



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI, EN UNA
PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

Luis Antonio Lobo Par

Asesorado por el MA. Ing. Aroldo Osias Cuc Caal

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI, EN UNA
PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ANTONIO LOBO PAR

ASESORADO POR EL MA. ING. AROLD OSIAS CUC CAAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2023

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 Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
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 ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 04 de noviembre de 2022.

Luis Antonio Lobo Par



EEPFI-PP-1549-2022

Guatemala, 6 de noviembre de 2022

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela De Ingenieria Mecanica
Presente.

Estimado Ing. Morales

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros)**, presentado por el estudiante **Luis Antonio Lobo Par** carné número **201504040**, 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 Ingeniería De Mantenimiento.


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.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Aroldo Osias Cuc Caal
Asesor(a)
Aroldo Osias Cuc Caal
Ingeniero Forense
Colegiado 6,295


Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIM-1322-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Antonio Lobo Par**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gilberto Morales Baiza
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica

Guatemala, noviembre de 2022

Facultad de Ingeniería

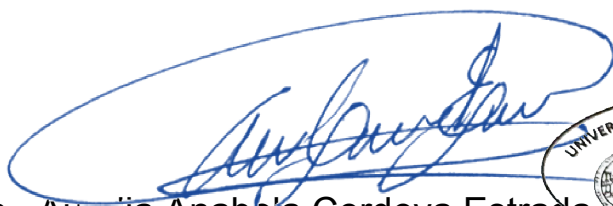
Decanato
24189101-
24189102


secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.475.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA COEXTRUSORA DE PLÁSTICO MARCA BIELLONI, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, presentado por: **Luis Antonio Lobo Par**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabeña Cordova Estrada
Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la sabiduría en este proceso.
Mis padres	Por el apoyo económico e incondicional siempre.
Mis hermanas	Por apoyarme, alentarme y siempre estar en los momentos difíciles.
Mis hermanos	Por acompañarme en los años de universidad.
Mi abuelo	Por el apoyo económico en todo momento.
Mi abuela	Por sus consejos de vida y siempre salir adelante.
Mis amigos	Por esos momentos de estudio que compartimos en los años de academia.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser mi segunda casa en los años de academia.

Mis amigos Por compartir conocimientos académicos y amistad incondicional.

Ingenieros Por ser inspiradores y por dar buenos consejos profesionales y de vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Pregunta central	5
3.2. Preguntas auxiliares	6
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. OBJETIVOS	9
5.1. General.....	9
5.2. Específicos	9
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	11
7. MARCO TEÓRICO.....	13
7.1. Industria de extrusión de plástico	13
7.1.1. Proceso de extrusión	13
7.1.2. Máquina coextrusora de plástico	14
7.1.2.1. Materia prima de extrusión	14

7.1.2.2.	Tornillos extrusores	14
7.1.2.3.	Matriz del equipo extrusor	15
7.1.2.4.	Sistema IBC	16
7.1.2.5.	Rodillo Nip Roll.....	18
7.1.2.6.	Alineador de película.....	18
7.1.2.7.	Tratador corona.....	19
7.1.3.	Industria La Popular	20
7.1.3.1.	Historia	20
7.1.3.2.	Ubicación.....	21
7.1.3.3.	Mercado	22
7.2.	Mantenimiento.....	22
7.2.1.	Averías en el mantenimiento	22
7.2.1.1.	Clasificación de averías.....	23
7.2.2.	Clasificación de los tipos de mantenimiento.....	25
7.2.2.1.	Mantenimiento correctivo	25
7.2.2.2.	Mantenimiento preventivo	26
7.2.2.3.	Detección de fallas	26
7.2.2.4.	Modificación del diseño	26
7.2.2.5.	Reemplazo	27
7.2.3.	Plan de mantenimiento.....	27
7.2.3.1.	Tareas de mantenimiento.....	27
7.2.3.2.	Mantenimiento preventivo eléctrico	27
7.2.3.3.	Mantenimiento preventivo mecánico	28
7.2.3.4.	Mantenimiento preventivo neumático ...	29
7.3.	Diseño de planes	29
7.3.1.	<i>Software</i> infomante	29
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	12
2.	Tornillo extrusor.....	15
3.	Matriz de coextrusora.....	16
4.	Sensor del sistema de IBC.....	17
5.	Mangueras de distribución de aire frío del IBC.....	17
6.	Rodillo nip roll.....	18
7.	Alineador de película.....	19
8.	Tratador corona.....	20
9.	Ubicación de Industria La Popular.....	21
10.	Curva de la bañera.....	24
11.	Datos del equipo para asociar en sistema infomante.....	30
12.	Diagrama para creación de mantenimiento preventivo en infomante.....	31
13.	<i>Software</i> Infomante	32
14.	Cronograma de actividades.....	43

TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	35
II.	Montos aproximados de investigación	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celcius
%	Porcentaje

GLOSARIO

Avería	Daño, rotura o fallo que impide o perjudica el funcionamiento de un mecanismo.
Calidad	Es la totalidad de funciones y características de un bien o servicio que atañen a su capacidad para satisfacer necesidades expresas o implícitas.
Cavitación	Es la formación y explosión repentina de burbujas de vapor.
Coextrusora	Máquina utilizada para el proceso de extrusión de dos o más polímeros distintos.
Confiabilidad	Probabilidad de buen funcionamiento de algo.
Corrosión	Es el proceso de deterioro de materiales metálicos mediante reacciones químicas y electroquímicas, debido a que estos materiales buscan alcanzar un estado de menor potencial energético.
Criticidad	Es la condición de importancia de algo crítico.
Disponibilidad	Manera de cuantificar cuánto tiempo está su equipo funcionando como debe.

Empaque	Es el contenedor de un producto, que fue diseñado y producido para protegerlo y preservarlo durante su traslado, almacenamiento y entrega al cliente final.
Scorene	Es una clasificación de polímero.
Extrusora	Máquina encargada de la extrusión de polímeros mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión y empuje de los materiales.
Falla	Evento inesperado que implica el mal funcionamiento o el cese en las funciones de los equipos.
Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.
Frecuencia	Cantidad de tareas que se deben realizar cada cierto tiempo establecido.
Homogenizar	Proceso que combina diversas sustancias para producir una mezcla uniformemente consistente.
IBC	Enfriamiento interno de la burbuja.
Infomante	<i>Software</i> utilizado para la gestión del mantenimiento.
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

Matriz	Es un elemento de una máquina extrusora utilizada en el proceso de extrusión.
MGM	Manual general de mantenimiento.
MTBF	Tiempo medio entre fallas.
MTTR	Tiempo medio en reparación de fallas.
Optimizar	Conseguir que algo llegue a la situación óptima o dé los mejores resultados posibles.
Polietileno	Es un plástico utilizado en el proceso de extrusión.
S.A.	Sociedad Anónima.
Software	Sistema formal informático que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hace posible la realización de tareas específicas.
TPM	Mantenimiento productivo total.
Tratador corona	Es un equipo que aumenta la energía superficial de films, para mejorar la permeabilidad y adhesión de tintas.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una sistematización porque se propone un plan de mantenimiento preventivo, el cual conlleva la actualización y creación de nuevos planes de mantenimiento, para la mejora y eficiencia en el funcionamiento de una coextrusora de plástico.

El problema que presenta son las constantes fallas de los equipos de una máquina coextrusora de plástico. Esto afecta en una baja producción y tiempos de reparación en mantenimientos correctivos. El problema ocurre durante períodos de producción y la ocurrencia de fallas se ha agravado desde el inicio del año 2022. Los paros afectan en tiempos muertos, tanto en producción como en mantenimiento, por fallas en los equipos.

La importancia de la solución del problema de investigación es obtener un procedimiento de mantenimiento preventivo para los equipos de una coextrusora de plástico. La aplicación de este procedimiento beneficiará tanto en producción como en mantenimiento. Esto se debe a que tendrá mayor tiempo de disponibilidad del equipo en producción y se evitarán los mantenimientos correctivos en los equipos que conforman la coextrusora. Indirectamente se mantendrán y preservarán los equipos para que alcancen su tiempo de vida útil en servicio.

