



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO
EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA LAS LÍNEAS DE
EXTRUSIÓN Y TORSIÓN DE FIBRAS RETORCIDAS, FILM Y
MALLA EN LA EMPRESA HIPLAS”**

VILLACRÉS TAPIA LUIS ALEXANDER

TRABAJO DE TITULACIÓN
Tipo: PROYECTOS TÉCNICOS

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR
2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-06-16

Yo recomiendo que el trabajo de Titulación preparado por:

LUIS ALEXANDER VILLACRÉS TAPIA

Titulado:

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) PARA LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN Y TORSIÓN
DE FIBRAS RETORCIDAS, FILM Y MALLA EN LA EMPRESA HIPLAS”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requisitos para el título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Daniel Larrea Moreano
DIRECTOR

Ing. Stalin Eduardo Nuela Sevilla
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VILLACRÉS TAPIA LUIS ALEXANDER

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN Y TORSIÓN DE FIBRAS RETORCIDAS, FILM Y MALLA EN LA EMPRESA HIPLAS”

Fecha de Examinación: 2018-01-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Haro Medina Marco Antonio PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Larrea Moreano Ángel Daniel DIRECTOR			
Ing. Nuela Sevilla Stalin Eduardo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Haro Medina Marco Antonio
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Villacrés Tapia Luis Alexander

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Alexander Villacrés Tapia, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos y normas constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Villacrés Tapia Luis Alexander

Cédula de Identidad: 060433450-8

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme todo lo necesario y más, a lo largo de toda mi vida, porque ha sido el pilar fundamental del logro de mis metas, sé que siempre estará conmigo y con los míos.

Mi madre, por todo el apoyo incondicional durante toda mi vida, y su amor para conmigo.

Mi familia; Dayana y Juliette, vaya que el camino ha sido largo y lleno de emociones gracias por recorrerlo conmigo, quiero que sepan que las amo mucho y esto es para ustedes.

Mis hermanas, Florcita y Tatita por estar siempre pendientes de mí, y apoyarme en los momentos difíciles.

Luis Alexander Villacrés Tapia

AGRADECIMIENTO

A.

Mi Dios por darme inteligencia y sabiduría para culminar mi carrera.

Le agradezco al Ing. Ángel Larrea, por brindarme la guía necesaria para realizar este proyecto.

Al Ing. Carlos Quisnia por permitir realizar mi trabajo de titulación en su prestigiosa empresa.

Todos los que conforman la carrera de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme todos los recursos necesarios para mi formación como profesional.

Luis Alexander Villacrés Tapia

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO REFERENCIAL	
2.1 Definición del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	3
2.2 Las siete preguntas de RCM.....	3
2.2.1 <i>Pregunta 1.- Funciones y Parámetros de funcionamiento</i>	4
2.2.2 <i>Pregunta 2. Fallas funcionales</i>	5
2.2.3 <i>Pregunta 3. Modos de falla</i>	5
2.2.4 <i>Pregunta 4. Efectos de falla</i>	6
2.2.5 <i>Pregunta 5. Consecuencias de falla</i>	7
2.2.6 <i>Pregunta 6.- Tareas proactivas</i>	8
2.2.7 <i>Pregunta 7.- Acciones a falta de</i>	10
2.2.8 <i>Factibilidad técnica de tareas proactivas</i>	10
2.3 Hoja de Información del RCM	11
2.4 Hoja de decisión de RCM.....	12
2.5 Descripción de la empresa.....	12
2.5.1 <i>Descripción de la línea de extrusión</i>	16
2.5.2 <i>Componentes de la línea de extrusión</i>	18
2.5.3 <i>Descripción de la línea de torsión</i>	23
3. METODOLOGÍA EN EL DESARROLLO DEL RCM	
3.1 Técnicas e instrumentos para la recolección de información	25
3.2 Aplicación de la metodología de RCM para la línea de Extrusión	25
3.2.1 <i>¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados a la línea de extrusión en su actual contexto operacional?</i>	25

