9.7. Variables e indicadores

Tabla I. Variables e indicadores

Objetivo	Variable	Tipos de Variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Proponer la utilización de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 que mejorará el mantenimiento y reducirá los productos defectuosos debido a las fallas del equipo de producción de una industria manufacturera de bolsas plásticas.	Satisfacción al cliente interno	Dependiente Cualitativa Nominal	Índice de satisfacción del cliente interno	Encuesta	
Identificar los defectos que afectan la calidad de los productos debido a las fallas en los equipos de producción	Defectos producidos por fallas en equipo de producción	Independiente Cuantitativa Ordinal	Indicador de defectos de producción debido a fallas	Estudio de campo	Formato de recolección de datos
Determinar los elementos críticos que deben mejorarse de la gestión del mantenimiento y la calidad en la elaboración de bolsas plásticas	Elementos críticos sujetos a mejora	Dependiente Cuantitativa Ordinal	Índice de criticidad de elementos a mejorar	Estudio de Campo	Formato de análisis de resultados
Evaluar los beneficios de la utilización de un modelo de gestión de calidad ISO 9001:2015 integrado con un modelo de gestión de mantenimiento	Beneficios obtenidos del estudio	Dependiente Cualitativa Nominal	Indicador de satisfacción del cliente externo	Encuesta	

Fuente: elaboración propia.

## 9.8. Resultados esperados

Se espera que, como resultado del estudio de los antecedentes y el marco teórico, sea posible desarrollar de manera satisfactoria la investigación, de tal manera que toda la documentación contenga todos los aspectos necesarios a ser aplicados en la industria de la fabricación de bolsas plásticas.

El objetivo principal del uso de la metodología será obtener la satisfacción del cliente, mediante la utilización de la norma ISO 9001:2015, y se espera que el mantenimiento refleje mejoras en el producto terminado.

Los defectos como la resistencia a la ruptura, el calibre del material y la presentación, serán recolectados en la segunda fase de la metodología, se espera que la recolección de estos datos defina la relación que tiene el mantenimiento industrial con los defectos. La relación será evidente tras dar inicio con el programa de mantenimiento. Todos los datos relacionados con los defectos serán analizados por medio de herramientas estadísticas.

Se espera que en la fase del estado actual de la empresa se desarrollen los diagramas de proceso que facilitarán el análisis de los aspectos críticos a mejorar.

Como resultado de las herramientas administrativas para el análisis y solución de problemas se espera que los procesos sean desarrollados para encontrar la causa raíz de los problemas de calidad, de esta manera se podrá dar un mejor enfoque a las causas y se desarrollarán planes de acción para mitigar los problemas críticos de producción, relacionados con la calidad y el mantenimiento.

Con la ayuda de esta investigación se espera que el negocio sea más rentable para el propietario y traiga satisfacción a los clientes, proporcionándoles producto terminado que cumpla sus expectativas. También se espera que el estudio deje las bases sentadas para poder instaurar un modelo de la norma ISO 9001:2015, de tal manera que, si la empresa necesita implementarla para ser más competitiva, lo pueda lograr en un corto lapso de tiempo.

## 9.9. Población y muestra

Para la presente investigación se utilizará una muestra de población de 15000 bolsas para la recolección de datos discretos con un tamaño de muestra de 25 unidades, utilizando un muestreo probabilístico sistemático. Se debe trabajar con una muestra significativa como se describe en la tabla II.

Tabla II. **Ecuación para determinar muestra**

<b>Tamaño de muestro</b>	<b>Producto muestreado</b>	<b>Descripción</b>
Cantidad de muestras aleatorias por lote	Bolsa plástica de alta densidad de tamaño específico	Cantidad de muestras para realizar análisis

  
$$k = \frac{N}{m}$$
  

---

$$\frac{15000}{25} = 600 \text{ (se tomará una muestra cada 600 bolsas producidas)}$$

Fuente: elaboración propia.

Cada dato obtenido de las muestras seleccionadas aleatoriamente se registrará en el formato de recolección de datos (ver anexo).

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Para el desarrollo de la investigación y análisis de las variables cuantitativas, se utilizarán técnicas de estadística descriptiva, media, mediana, moda, desviación estándar, entre otras.