El presente estudio aportará información necesaria para tener una disponibilidad mayor de la máquina coextrusora en operación. Con esto, la máquina será más eficiente en el proceso de coextrusión, produciendo película extruida de calidad, para la producción de empaques flexibles.

Los resultados esperados pretenden disminuir la cantidad de reporte de fallas, en los equipos de una máquina coextrusora de plástico de una planta de fabricación de empaques flexibles. Al desarrollar el monitoreo, se identificarán los equipos con fallas más recurrentes, lo cual servirá de base para evaluar las fallas posteriores a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

El esquema de solución propone la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para una máquina coextrusora de plástico. Se identificarán los equipos que no tienen un plan de mantenimiento establecido, con inspecciones de los planes ya existentes en el *software*, para la gestión del mantenimiento. Se categorizarán las fallas eléctricas, mecánicas y neumáticas más frecuentes en el equipo. Se comparará la ocurrencia de fallas del equipo extrusor, posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

La elaboración de esta investigación es factible porque se encuentra la información teórica; el financiamiento está aprobado por parte de la empresa para que se lleve a cabo la investigación.

2. ANTECEDENTES

Beltrán y Mancilla (2012) implementaron el TPM en máquinas extrusoras y su productividad a nivel global. Se establecieron procedimientos de trabajos adecuados, para incrementar la productividad las extrusoras y chillers a través de la implementación de las herramientas del estudio de trabajo. Obtuvieron excelentes resultados por los diferentes autores en la importancia del TPM en máquinas extrusoras. Esto ayuda a las empresas a prevenir paradas inesperadas que bajen la producción y afecten la rentabilidad y, sobre todo, asegurar la calidad de producto. El aporte metodológico es la implementación de TPM y su efecto en la productividad.

Cuenca (2021) llevó a cabo la actualización del plan existente en la compañía Anvivaplast. Se extrajo una data del plan existente, para luego clasificar la información más relevante, optimizarla y completarla, para que el mantenimiento fuera más eficaz, tomando en cuenta los tiempos de paros en producción y la criticidad de los equipos en el proceso. Se complementó con la codificación de los equipos para asignarles el mantenimiento correspondiente; todo esto se realizó para que el plan modificado fuera dinámico y óptimo para efectuar las tareas propuestas. El aporte metodológico consiste en la optimización de un plan existente, para mejoras técnicas en la aplicación del mantenimiento propuesto.

Díaz y Cañari (2019) realizaron pasos para llevar un procedimiento confiable en la ejecución del mantenimiento, lo cual aumentó el tiempo de operación de la máquina, teniendo una elevada producción en la extrusión de polímeros. Ejecutaron tareas para optimizar el mantenimiento. Esto permitió

hacer comparaciones en la producción que se tenía antes de la ejecución de los mantenimientos. Todas estas modificaciones hechas en el plan ayudaron a aumentar la eficiencia en el funcionamiento de la máquina. El aporte metodológico es el desarrollo de procedimientos para implementar la gestión de mantenimiento.

Palala (2019) implementó el modelo de gestión integral de mantenimiento en una empresa de empaques flexibles. Para lograr esto, se utilizaron las tres fases del modelo MGM para lograr un plan de mantenimiento confiable, el cual está diseñado bajo el enfoque de la norma de gestión de activos (ISO 55000). Se utilizó la herramienta de criticidad basada en riesgo y la herramienta de optimización de planes de mantenimiento. Ello demostró la optimización de planes de mantenimiento bajo el enfoque del mantenimiento centrado en confiabilidad. El aporte metodológico es evaluar las acciones necesarias, para optimizar el mantenimiento de los equipos más críticos de la empresa en estudio.

Palala (2019) hizo un procedimiento de mantenimiento confiable para obtener productos con una calidad alta; esto sucedió en la aplicación de tintas para impresión en el material extruido, en una empresa de fabricación de envases. Realizó estudios y recopilación de datos como frecuencias, para llevar a cabo cada mantenimiento propuesto. Recopiló datos de los equipos para tener el historial necesario de cada una de las máquinas. También hizo un listado de repuestos utilizados en cada mantenimiento, para tenerlo de apoyo en la ejecución de posteriores mantenimientos. El aporte metodológico es el estudio basado en el historial de los equipos, para evitar tiempos en reparación que afecten en paradas de producción.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema son las constantes fallas de los equipos de una máquina coextrusora de plástico, en una planta de fabricación de empaques flexibles. Esto afecta en una baja producción y tiempos de reparación en mantenimientos correctivos. El problema ocurre durante períodos de producción y la presencia de fallas se ha agravado desde el inicio del año 2022. Los paros afectan en tiempos muertos, tanto en producción como en mantenimiento, por fallas en los equipos.

Las posibles causas del problema son: debido a la pérdida de información en *software* para gestión de mantenimiento, se crearon nuevas órdenes de mantenimiento preventivo para el equipo coextrusor, pero hace falta completar algunos mantenimientos para los equipos de la máquina coextrusora. La consecuencia de ello ha sido la falta de órdenes de mantenimiento sistemáticos, para realizar mantenimientos preventivos a los a equipos; algunas órdenes de mantenimiento existentes están incompletas y causan ineficiencia en el plan de mantenimiento sistemático.

3.1. Pregunta central

La pregunta central de esta investigación es: ¿qué plan de mantenimiento preventivo se puede aplicar para equipos de una coextrusora de plástico, en una planta de fabricación de empaques flexibles?

3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las fallas mecánicas, eléctricas y neumáticas en los equipos con fallas frecuentes?
- ¿Cuál es la diferencia entre la frecuencia de fallas previo y posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en los equipos?
- ¿Qué plan de mantenimiento preventivo se puede aplicar para equipos en una planta de fabricación de empaques flexibles?

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo pertenece a la línea de investigación del área administrativa de la maestría. La propuesta es importante para el mantenimiento preventivo, para un equipo coextrusor de plástico en la fabricación de empaques flexibles, debido a que hay constantes reportes de fallas en este equipo de producción en planta. Esto causa constantes paros en producción y tiempo perdido en reparación, por mantenimientos correctivos a los elementos que conforman el equipo coextrusor. También provoca una baja producción y constantes reparaciones de las fallas en los equipos. Además, debido a las fallas recurrentes, se han modificado algunos elementos en los equipos debido a desgastes por las constantes fallas ocurridas.

El desarrollo de esta investigación pretende obtener un procedimiento de mantenimiento preventivo, para los equipos de una coextrusora de plástico de una planta de fabricación de empaques flexibles. Esta implementación beneficiará tanto en producción como en mantenimiento. Ello se debe a que tendrá mayor tiempo de disponibilidad del equipo en producción, lo cual evitará los mantenimientos correctivos en los equipos que conforman la coextrusora. Indirectamente se mantendrá y preservarán los equipos para que alcancen su tiempo de vida útil en servicio.

Un adecuado y continuo mantenimiento preventivo en los equipos, puede brindar una mayor calidad de fabricación de empaques. En consecuencia, se disminuye la probabilidad de riesgos por accidentes, por fallas aleatorias en los equipos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para una coextrusora de plástico, en una planta de fabricación de empaques flexibles.

5.2. Específicos

- Identificar los equipos que no tienen un plan de mantenimiento preventivo sistemático.
- Categorizar las fallas eléctricas, mecánicas y neumáticas de las fallas frecuentes en el equipo coextrusor.
- Comparar la ocurrencia de fallas del equipo coextrusor posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Para el extruido de película de empaque flexible se cuenta con la máquina coextrusora, la cual está compuesta por tres tornillos extrusores y una matriz con resistencias eléctricas de banda, que mantiene la temperatura óptima de extrusión. En el transporte de la película para el formado de la bobina, pasa por un rodillo nip roll y un tratador corona, que consiste en un proceso de ionización de la película extruida para llevar a cabo el proceso de impresión. Todo este procedimiento a menudo presenta paros por problemas de temperaturas, debido a resistencias averiadas; también presenta problemas por película no tratada, cuando no se tiene un plan de mantenimiento preventivo actualizado para evitar paros en producción.