3.2.2	<i>¿De qué manera falla la línea de extrusión en satisfacer dichas funciones? ..</i>	26
3.2.3	<i>¿Cuál es la causa de cada falla funcional?.....</i>	27
3.2.4	<i>¿Qué sucede cuando ocurre cada falla de la línea de extrusión?.....</i>	30
3.2.5	<i>Hoja de información de la línea de extrusión</i>	30
3.2.6	<i>¿En qué sentido es importante cada falla?</i>	32
3.2.7	<i>¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?</i>	32
3.2.8	<i>Hoja de decisión de la línea de extrusión.....</i>	32
3.3	Aplicación de la metodología del RCM de la línea de torsión.....	34
3.3.1	<i>¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados a la línea de torsión en su actual contexto operacional?</i>	34
3.3.2	<i>¿De qué manera falla la línea de torsión en satisfacer dichas funciones?</i>	35
3.3.3	<i>¿Cuál es la causa de cada falla funcional?.....</i>	35
3.3.4	<i>¿Qué sucede cuando ocurre cada falla de la línea de torsión?</i>	37
3.3.5	<i>Hoja de información de la línea de torsión.....</i>	37
3.3.6	<i>¿En qué sentido es importante cada falla?</i>	39
3.3.1	<i>Hoja de decisión de la línea de Torsión</i>	39
4.	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RCM EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN Y TORSIÓN	
4.1	Elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de Extrusión	41
4.1.1	<i>Ventaja económica de la aplicación del RCM del mantenimiento preventivo vs mantenimiento correctivo de la línea de extrusión.</i>	48
4.2	Elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de torsión.....	51
4.2.1	<i>Ventaja económica de la aplicación del RCM del mantenimiento preventivo vs mantenimiento correctivo de la línea de torsión.</i>	55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones.....	57
5.2	Recomendaciones	58

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Partes de la Extrusora.....	19
Tabla 2-2: Componentes de la SIMA GS 2000	24
Tabla 1-3: Fallas funcionales de la Línea de Extrusión.....	26
Tabla 2-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional A	27
Tabla 3-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional B	28
Tabla 4-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional C	29
Tabla 5-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional E.....	29
Tabla 6-3: Hoja de información de la línea de extrusión.....	31
Tabla 7-3: Hoja de decisión de la línea de extrusión.....	33
Tabla 8-3: Fallas Funcionales de la Línea de Torsión	35
Tabla 9-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional A	36
Tabla 10-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional B	36
Tabla 11-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional C	37
Tabla 12-3: Hoja de información de la línea de torsión	38
Tabla 13-3: Hoja de decisión de la línea de torsión.....	40
Tabla 1-4: Plan de mantenimiento del tablero de control de la línea de extrusión.....	42
Tabla 2-4: Plan de mantenimiento de la Extrusora.....	43
Tabla 3-4: Plan de mantenimiento del tanque de enfriamiento	44
Tabla 4-4: Plan de mantenimiento de la Unidad de arrastre.....	44
Tabla 5-4: (Continuación) Plan de mantenimiento de la Unidad de arrastre	45
Tabla 6-4: Plan de mantenimiento de la Unidad de corte.....	45
Tabla 7-4: Plan de mantenimiento del Horno de calentamiento.....	46
Tabla 8-4: Plan de mantenimiento del fibrilador	46
Tabla 9-4: Plan de mantenimiento de la unidad de arrastre final	47
Tabla 10-4: Plan de mantenimiento de las bobinadoras	47
Tabla 11-4: Análisis del caso.....	48
Tabla 12-4: Costo por paro de la línea de extrusión	49
Tabla 13-4: Costo por reparación por cambio de los rodamientos	49
Tabla 14-4: Costo de las tareas preventivas	50
Tabla 15-4: Plan de mantenimiento del tablero de control de la SIMA GS 2000	51