Los datos serán tabulados en el respectivo formato para la recolección de los mismos, tal como se observa en el apartado de anexos de esta investigación. En el formato se recolectarán datos de operación del equipo de producción, de tal manera que se pueda llevar un registro histórico del desempeño y se establezcan los parámetros de comportamiento normal.

Los datos serán analizados por medio de gráficas que describan el comportamiento de los datos cuantitativos, análisis “ir, observar, pensar y hacer”. Este método de análisis de información contempla el uso de las herramientas administrativas de resolución de problemas (5W y 1H, Ishikawa, entre otros). Los formatos utilizados para la recolección y análisis de datos se presentan en el anexo de esta investigación.

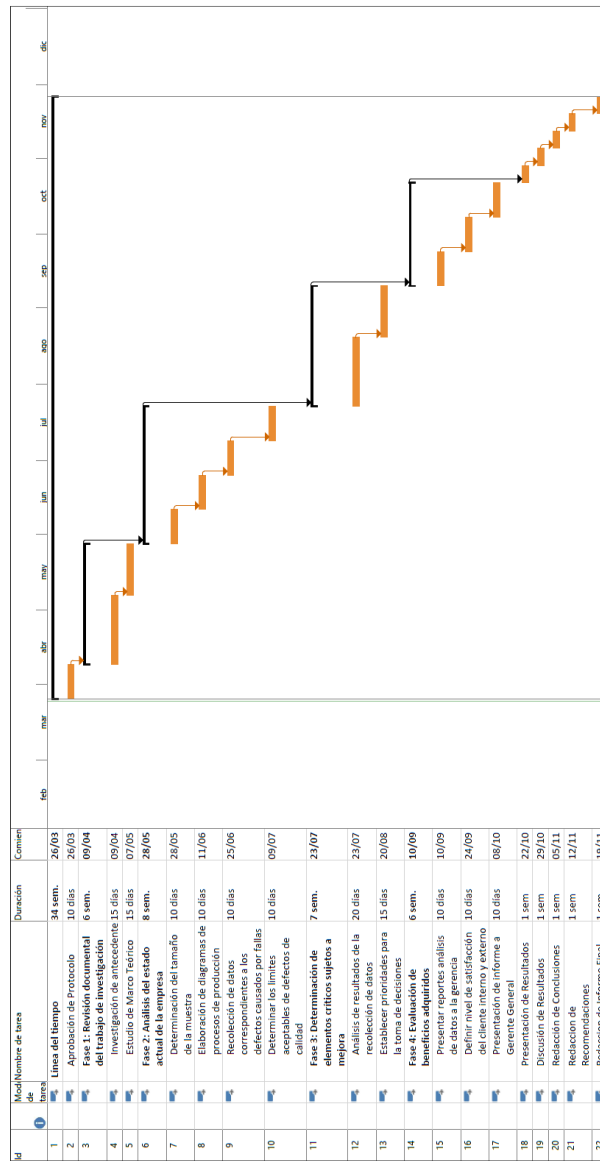
Para el análisis de las variables cualitativas se recopilarán datos por medio de encuestas con el objetivo de establecer el nivel de satisfacción del cliente interno y externo (ver anexo).

Los resultados de las encuestas serán útiles para establecer el rumbo que deberá tomar la empresa y reflejará el resultado de las mejoras.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 13. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

El estudio es factible, ya que se cuenta con todos los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases de investigación.

La empresa está dispuesta a colaborar con los recursos que tiene disponibles. El recurso humano necesario para la recolección de datos, equipo de trabajo, infraestructura, el acceso y uso de la información.

El recurso financiero será aportado por el tesista, los costos de la investigación se listan a continuación:

Tabla III. **Costos de la investigación**

<b>Núm.</b>	<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>1</b>	Humano	Mano de obra del investigador	Q 15,000.00	55 %
<b>2</b>	Material	Papelería y útiles	Q 1,500.00	5 %
<b>3</b>	Transporte	Consumo de combustible y depreciación de vehículo	Q 4,000.00	17 %
<b>4</b>	Alimentación	Alimentación	Q 2,000.00	11 %
<b>5</b>	Tecnología	Equipo de cómputo e impresiones	Q 1,500.00	5 %
<b>6</b>	Imprevistos	Imprevistos	Q 1,000.00	7 %
		<b>TOTAL</b>	<b>Q 27,500.00</b>	<b>100 %</b>

Fuente: elaboración propia.





### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abhishek, J. & Harwinder, S. (2018). *Identification of key enablers for Total Productive Maintenance (TPM) implementation in Indian SMEs: a graph theoretic approach. Benchmarking: an international journal*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
2. Anders, F.; Bjarne, B.; Henrik, E. & Ida, G. (2018). *Challenges and propositions for research in quality management. International Journal of Production Economics*, 137 p.
3. Anshuman, S. (2018). *Introduction to Plastics Engineering. 3 - Plastic properties and testing*. Elsevier Inc.
4. Bhargava, V. (2015). *Robust plastic product design*. Munich: Carl Hanser Verlag.
5. Bupe, G. M. & Charles, M. B. (2015). Design of a Total Productive Maintenance model for effective implementation: case study of a chemical manufacturing company. *Procedia Manufacturing*, pages 461-470.
6. Camilla, L.; Anders, S. & Jon, B. (2018). Quantifying the effects of maintenance – A literature review of maintenance models. *Procedia CIRP*, pages 1305-1310.

7. Castro, J. & Proaño, M. (2018). Argumentación como determinante de las decisiones judiciales: evidencia empírica del control abstracto de constitucionalidad en Ecuador. *Revista Derecho del Estado n.41*, págs. 37-65.
8. Deighton, M. G. (2016). *Facility Integrity Management. Chapter 5 - Maintenance management*. Cambridge: Gulf Professional Publishing.
9. Dominick, V. R.; Donald, V. R. & Matthew, V. R. (2004). *Plastic product material and process selection handbook*. Elsevier Science, pages 227-281.
10. Edward, N. P. (2017). *1 - Engineering thermoplastics—Materials, properties, trends*. En K., Myer. *Applied plastics engineering handbook*. Second edition. Elsevier Inc.
11. Eldridge, M. M. (2017). *12 - Extrusion processes*. En: MountIII, E. M. *Applied plastics engineering handbook*. Canandaigua, NY, United States: EMMOUNT Technologies. Second edition, pages 217-264. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00012-2>
12. Fundin, A.; Bergquist, B.; Eriksson, H. & Gremyr, I. (2018). Challenges and propositions for research in quality management . *International Journal of Production Economics*, pages 125-137.
13. García Sanz Calcedo, J. & Gómez Chaparro, M. (2017). Quatitative analysis of the impact of maintenance management on the energy

- consumption of a hospital in Extremadura (Spain). *Sustainable Cities and Society*, pages 1-15.
14. George, H. M.; Edward, N. P. & Ruth, K. A. (2011). 2 - *Engineering thermoplastics*. En: Kutz, M. *Applied plastics engineering handbook*. Chicago: Elsevier Inc., pages 7-21.
  15. Gutiérrez P., H. (2013). *Control estadístico*. Mexico D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
  16. Kathleen, E. M.; Roger, G. S. & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management*, pages 123-144.
  17. Kathleen, E. M., Roger, G. S., & Kristy, O. C. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, pages 39-58.
  18. Kent, R. (2017). *Quality management in plastics processing*. Amsterdam: Elsevier Ltd.
  19. Kiran, D. (2017). *Total quality management: key concepts and case studies*. Chapter 1 - *Total quality management: an overview*. Cambridge: Butterworth-Heinemann. pages 1-14.
  20. Kirk, M. C. & Patrick, W. (2011). 1 - *Plastics materials*. En: Kutz, M. *Applied plastics engineering handbook*. Chicago: Elsevier Inc., pages 3-5.