En ese sentido, la investigación propuesta, denominada *Diseño de investigación para actualización del plan de mantenimiento preventivo para una coextrusora de plástico marca Bielloni, en una planta de fabricación de empaques flexibles*, pretende cubrir las necesidades para cumplir con el rango de horas autorizadas por Gerencia, en mantenimientos preventivos a equipos de la máquina coextrusora, para evitar paros por averías ocurridas en componentes de la máquina.

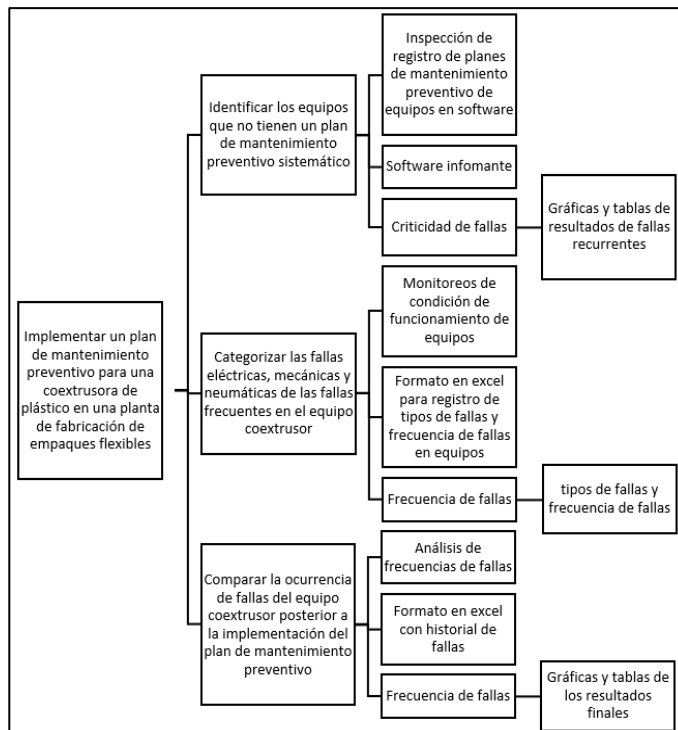
A partir del siguiente estudio se propondrá la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina coextrusora de plástico. Mediante la investigación, se podrá concluir que el proceso de implementación del plan de mantenimiento preventivo podrá evitar paros por mantenimientos correctivos, para tener en disponibilidad la máquina en producción. Se identificarán los equipos que no tienen un plan de mantenimiento óptimo para su funcionamiento

eficiente en operación. Se categorizarán fallas eléctricas, mecánicas y neumáticas para crear nuevos planes de mantenimientos eficientes.

El presente estudio aportará información necesaria para tener una mayor disponibilidad de la máquina coextrusora en operación. Con esto, la máquina será más eficiente en el proceso de coextrusión, produciendo película extruida de calidad para la producción de empaques flexibles.

Al determinar lo anterior, se estará mejorando el funcionamiento de la máquina coextrusora, se comparará la ocurrencia de fallas de la máquina posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, hecho con Word.

7. MARCO TEÓRICO

La industria de producción de películas de plástico para empaque flexible tiene un gran campo de aplicación, por ejemplo, empaques para jabones y empaques para alimentos. Por medio de estos empaques flexibles se transportan y venden productos que son de la canasta básica para las familias. Estos empaques sirven para contener, envolver y proteger los productos; esto ayuda a disminuir el deterioro de alimentos que se empaacan y, además, alarga la vida útil de los productos.

Estos empaques son de vital importancia para el transporte y distribución de productos de consumo, para abastecer a las familias.

7.1. Industria de extrusión de plástico

La extrusión de plástico es el proceso que, por medio de la transformación de polímeros fundidos, es forzado para atravesar por una boquilla para producir una película constante, para producir empaques flexibles. El desarrollo para llevar a cabo la extrusión de polietileno y escorene se realiza en máquinas llamadas extrusoras; cuando la extrusión es llevada a cabo por dos polímeros diferentes el equipo es llamado coextrusora de plástico. (Beltrán y Mancilla, 2012)

7.1.1. Proceso de extrusión

Este procedimiento se efectúa por medio de tornillos helicoidales que sirven de transporte del material plástico fluido o material fundido; esto es

conducido hacia una boquilla que lo distribuye en la matriz del equipo extrusor, para el formado de película extruido. (Gómez y Gutiérrez, 2017)

7.1.2. Máquina coextrusora de plástico

Este equipo está conformado por más de dos tornillos extrusores, en los cuales se realiza el proceso de extrusión de más de dos tipos de polímeros. A continuación, se detallan los elementos que conforman el equipo extrusor.

7.1.2.1. Materia prima de extrusión

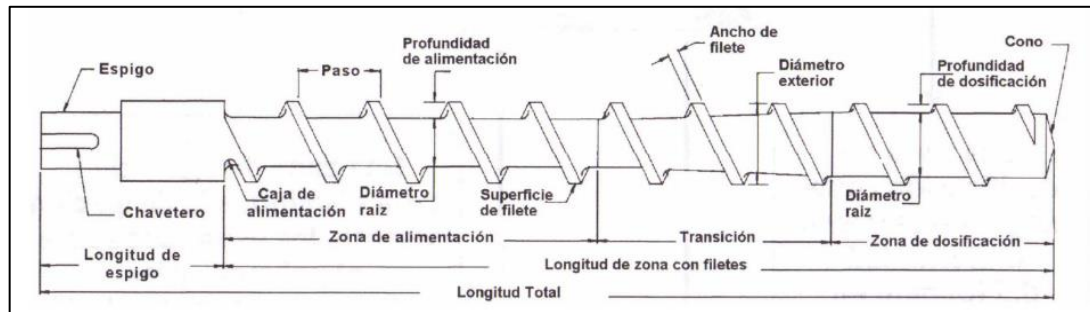
Las resinas termoplásticas son utilizadas en el procedimiento de extrusión: el polietileno y escorene son dos de los polímeros utilizados para formar película de empaque flexible.

7.1.2.2. Tornillos extrusores

El proceso de extrusión es realizado por tornillos sin fin, más conocidos como tornillo de Arquímedes; estos tornillos son los encargados de transportar el material fluido hacia la matriz principal de la coextrusora. En el transporte del polímero, el material se funde y se homogeniza, lo cual produce una producción continua de película.

Algunos tornillos extrusores van disminuyendo el paso de la hélice para ir aumentando gradualmente la presión para el proceso de extrusión. (Palala, 2019)

Figura 2. **Tornillo extrusor**



Fuente: Gómez y Gutiérrez (2017). *Diseño para una extrusora para plásticos*. Consultado el 15 de agosto de 2022. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/145b2ecf-d956-4b4e-b2f5-5406d77c76fe/content>.

Los tornillos extrusores cumplen con varias funciones en el proceso, las cuales son:

- Transportar el polímero
- Fundir y comprimir el polímero
- Homogenizar los polímeros requeridos
- Aumentar la presión para el proceso de extrusión en la matriz principal del equipo coextrusor

7.1.2.3. **Matriz del equipo extrusor**

Los tornillos extrusores son los encargados de conducir el polímero fundido hacia la matriz del equipo extrusor, la cual tiene la función de conducir y distribuir el polímero fundido para el proceso de formado de película. Esto se hace con un proceso continuo para el formado de la película en producción. Está compuesta por varios canales para la distribución del material; también

funciona con varias resistencias eléctricas de banda, para mantener la temperatura en la extrusión y formado de la película extruida.

Figura 3. **Matriz de coextrusora**



Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular.
Guatemala.

7.1.2.4. Sistema IBC

Este sistema está compuesto por tres sensores que hacen el trabajo de censar el diámetro de la burbuja creada en el proceso de extrusión. Su funcionamiento físico se basa en el soplado de aire frío a una temperatura aproximadamente de 20 °C; también está compuesto de la extracción de aire caliente, el cual se produce por el intercambio de temperaturas que se genera en el proceso de formado de la burbuja extruida.

Figura 4. **Sensor del sistema de IBC**



Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular.
Guatemala.

Figura 5. **Mangueras de distribución de aire frío del IBC**



Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular.
Guatemala.