Tabla 16-4: (Continuación) Plan de mantenimiento del tablero de control de la SIMA GS 2000	52
Tabla 17-4: Plan de mantenimiento del sistema neumático de la SIMA GS2000.....	52
Tabla 18-4: Plan de mantenimiento del sistema mecánico de la SIMA GS2000.....	53
Tabla 19-4: (Continuación) Plan de mantenimiento del sistema mecánico de la SIMA GS2000	54
Tabla 20-4: Plan de mantenimiento del sistema hidráulico de la SIMA GS2000	54
Tabla 21-4: Análisis del caso línea de torsión	55
Tabla 22-4: Costo por el paro de la SIMA GS2000	55
Tabla 23-4: Costo de reparación por cambio de rodamientos	55
Tabla 24-4: Costo de las tareas preventivas línea de torsión.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Categorías de consecuencia de los modos de fallas	7
Figura 2-2: Diagrama de Decisión de RCM.....	9
Figura 3-2: Hoja de información del RCM	12
Figura 4-2: Hoja de decisión del RCM.....	12
Figura 5-2: Ubicación de la empresa HIPLAS	13
Figura 6-2: Distribución de la planta.....	14
Figura 7-2: Estructura jerárquica de la empresa HIPLAS.....	14
Figura 8-2: Fibras retorcidas de polipropileno	15
Figura 9-2: Diagrama de distribución de la planta	16
Figura 10-2: Línea de extrusión de la empresa HIPLAS	17
Figura 11-2: Proceso de extrusión.....	17
Figura 12-2: Extrusora.....	18
Figura 13-2: Partes de la máquina extrusora	18
Figura 14-2: Tanque de enfriamiento	19
Figura 15-2: Zona de arrastre inicial	20
Figura 16-2: Horno de calentamiento.....	21
Figura 17-2: Unidad de arrastre final	22
Figura 18-2: Bobinadoras	22
Figura 19-2: Proceso de torsión.....	23
Figura 20-2: SIMA GS 2000	23

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A:** Componentes que conforman la línea de extrusión y torsión
- Anexo B:** Fichas técnicas de los componentes de la línea de extrusión y torsión
- Anexo C:** Hoja de información de la línea de extrusión
- Anexo D:** Hoja de decisión de la línea de extrusión
- Anexo E:** Costos del plan de mantenimiento de la línea de extrusión
- Anexo F:** Programación de mantenimiento
- Anexo G:** Formato de la orden de trabajo HIPLAS

LISTA DE ABREVIACIONES

RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad
AMEF	Análisis de modos y efectos de fallo

RESUMEN

El presente trabajo técnico tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para las líneas de extrusión y torsión de fibras retorcidas, film y malla en la empresa HIPLAS, para lo cual se realizó la identificación de cada uno de los componentes que integran las líneas mencionadas junto con el contexto operacional actual. Se definieron las funciones principales mediante los estándares de funcionamiento deseados por el usuario; se identificaron las fallas funcionales, modos de fallo, efectos de los modos de fallo y las consecuencias que se pueden suscitar en cada una de las líneas. Todo se reúne en un solo documento, la hoja de información del RCM. Con esta información junto con el análisis de los modos de fallo en el árbol de evaluación y la hoja de decisión se determinaron las tareas de mantenimiento. Se establecieron las frecuencias de mantenimiento y el personal que será el responsable de ejecutar dichas tareas. Finalmente se elaboró el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM y la programación de mantenimiento anual para las líneas de extrusión y de torsión. Con la aplicación de la metodología se demostró la ventaja económica que tiene la aplicación del RCM de mantenimiento preventivo frente al mantenimiento correctivo para cada una de las líneas; se recomienda a la empresa HIPLAS la aplicación inmediata del plan expuesto ya que con ello se obtendrá pronto resultados en la confiabilidad de la planta.