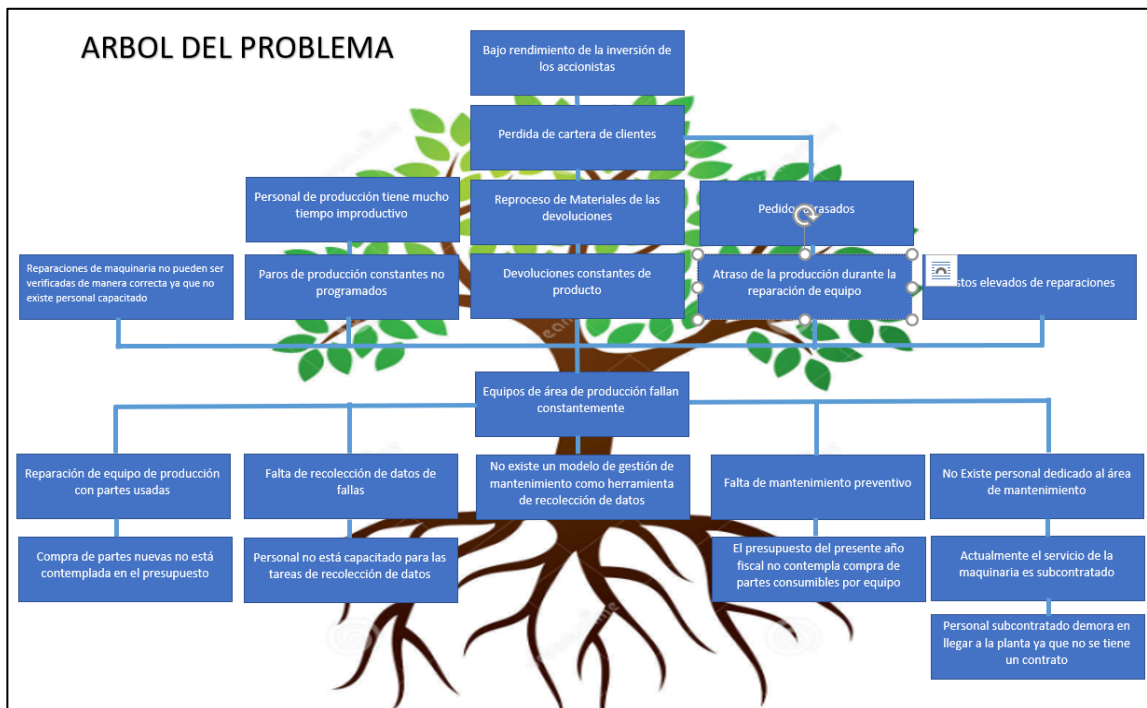
21. Kumar, D. & Kumar, D. (2018). *Sustainable management of coal preparation. Chapter 18 - Maintenance management*. Chennai: Woodhead Publishing Series in Energy.
22. Mas, B. I.; Sapena, R. R.; García, C. & Ramírez, P. J. (2018). Implantación y desarrollo de un sistema integrado de gestión de calidad según la norma ISO 9001:2015 en un servicio de dermatología. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, págs. 92-101.
23. Mehmeti, X.; Mehmeti, B. & Sejdiu, R. (2018). *The equipment maintenance management in manufacturing enterprises*. International Federation of Automatic Control, pages 51-30.
24. Merrington, A. (2017). 9 - *Recycling of plastics*. En: Kutz, M. *Applied plastics engineering handbook*. Oxford: William Andrew.
25. Mobley, K. R. (2004). *Maintenance fundamentals*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
26. Mount, E. M. (2017). 12 - *Extrusion processes*. En: Kutz, M. *Applied plastics engineering handbook*. Chadds Ford: William Andrew. pages 217-264.
27. Potes Ruiz, P. A.; Foguem, B. K. & Noyes, D. (2012). Knowledge reuse integrating the collaboration from experts in industrial maintenance management. *Knowledge-Based Systems*, pages 171-186.
28. Purushothama, B. (2010). *Effective implementation of quality management systems*. India: Woodhead Publishing India.

29. Rauwendaal, C. (2018). *Understanding extrusion*. California: Hanser publications.
30. Robin, K. (2016). *Chapter 8 - Design quality management. Quality management in plastics processing*. Elsevier Ltd.
31. Sanjay, L. A. & Paul, D. (2000). The impact of design management and process management on quality: an empirical investigation. *Journal of Operations Management*, pages 549-575.
32. Shen, L. & Worrell, E. (2014). Chapter 13 - Plastic recycling. En: Reuter, M. A. *Handbook of recycling*. Oxford: Elsevier, pages 179-190.
33. Shrivastava, A. (2018). *Introduction to plastics engineering*. Cambridge: William Andrew.
34. Sutton, I. (2010). *Chapter 8 - Operations, maintenance, and safety. Process risk and reliability management*. Oxford: William Andrew, pages 371-424.
35. Tiong, K. L.; Norhayati, Z. & Muhamad, Z. M. (2012). Quality management maintenance and practices-technical and non-technical approaches. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pages 688-696.
36. Young, S. C.; Joo, Y. J. & Kevin, L. (2017). The QM evolution: behavioral quality management as a firm's strategic resource. *International Journal of Production Economics*, pages 233-249