7.1.2.5. Rodillo nip roll

La función del rodillo nip roll es formar una película que sea fácil de transportar y bobinar; este paso es después del proceso del formado de la burbuja, producida en el proceso de extrusión con el soplado del aire del IBC. Está compuesto por un rodillo de caucho y un rodillo de acero inoxidable: el rodillo de acero inoxidable tiene una posición fija, mientras el rodillo de caucho es móvil y es controlado por dos cilindros neumáticos posicionados en los extremos del rodillo.

Figura 6. **Rodillo nip roll**



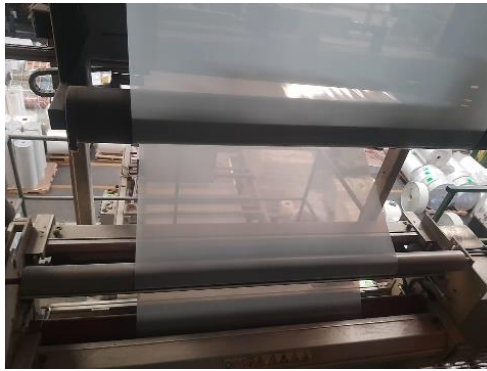
Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular.
Guatemala.

7.1.2.6. Alineador de película

Este alineador está compuesto por un rodillo con dos sensores capacitivos ubicados en los extremos del rodillo, y un panel de control, el cual tiene la función de alinear la película para que en los extremos de la bobina

formen una bobina bien alineada. Esto sirve para que en el siguiente proceso de impresión de la película no exista problemas de impresión por un mal embobinado debido a una mala alineación.

Figura 7. **Alineador de película**



Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular. Guatemala.

7.1.2.7. Tratador corona

El tratamiento corona tiene la función de aumentar la energía de la superficie de los films plásticos, con el propósito de incrementar la permeabilidad del material extruido, para favorecer la adhesión de tintas durante impresión.

Este proceso incrementa la calidad de película extruida para el proceso de impresión. Es un proceso eléctrico que produce, por medio de resistencias eléctricas, una ionización del aire del ambiente, cuando las moléculas de aire se ionizan. Este procedimiento es un paso delicado porque si la película extruida no pasa por estas resistencias de alta tensión, la tinta de impresión no será adherida al *film*. (Acuña y Salamanca, 2016)

Figura 8. Tratador corona



Fuente: [Fotografía de Luis Antonio Lobo Par]. (Guatemala 2022). Colección particular.
Guatemala.

7.1.3. Industria La Popular

Es una empresa que fabrica productos de cuidado personal, jabones y detergentes. (La Popular, 2019)

7.1.3.1. Historia

La empresa fue fundada en el año 1920 cuyo nombre, en un principio, fue Hermanos Kong. Federico Kong Ossaye fue la persona que con trabajo duro y visionario inició la empresa fabricando jabón para lavar ropa y productos de higiene personal. En el año 1955 fueron elegidos por Colgate y Palmolive para iniciar con la producción de los productos que conocemos hoy en día. (La Popular, 2019)

En 1976 fue el año que marcó el inicio de la participación en el mercado de productos de belleza, tanto en la producción como en la distribución de

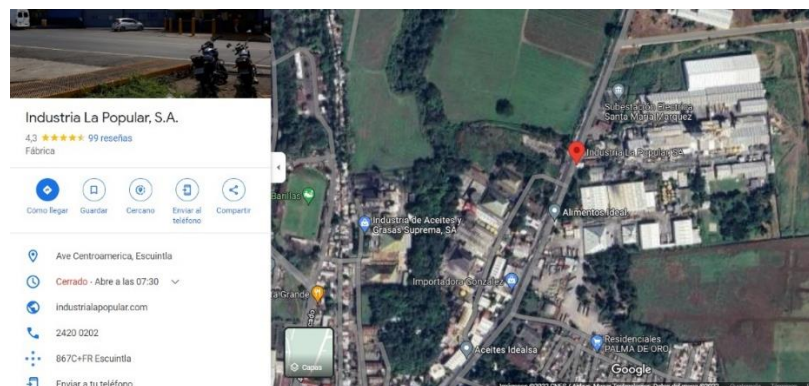
cosméticos. Industria La Popular y Productos Finos fueron fundados y así fue como varias marcas internacionales iniciaron a formar parte del mercado global. En el 2007, para garantizar la calidad de los productos y competir con las grandes empresas, se llevó acabo la certificación ISO 9000:2008 para ir creciendo como una gran empresa. En el 2015 aumentó su innovación y crearon nuevas marcas como Olimpo, Swift y Plus Cream, lo cual dio inició a la fabricación de productos líquidos en Centroamérica.

En el 2016 se obtuvieron buenos resultados, obteniendo así la licencia para promover la marca de detergentes Fab para Centroamérica, Belice, Panamá, Ecuador, Bolivia y Perú. Esta adquisición permitió el ingreso al mercado sudamericano. (La Popular, 2019)

7.1.3.2. Ubicación

Industria La Popular se encuentra ubicada en el Km 56.5 CA-9, ruta antigua Palín, Escuintla.

Figura 9. Ubicación Industria La Popular



Fuente: elaboración propia con datos e imagen obtenidos de Google Maps (2022).

7.1.3.3. Mercado

Industria La Popular tiene un mercado muy amplio en el continente americano, se enfoca en ofrecer productos de calidad para los hogares y familias de América Latina y El Caribe, para que las personas tengan una vida más limpia y saludable. (La Popular, 2019)

Los productos que fabrica abarca: Estados Unidos, México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Ecuador, Perú, Cuba, República Dominicana y Puerto Rico. (La Popular, 2019)

7.2. Mantenimiento

El mantenimiento se basa en un conjunto de tareas técnicas, para mantener y conservar los equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible. (Rodríguez, 2018)

También se define como un conjunto de acciones y tareas que se realizan a un activo, para tener el equipo en mayor tiempo de disponibilidad y operación.

7.2.1. Averías en el mantenimiento

Las averías en el mantenimiento generan paros inesperados en producción, lo cual causa pérdidas inevitables en producción. Estas averías pueden presentar riesgos elevados en temas de conservación y preservación del equipo. (Cuenca, 2021)

Las fallas se pueden presentar de dos formas diferentes: cuando la falla es detectada pero el equipo sigue en operación, lo cual puede llevar a riesgos potenciales, debido a que una falla menor puede perjudicar a otros elementos del equipo. La otra avería que puede presentarse es cuando el equipo ya no puede prestar el servicio requerido y detiene sus funciones en operación.

Algunas de las fallas pueden presentarse por:

- Desgaste y deterioro
- Errores humanos en la ejecución del mantenimiento y en la operación del equipo
- Problemas de diseño por el fabricante

7.2.1.1. Clasificación de averías

Las averías que se presentan en los equipos son de varios sistemas de funcionamiento: sistema eléctrico, sistema mecánico o sistema neumático. Estos son los sistemas más comunes que pueden componer un equipo complejo.

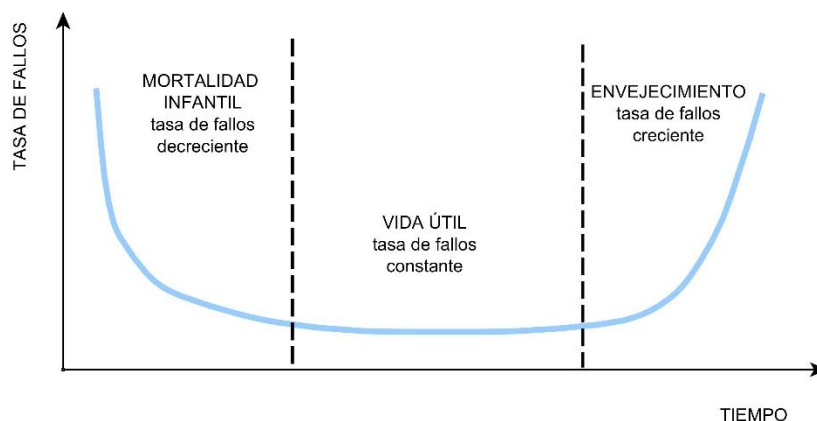
Pueden presentarse fallas en los equipos por un mal diseño de fábrica o por defectos de fábrica, lo cual obliga a modificar elementos de máquina que serían necesarios para poder tener a disponibilidad y en operación al equipo. (Dután y Urgilés, 2021)

También pueden presentarse fallas por una mala operación, debido a desconocimiento de funcionamiento del equipo o por modificación de parámetros en el mismo.

Las fallas por deterioro o desgastes de los componentes de la máquina también pueden presentar problemas, como pueden ser averías debido a desgaste, corrosión, oxidación o cavitación de los elementos del equipo.

Existe una clasificación de fallas con respecto al tiempo de funcionamiento de la máquina, lo cual nos ayuda a tener conocimiento del funcionamiento del equipo en operación. A continuación, se detalla con una imagen llamada curva de la bañera, que muestra el comportamiento del tiempo en el desarrollo y comportamiento de un equipo.

Figura 10. **Curva de la bañera**



Fuente: Rodríguez (2018). *Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de impresión de la empresa Envases Industriales SAC - Callao 2017.*

Consultado el 26 de agosto de 2022.

- **Mortandad infantil**: estas fallas se presentan debido al inicio de funcionamiento de un equipo nuevo; puede deberse a desajustes del equipo y con el tiempo suelen desaparecer o disminuir las fallas considerablemente.

- Vida útil: en este período las fallas en los equipos pueden ser insignificantes y pueden presentarse por una mala operación o por accidentes que puedan suscitarse en operación.
- Envejecimiento: con el tiempo la vida útil de los equipos presenta desgaste inevitable, lo cual provoca fallas recurrentes y conduce a tener que cambiar el equipo porque ya no es rentable el mantenimiento del mismo. (Díaz, 2020)

7.2.2. Clasificación de los tipos de mantenimiento

Los mantenimientos se pueden clasificar según el tipo de avería que se presenta: puede ser correctivo, preventivo o predictivo. Estos son los mantenimientos más aplicados en las industrias y son muy útiles para llevar a cabo los funcionamientos.

7.2.2.1. Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se realiza cuando el equipo ha perdido su calidad en operación; en varios casos este mantenimiento es perjudicial para los equipos porque se deja que las fallas sean más complejas, ya que puede afectar a varios elementos del equipo en el proceso de la falla.

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo reparando la falla con un detenimiento no programado del equipo, lo cual afecta la producción y pueden presentarse problemas mayores a largo plazo.

7.2.2.2. Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento se efectúa de manera periódica, con una frecuencia ya establecida por el fabricante o por experiencia sobre la ocurrencia de fallas que han registrado los técnicos según la observación del funcionamiento del equipo.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de manera programada y presupuestada. Se hace para evitar fallas potenciales que puedan afectar considerablemente el funcionamiento del equipo. (Díaz, 2020)

7.2.2.3. Detección de fallas

Las detecciones de falla se pueden llevar a cabo con la inspección de las condiciones de operación de los equipos. Es llamada inspección VOSO, que se refiere a llevar a cabo una revisión utilizando nuestros sentidos, los cuales son: ver, oír, sentir, oler. Las detecciones de fallas también se pueden hacer con la aplicación de tecnología, como lo pueden ser inspecciones de termografía y análisis de vibraciones.

7.2.2.4. Modificación del diseño

Las modificaciones del diseño se realizan en ocasiones y cuando no se cuenta con los repuestos necesarios o cuando ya no fabrican piezas de fábrica del equipo. Esto implica realizar cambios de los elementos del equipo para que continúe en operación.

7.2.2.5. Reemplazo

Esta acción de reemplazo se efectúa cuando no se pueden realizar modificaciones al equipo y no cuenta con repuestos por la obsolescencia de los mismos. Esto implica reemplazo del equipo por un equipo moderno.

7.2.3. Plan de mantenimiento

Son acciones que se asignan a un equipo, se tienen tareas programadas con una frecuencia establecida. El plan de mantenimiento para un equipo se realiza para conservar y preservar el activo, lo que representa una mayor disponibilidad del equipo en producción y aumenta la fiabilidad de los equipos.

7.2.3.1. Tareas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento se asignan conforme el funcionamiento lo requiera, y son lineamientos para llevar a cabo la conservación, como pueden ser tareas de seguridad industrial y personal, así como las tareas técnicas para realizar el mantenimiento correspondiente de cada activo.

7.2.3.2. Mantenimiento preventivo eléctrico

En este cuidado se pueden hacer varias tareas correspondientes a mantenimiento preventivo de equipos eléctricos, como pueden ser motores eléctricos, paneles de control, paneles eléctricos, transformadores, tableros eléctricos, tratadora corona o resistencias eléctricas de banda. Algunas tareas eléctricas son las siguientes:

- Cambio de rodamientos a motores eléctricos
- Medición de ohm de los bobinados de motores eléctricos
- Barnizado de bobinas de motores eléctricos
- Revisión de conexiones eléctricas de motores eléctricos
- Revisión de conexión dispositivos eléctricos en paneles de control
- Revisión y ordenamiento de cableado eléctrico en paneles eléctricos
- Limpieza y ordenamiento de cableado en tableros eléctricos
- Limpieza de sensores y resistencia eléctrica de tratador corona
- Mediciones eléctricas a resistencias de banda

7.2.3.3. Mantenimiento preventivo mecánico

El mantenimiento de elementos mecánicos son tareas para mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de sus componentes de transmisiones mecánicas, y es de mucha importancia para evitar desgastes y altas vibraciones. Los equipos que reciben mantenimiento mecánico son: cajas reductoras, tornillería, rodamientos, engranajes, fajas de transmisión mecánica, cadenas y *sprocket*, y chumaceras. Algunas tareas mecánicas son las siguientes:

- Cambio de aceite de cajas reductoras
- Reajuste y lubricación de tornillería
- Lubricación a rodamientos
- Lubricación de engranajes
- Cambio de fajas de transmisión de potencia mecánica
- Lubricación de cadenas y *sprocket*
- Lubricación de chumaceras
- Cambio de rodamientos críticos de equipo coextrusor

7.2.3.4. Mantenimiento preventivo neumático

El mantenimiento de equipos y dispositivos neumáticos es fundamental para evitar fugas de aire comprimido. La generación de aire comprimido tiene un alto costo debido al mantenimiento que conlleva realizar en los compresores, por lo que se deben evitar fugas en los elementos neumáticos. Algunos elementos son: unidad de mantenimiento, cilindros neumáticos, racores, mangueras neumáticas, electroválvulas y pistolas de aire. Las tareas a realizar en elementos neumáticos son:

- Cambio de kit de sellos en cilindros neumáticos
- Cambio de racores
- Cambio de mangueras
- Revisión de existencia de fugas en electroválvulas
- Revisión de existencia de fugas en unidades de mantenimiento

7.3. Diseño de planes

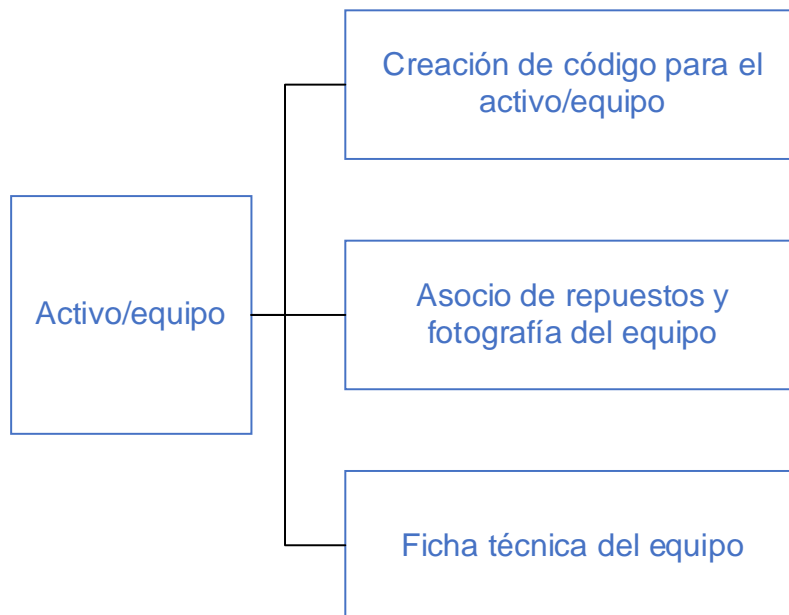
Para la creación de nuevos planes de mantenimiento se realizarán de forma sistemática en un *software* llamado Infomante; este *software* se utiliza en la planta para la gestión del mantenimiento.