# 14. APÉNDICES

## Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 2. Matriz de coherencia

MATRIZ DE COHERENCIA			
TITULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS
		Principal	General
<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON LA UTILIZACIÓN DE LA NORMA ISO 9001:2015, EN UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOLSAS PLÁSTICAS</b></p>	<p>Al emprender en el desarrollo de una empresa nos encontramos diversos problemas que van intrínsecos a este tipo de dinámica, uno de los problemas más comunes es la manera en la que se gestionara la calidad y el mantenimiento de una nueva empresa. En una empresa recién fundada, que se dedica a la elaboración de bolsas plásticas, debido al alto índice de fallas del equipo de producción, se ha visto afectada en su productividad, generando pérdidas en sus ganancias y pérdida de clientes.</p> <p>Los problemas que afronta esta nueva empresa son variados, el índice de paros producto del fallo de maquinaria está golpeando seriamente la productividad y la eficiencia del equipo, así como la del personal, continuamente los colaboradores deben detener labores al no contar con equipo en buenas condiciones para trabajar.</p> <p>La falta de personal de mantenimiento capacitado ha dejado consecuencias graves, ya que, al no tener conocimiento necesario para realizar una reparación de la manera correcta, ha ocasionado más problemas sin aun haber encontrado el problema raíz que está provocando fallas más graves y a su vez productos defectuosos.</p> <p>Es indispensable corregir el rumbo que lleva esta empresa recién fundada, de tal manera que los clientes sigan interesados en seguir comprando productos que satisfagan sus necesidades y que esto genere las ganancias necesarias para seguir siendo un negocio atractivo; de lo contrario, los inversionistas que confiaron en el emprendimiento de esta empresa se verán obligados a retirar la inversión del negocio</p>	<p>¿Cómo la utilización de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 mejorará el mantenimiento y reducirá los productos defectuosos debido a las fallas del equipo de producción de una industria manufacturera de bolsas plásticas?</p>	<p>Proponer la utilización de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 que mejorará el mantenimiento y reducirá los productos defectuosos debido a las fallas del equipo de producción de una industria manufacturera de bolsas plásticas</p>
		<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>
		<p>• ¿Qué fallas en los equipos de producción provocan defectos que afectan la calidad de los productos?</p>	<p>• Identificar los defectos que afectan la calidad de los productos debido a las fallas en los equipos de producción.</p>
		<p>• ¿Qué elementos críticos deben mejorarse en la gestión de mantenimiento y calidad en la elaboración de bolsas plásticas?</p>	<p>• Determinar los elementos críticos que deben mejorarse de la gestión del mantenimiento y la calidad en la elaboración de bolsas plásticas</p>
<p>• ¿Qué beneficios se obtendrán al aplicar la gestión de un modelo de calidad ISO 9001:2015 en el mantenimiento de una industria manufacturera de bolsas plásticas?</p>	<p>• Evaluar los beneficios de la utilización de un modelo de gestión de calidad ISO 9001:2015 integrado con un modelo de gestión de mantenimiento.</p>		

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Encuesta de satisfacción del cliente