7.3.1. Software Infomante

Infomante es un sistema integrado para la gestión de mantenimiento de activos; este *software* es muy completo porque contiene varios módulos que permiten tener un registro de cada activo.

Para la carga de información en el sistema Infomante de cada equipo/activo se efectúan los siguientes pasos:

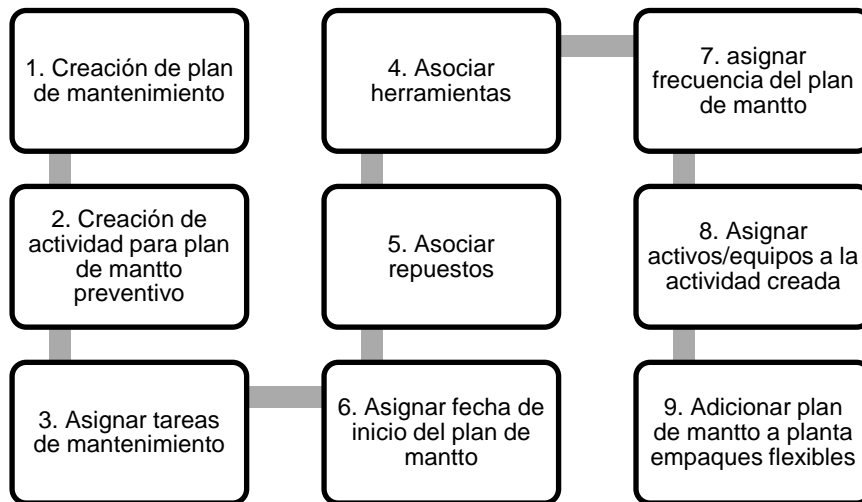
Figura 11. **Datos del equipo para asociar en sistema Infomante**



Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Visio 2019.

Para la creación de planes de mantenimiento se hacen varios procesos, los cuales se detallan a continuación:

Figura 12. **Diagrama para creación de mantenimiento preventivo en Infomante**



Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Visio 2019.

El sistema infomante cuenta con procesos de mantenimiento estandarizados, es un programa eficaz para la planeación, programación y control para las gestiones de mantenimiento. Contiene información de alta importancia de los equipos, como los repuestos, y también se puede asociar documentación y ficha técnica de los equipos.

El sistema registra costos de mantenimiento, el cual es de importancia para tener los registros; almacena las fallas de los elementos y causas que lo provocan; se pueden clasificar los tipos de paros cuando un equipo falla; se puede asociar responsables para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo. Muestra indicadores de mantenimiento como MTBF y MTTR. Presupuesta los trabajos de mantenimientos que se realizarán a los equipos. Almacena un historial de fallas y averías ocurridas en los equipos.

El *software* infomante, es un sistema muy completo que, a través de una buena gestión y uso del sistema, se pueden alcanzar metas de disponibilidad de los equipos en operación.

El sistema tiene integrado los indicadores para la gestión de disponibilidad de los equipos, el cual nos ayudará en este trabajo de investigación, porque es uno de los objetivos principales a mejorar.

Figura 13. **Software Infomante**



Fuente: elaboración propia, captura de pantalla de Windows.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Industria de extrusión de plástico

1.1.1. Proceso de extrusión

1.1.2. Máquina coextrusora de plástico

1.1.2.1. Materia prima de extrusión

1.1.2.2. Tornillos extrusores

1.1.2.3. Matriz del equipo extrusor

1.1.2.4. Sistema IBC

1.1.2.5. Rodillo Nip Roll

1.1.2.6. Alineador de película

1.1.2.7. Tratador corona

1.1.3. Industria La Popular

1.1.3.1. Historia

1.1.3.2. Ubicación

1.1.3.3. Mercado

- 1.2. Mantenimiento
 - 1.2.1. Averías en el mantenimiento
 - 1.2.1.1. Clasificación de averías
 - 1.2.2. Clasificación de los tipos de mantenimiento
 - 1.2.2.1. Mantenimiento correctivo
 - 1.2.2.2. Mantenimiento preventivo
 - 1.2.2.3. Detección de fallas
 - 1.2.2.4. Modificación del diseño
 - 1.2.2.5. Reemplazo
 - 1.2.3. Plan de mantenimiento
 - 1.2.3.1. Tareas de mantenimiento
 - 1.2.3.2. Mantenimiento preventivo eléctrico
 - 1.2.3.3. Mantenimiento preventivo mecánico
 - 1.2.3.4. Mantenimiento preventivo neumático
- 1.3. Diseño de planes
 - 1.3.1. *Software* infomante

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

9. METODOLOGÍA

La investigación se propone bajo un tipo de estudio cualitativo, en un diseño experimental y de alcance descriptivo. El diseño es preexperimental de una sola medición. El alcance es descriptivo porque se plantearán propuestas para un nuevo plan de mantenimiento preventivo, para equipos de una máquina coextrusora de plástico de una planta de fabricación de empaques flexibles, basado en manuales y documentación técnica de equipos.

9.1. Variables e indicadores

Las variables e indicadores se muestran en la tabla I:

Tabla I. **Variables e indicadores**

No.	Variables	Indicadores
1	Criticidad de equipos	Alta, media o baja
2	Tipos de fallas	Mecánicas, eléctricas o neumáticas
3	Frecuencia de fallas	1 a 6 meses

Fuente: elaboración propia, hecho con Word

9.2. Fases

- Revisión documental. Inicialmente se realizará la revisión de documentos escritos sobre la temática. Entre ellos se encuentran tesis, trabajos de graduación, documentos académicos, artículos científicos, normas, fichas técnicas, manuales de operación y mantenimiento, historial de datos de

los equipos de una coextrusora de plástico de la planta de empaques flexibles.

- Trabajo de campo. Se recopilará información sobre el estado de los equipos. En campo se determinará los tipos de fallas y frecuencias de las fallas, se determinará la criticidad de cada equipo en planta y se recolectará la información conforme al apéndice 2. Por medio de inspección *voso* se verificará el estado de condición, al identificar anomalías en los equipos, visualización del estado de los equipos, ruidos extraños, sentir temperaturas y vibraciones de los equipos y olores extraños en los equipos. Al inspeccionar los manuales de los equipos, se identificará la edad de los equipos, se proyectarán las horas de uso y se verificarán las frecuencias de mantenimiento que se realizan hasta la fecha.
- Trabajo de gabinete. Mediante la información recopilada, se tabulará y graficará las tendencias identificadas. Se utilizará *software* para la actividad y continuamente se tendrá revisión documental de soporte. Se establecerá la frecuencia de fallas y el tiempo de reparación (MTTB y MTBF). En función de las frecuencias y tiempos de reparación, se establecerá la criticidad de fallas en los equipos. En conjunto a la cantidad de horas de uso que se evidencia en cada proceso, se propondrá la importancia de cada equipo, para luego realizar el plan de mantenimiento preventivo correspondiente.
- Redacción de documento. Utilizando la información recopilada y las tendencias mostradas, se procederá a la redacción final del trabajo de graduación.

9.3. Resultados esperados

Se pretende disminuir la cantidad de reporte de fallas en los equipos de una máquina coextrusora de plástico, en una planta de fabricación de empaques flexibles. Al desarrollar el monitoreo, se identificarán los equipos con fallas más recurrentes, lo cual servirá de base para evaluar las fallas posteriores a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

9.4. Selección de la muestra

La selección de la muestra será no probabilística porque se utilizará el 100% de la población.

9.4.1. Fase uno: revisión documental

Es fundamental elegir la adecuada descripción de conocimientos teóricos sobre conceptos de mantenimiento preventivo, relacionado a la industria de alimentos, inocuidad de alimentos y análisis microbiológicos.

Esta fase consiste en investigar y preguntar a especialistas o expertos en el tema qué lecturas recomiendan analizar, establecer el criterio para seleccionar las lecturas y literatura adecuada, para contar con una guía que valide la investigación.

9.4.2. Fase dos: determinar fallas críticas

En esta fase se llevará a cabo una descripción de criticidad de las fallas recurrentes presentadas en los equipos.