FORMATO MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTÁNDARES - ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO										
LOGO ESTABLECIMIENTO	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO									
	EL OBJETIVO DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO ES CONOCER LA OPINIÓN DE LOS CLIENTES PARA A PARTIR DE ESTA INFORMACIÓN IMPLEMENTAR ACCIONES QUE PERMITAN MEJORAR LA CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS OFRECIDOS Y LAS NORMAS DE BIOSEGURIDAD IMPLEMENTADAS.									
NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO:		DIRECCIÓN:		TELÉFONO:						
<p>Gracias por realizar la encuesta de satisfacción del usuario. No tardará más de cinco minutos en completarla y nos será de gran ayuda para mejorar nuestros servicios. Los datos que en ella se consignen se tratarán de forma anónima.</p> <p>Clasifique su nivel de satisfacción de acuerdo con la siguiente escala de clasificación:            1 = PÉSIMO 2 = REGULAR 3 = ACEPTABLE 4 = BUENO 5 = EXCELENTE NE = (NO EVIDENCIADO) si no fue posible observar los aspectos asociados con la pregunta</p>										
FECHA: _____					1	2	3	4	5	
1. ¿Cómo califica el servicio que prestó el establecimiento?										
2. ¿Cómo es el trato del personal hacia los usuarios o clientes?										
3. ¿Considera que todo el personal se encuentra capacitado y es idóneo para realizar los servicios?										
4. ¿Cómo califica las instalaciones, elementos, productos o equipos empleados en el servicio?										
5. ¿Se utilizan elementos de protección personal adecuados para el trabajador y para el usuario? (Guantes, tapabocas, uniforme, protectores, entre otros)										
6. ¿Se promocionan e implementan frecuentemente procedimientos de lavado de manos en trabajadores y usuarios?										
7. ¿Se realizan procedimientos de limpieza, desinfección y esterilización de los elementos de trabajo de forma frecuente y adecuada?										
8. ¿Se promueve e implementa la separación y disposición de residuos (elementos desechables y otros) en recipientes y bolsas apropiadas?										
9. ¿En el establecimiento existe alguna información clara y pertinente sobre hábitos de vida saludable?										
10. ¿Se implementa alguna medida preventiva para la aplicación de productos cosméticos (uso correcto, prueba de sensibilidad, manejo de reacciones alérgicas)?										
Desea realizar algún comentario adicional: _____										
FECHA DE ELABORACIÓN:		RESPONSABLE:		FECHA DE REVISIÓN:						

Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. **Tablas de tabulación de datos**

Tabla A. **Formato de recolección de datos**

No.	Fecha	No. Lote	Defecto	Operador	Hora	T° de operación	Tipo de producto
-----	-------	----------	---------	----------	------	-----------------	------------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla B. **Formato de análisis de datos**

No.	Elemento crítico	Herramienta administrativa a ser utilizada	Resultado de análisis estadístico	Resultado de análisis de histograma	Problema de mantenimiento	Problema de Calidad
-----	------------------	--	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------	---------------------

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 5. Formatos de análisis de información

<b>Describe the Problem</b> <small>(Problem identified from FI Project selection process, operations reviews)</small>				
<b>Check Conditions, Standards and Procedures</b>				
Check Points	What is the Action?	Who	When	Status
<small>Write Y for Yes, N for No on the Tick Box</small>	<small>If the answer is No, write down Action, Who, When, Status</small>			
<input type="checkbox"/> Do we have corrective (temporary fix) and containment actions?				
<input type="checkbox"/> Do we have a standard?				
<input type="checkbox"/> Is the standard clear and available?				
<input type="checkbox"/> Do people know the standard and are they trained?				
<input type="checkbox"/> Are equipment and materials in specification?				
<b>Draw/Sketch the Flow/Machine/Process</b>				
<div style="background-color: #92d050; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">GO-SEE</div> <div style="background-color: #92d050; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold; margin-top: 5px;">Process Flow Information Flow Material Flow</div>				
<b>Focus in on the Problem</b>				
WHAT		WHEN		
HOW		WHERE		
WHICH		WHO		
<b>Problem Statement:</b>				
<b>Indicator Impacted</b> (Success Criteria):				

Continuación del apéndice 5.

**Analyse Possible Root Causes and Verify Root Cause/s**

**CAUSE-EFFECT ANALYSIS**

**5 WHY ANALYSIS (Go deeper to find the root cause)**

MAIN POSSIBLE CAUSES	Yes/No	WHY?	Yes/No	WHY?	Yes/No	WHY?	Yes/No	WHY?	Yes/No	WHY?

1. Start the Question with **WHY**, Start the answer with **Because**      3. Encircle verified root causes  
 2. Put **YES** - if cause is verified in the gemba, **NO** - if cause is not confirmed in the gemba 4. Label each root cause with 1, 2... to be used for Action

**Plan and Implement Preventive and Sustainable Solutions**

Root Cause*	Action List	Who	When	Status

\*Write down the **NUMBER** corresponding to the root cause as identified in the 5 whys (previous step)

Fuente: elaboración propia.