Esta fase va de la mano con la fase dos, ya que al momento de realizar las pruebas piloto de los procedimientos a evaluar, según el análisis de criticidad elaborado anteriormente, se realizará el muestreo de las fallas.

El muestreo del registro de las fallas se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la fábrica por personal de mantenimiento.

Para finalizar, se analizarán los resultados obtenidos, realizando el informe respectivo de condiciones de disponibilidad de la máquina respecto a la criticidad establecida para cada equipo.

9.4.3. Fase tres: establecimiento de criterios de aceptabilidad

Trabajo de escritorio correspondiente a la tabulación de datos, según los datos recopilados de criticidad, frecuencia de fallas y tipos de fallas.

Elaboración de gráficas para hacer las comparaciones de la disponibilidad del equipo antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo

Propuesta del formato control para ser incluido en el procedimiento del plan de mantenimiento preventivo.

Se efectuará un diagnóstico inicial de los procedimientos actuales utilizados en el mantenimiento preventivo de la máquina.

Se llevará a cabo un análisis de cuántas pruebas piloto son necesarias para efectuar los procedimientos.

9.4.4. Fase cuatro: determinar los beneficios

Se describirán los beneficios con un análisis de la propuesta, examinando la mayoría de factores donde exista un beneficio.

Se tabulará toda la información en una lista de chequeo, para luego elaborar distintos gráficos que representen mejor la información.

En las técnicas metodológicas a utilizar. Primero se tabulará la información en el formato de registro de aplicabilidad del procedimiento, luego se llevará a cabo un análisis medidas de tendencia central, posteriormente se operará el formato de registro de criticidad para la determinación de criterios y concluir con esa fase de la propuesta de los procedimientos.

9.5. Población de análisis

La población que se analizará serán los equipos que conforman una máquina coextrusora de plástico y la muestra se tomará de las fallas recurrentes de los equipos; para fines de la investigación serán aleatorias y específicamente de las consideradas críticas respecto al procedimiento establecido.

9.6. Resultados esperados

Los resultados esperados, según el objetivo general, es el plan de mantenimiento preventivo de una máquina coextrusora de plástico, utilizada en la línea de producción de extrusión de plástico para fabricación de empaques flexibles.

El resultado esperado, según los objetivos específicos número uno, dos y tres, es crear un plan de mantenimiento preventivo, tomando en cuenta la criticidad y tipos de fallas presentadas, poder asignarles una frecuencia de mantenimiento a cada equipo que conforma la coextrusora de plástico, lo cual nos llevará a contar con un mayor tiempo de disponibilidad del equipo extrusor en producción.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

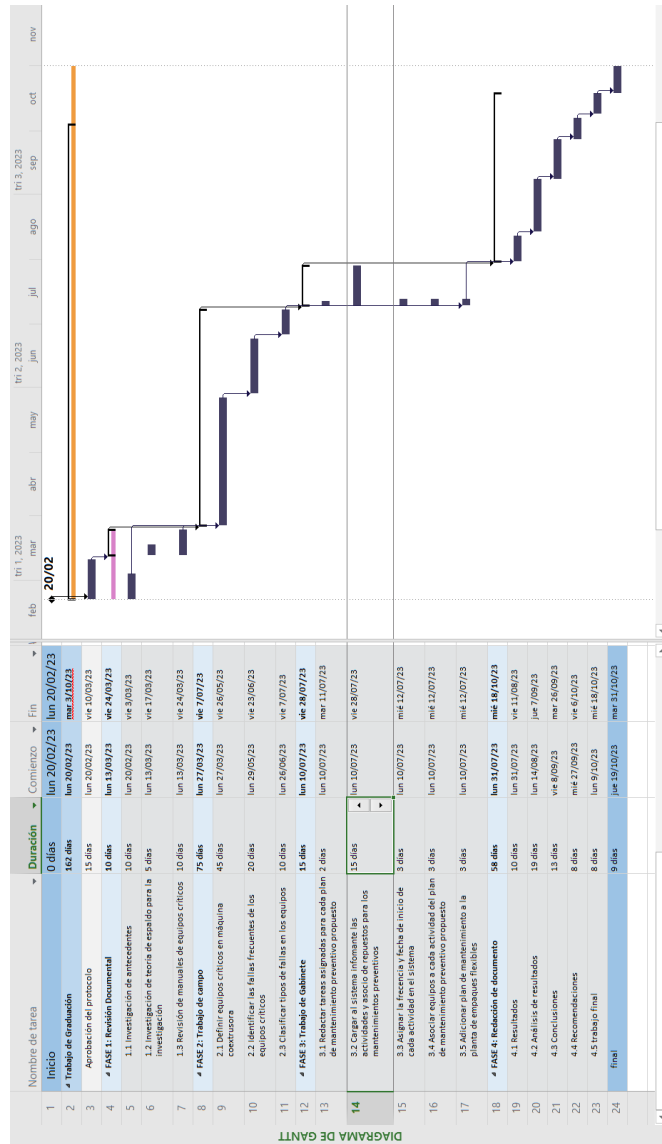
Para llevar a cabo la evaluación de criticidad de equipos, se realizará un análisis según la importancia de cada componente o equipo que conforma la coextrusora y con base en esta información se evaluará su criticidad en el proceso. Se tomará en cuenta si hay en existencia *back up* de cada elemento, para tener una mejor evaluación de los elementos y asignarles un valor específico, para realizar un análisis eficiente. Con la información obtenida, se podrá tener una evaluación concreta y óptima para asignarles prioridad para los mantenimientos preventivos correspondientes.

En el análisis de la variable tipos de fallas se realizará un historial de fallas en Excel, para recolectar los registros de las fallas que se presentan en los equipos que conforman la coextrusora de plástico y de las fallas que ya se tienen registros; se anotarán fallas eléctricas, fallas mecánicas y fallas neumáticas. Se registrarán las fallas de estos tres sistemas debido a su amplia aplicación que se tiene en el equipo coextrusor.

Para analizar la variable frecuencia de fallas, se tabularán en un documento de Excel las fallas recurrentes de cada sistema, como lo son el sistema eléctrico, sistema mecánico y sistema neumático. Asimismo, se anotarán los repuestos utilizados y se dejará registro de las acciones y tareas a realizar para reparar las averías. Con todos estos registros se evaluarán las fallas recurrentes y se hará una media de las fallas registradas, para poder asignarles una frecuencia y crearles un plan de mantenimiento preventivo.

11. CRONOGRAMA

Figura 14. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Project 2021.

12. FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para completar este trabajo de graduación se necesitarán diversos recursos, los cuales serán catalogados y definidos a continuación; también será considerado su valor monetario. En la información necesaria para llevar a cabo el trabajo de investigación, se tomarán manuales de cada equipo a evaluar. Esta información también se puede recopilar de diferentes bibliografías relacionadas con el tema de investigación.

El principal factor para llevar a cabo el trabajo de investigación es el recurso humano; para esta investigación se considera únicamente el del investigador, quien será responsable de recopilar todos los datos necesarios para completar todas las tareas de las fases de investigación. Para realizar el trabajo de investigación se realizarán unas fases dentro del horario laboral y otras fuera de horario laboral, en donde se dedicará un tiempo estipulado de cuatro horas en total; además, se podrá avanzar los fines de semana para afinar detalles de los datos recopilados. El plan de mantenimiento preventivo para la máquina coextrusora de plástico está autorizado por una empresa descrita anteriormente. Se cuenta con una computadora con *software* instalado, para llevar a cabo la carga de los mantenimientos preventivos sistemáticos que se propondrán para la optimización del mantenimiento.

Entre los recursos necesarios para cubrir y llevar a cabo el trabajo de investigación se cuenta una computadora con un *software* llamado infomante; este *software* es utilizado para gestionar el mantenimiento de los equipos en planta.

Los costos de investigación serán compartidos entre la empresa donde se llevará a cabo el trabajo y el investigador. Se trabajará de esta forma debido a que no es un trabajo que necesite altos costos para la obtención de la información. Los gastos se detallan a continuación.

Tabla II. **Montos aproximados de investigación**

Cantidad	Descripción	Costo	Total
1	Investigador	Q6,500.00	Q6,500.00
6	Depreciación mensual de la computadora personal.	Q335.00	Q2,010.00
1	Asesor de investigador	Q2,500.00	Q2,500.00
	Total de inversión		Q11,010.00

Fuente: elaboración propia, hecho con Excel.

Tomando en cuenta los costos de las descripciones planteadas en la tabla anterior, se consideran accesibles, tanto para la empresa de fabricación de empaques flexibles como para el investigador, por lo que se autoriza esta investigación.

13. REFERENCIAS

1. Acuña, G. y Salamanca, M. (2016). *Diseño y construcción de una maquina extrusora para la fabricación de filamentos termoplásticos para impresora 3D*. Universidad Santo Tomás, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/30834>.
2. Albán, S. y Zamorano, D. (2017). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento bajo los lineamientos del mantenimiento preventivo para optimizar el uso de los recursos y mejorar el desempeño de una empresa peruana de la industria papelera* (tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655789>.
3. Beltran, M. y Mancilla, A. (2012). *Tecnología de polímeros*. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
4. Bolaños, S., Hernández, E., Vadillo, F. y Parra, C. (2020). *Aplicación del Modelo Integral de Gestión del Mantenimiento (MGM) Caso de Estudio: Sistema de empaque flexible*. Universidad Don Bosco. DOI: 10.13140/RG.2.2.33001.72802.
5. Cuenca, C. (2021). *Actualización plan de mantenimiento Anvivaplast H&C SAS* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. Recuperado de

https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44668/cccu_encah.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

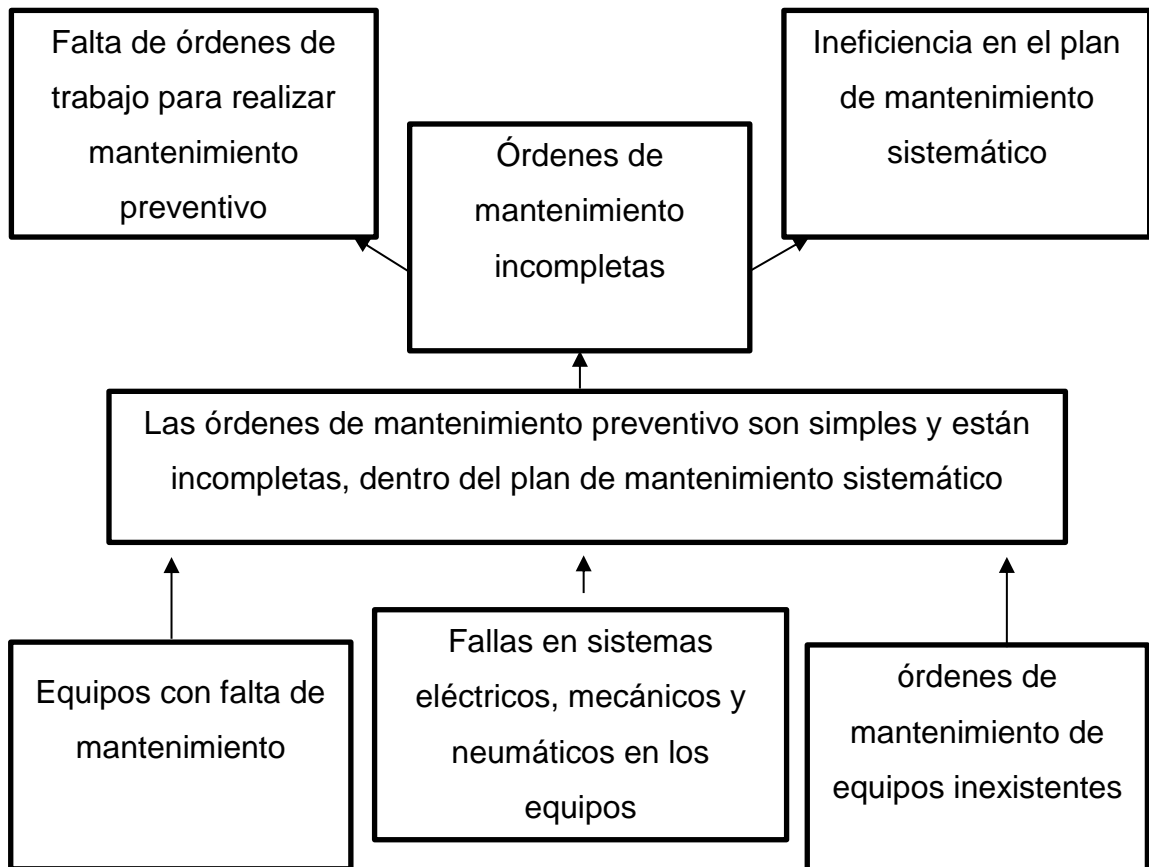
6. Díaz, H. (2020). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo de la sección de empaquetado de la planta molino oro de la cooperativa agropecuaria de Norte de Santander-Coagronorte Ltda* (tesis de licenciatura). Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia. Recuperado de <https://dspace-ufps.metabuscador.org/bitstream/handle/ufps/4401/1121016.pdf?sequence=1>.
7. Díaz, R. y Cañari, N. (2019). *Implementación sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en la línea de extrusión del área de empaques flexibles, Huachipa, 2019* (tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49616/D%c3%adaz_FRL-Ca%c3%b1ari_SNA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. Dután, H. y Urgilés, C. (2021). *Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área mecánica en la central hidroeléctrica Alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad* (tesis de maestría). Universidad del Azuay, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10547>.
9. Gómez, J. y Gutiérrez, J. (2017). *Diseño para una extrusora para plásticos* (tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Recuperado de

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/145b2ecf-d956-4b4e-b2f5-5406d77c76fe/content>.

10. Neicamp, H. (12 de octubre de 2019). Gestión efectiva del análisis de fluidos: 10 pasos para obtener la rentabilidad de la inversión. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/managing-effective-fluidanalysis-10-steps-to-realize-your-return-on-inv>.
11. Palala, E. (2019). *Diseño de investigación para la gestión de los tiempos improductivos de un proceso de impresión flexográfica por medio de la metodología SMED* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3946_IN.pdf.
12. Pillado, M., Castillo, V. y De la Riva, J. (junio, 2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24), 1-17. Recuperado de <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>.
13. Quesada, M. (2020). *Rediseño del Sistema Eléctrico de la Fábrica Nacional de Licores* (tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11492/TFG_Miguel_Ramiro_Quesada.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

14. Rodríguez, Y. (2018). *Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de impresión de la empresa Envases Industriales SAC-Callao* (tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23276>.
15. Valbor Soluciones (19 de marzo de 2019). ¿Cómo se clasifican los tipos de fallas en mantenimiento? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/como-se-clasificanlas-falla>.
16. Velasco, J. y Aguilar, E. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mecánico con la metodología RCM2, para la aplicación en una chancadora cónica MP1000; de una empresa minera cuprífera del sur del Perú* (tesis de licenciatura). Universidad Continental, Perú. Recuperado <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10094>.

Apéndice 3 **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, hecho con Word.

Apéndice 4. Matriz de coherencia

No.	Objetivo	Pregunta	Variable
1	Identificar los equipos que no tienen un plan de orden de mantenimiento sistemático.	¿Cuáles son los equipos que no tienen un plan de mantenimiento preventivo sistemático?	<ul style="list-style-type: none"> • Manuales de mantenimiento por fabricante. • Criticidad del mantenimiento a los equipos.
2	Categorizar las fallas mecánicas, eléctricas y neumáticas con fallas frecuentes en los equipos	¿Cuáles son las fallas mecánicas, eléctricas y neumáticas en los equipos con fallas frecuentes?	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de fallas. • Criticidad
3	Comparar la ocurrencia de fallas en los equipos posterior a la implementación del plan de monitoreo y reparación	¿Cuál es la diferencia entre la frecuencia de fallas previo y posterior a la implementación del plan de monitoreo y reparación en los equipos?	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de fallas
G	Implementar un plan de mantenimiento preventivo para equipos en una planta de fabricación de empaques flexibles.	¿Qué plan de mantenimiento preventivo se puede implementar para equipos en una planta de fabricación de empaques flexibles?	

Fuente: elaboración propia, hecho con Word.