PALABRAS CLAVE: <MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)>, <EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO>, <TORSIÓN DE FIBRAS PLÁSTICAS>, <FILM>, <CONTEXTO OPERACIONAL>, <HOJA DE INFORMACIÓN>, <HOJA DE DECISIÓN>, <ÁRBOL DE EVALUACIÓN>

ABSTRACT

The present technical work deals with the development of a maintenance plan based on reliability (RCM) or Reliability Centred Maintenance, for the lines of extrusion and torsion of twisted fibers, film and net in HIPLAS enterprise, for which the identification of each component that comprises the mentioned lines was carried out along with the current operational context. The main functions were defined by the operational standards desired by the user; functional failures were identified, failure modes and effects and the consequences that can occur in each of the lines. It all comes together in a single document, the data sheet of RCM. This information together with the analysis of the failure modes in the assessment tree and the decision sheet determined the maintenance tasks. The maintenance frequencies and its staff who will be the responsible to do such tasks. Finally, the preventive maintenance based on RCM and the annual maintenance schedule for the extrusion and torsion lines. The economic advantage of the application of the RCM of preventive maintenance against corrective maintenance for each of the lines was demonstrated with the application of the methodology; HIPLAS enterprise is recommended to immediately apply the exposed plan since this will obtain early results in the reliability of the plant.

KEY WORDS: <RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)>, < PLASTIC EXTRUCTION>, <TORSION OF PLASTIC FIBERS>, < FILM>, < OPERATIONAL CONTEXT>, <DATA SHEET> <DECISION SHEET> <ASSESSMENT TREE>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa HIPLAS ubicada en el Cantón Guano, Provincia de Chimborazo se dedica a la fabricación y comercialización de hilos y cuerdas a base de polipropileno que son distribuidas en todo el país y utilizadas en diferentes sectores productivos tales como la ganadería, agricultura, pesca, entre otras.

HIPLAS cuenta con las áreas de producción, finanzas, ventas y una sección de mantenimiento; debido a la creciente demanda del producto, la empresa ha realizado la adquisición de maquinaria extranjera, para potenciar las líneas de extrusión y de torsión teniendo como objetivo alcanzar mayor capacidad y calidad en la producción, con las que se espera cubrir una mayor parte del mercado nacional.

La sección de mantenimiento tiene como finalidad asegurar que las líneas de extrusión y de torsión funcionen correctamente durante las jornadas de trabajo, este propósito se ve afectado debido a que no cuentan con una planificación y programación de mantenimiento, realizando tareas correctivas para mitigar las fallas, es decir que actúa de forma reactiva una vez que se han producido.

El no poseer un plan de mantenimiento preventivo ha afectado considerablemente a la empresa ocasionando: tiempos improductivos que conlleva a la pérdida de producción, elevados costos de reparación, desgaste progresivo de la maquinaria que disminuye su vida útil y todo esto se ve reflejado en una caída progresiva de la utilidad generada por la empresa.

1.2 Justificación

Mediante la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, se pretende prevenir las fallas y sus consecuencias en la maquinaria, incrementando así la disponibilidad y la confiabilidad de la planta, lo cual permitirá tener una producción continua, con el mínimo de imprevistos, además de poder contar con un adecuado control de la planificación y actividades de mantenimiento a realizar en las líneas de producción, esto se reflejará en la generación de ahorros para la empresa, como también la optimización de recursos económicos, tecnológicos y de personal contribuyendo al cumplimiento del objetivo del área de mantenimiento y de la empresa con eficiencia y eficacia.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

“Elaborar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para las líneas de extrusión y torsión de fibras retorcidas, film y malla en la empresa HIPLAS”

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Identificar los componentes que integran las líneas de extrusión y torsión
- Establecer la función del sistema y de cada componente
- Desarrollar la hoja de información y decisión del RCM
- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM
- Demostrar la ventaja económica que tiene la aplicación del mantenimiento preventivo basado en el RCM frente al mantenimiento correctivo

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Definición del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” (Moubray, 2004, p.7)

“Partimos de la base de que RCM es un proceso para determinar cuáles son las operaciones que debemos hacer para que un equipo o sistema continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, siempre y cuando ellas sean rentables para la empresa.” (Fernández, 2011, pp. 100-101)

Según Moubray y Fernández el RCM pretende asegurar la función del activo físico para cumplir con las expectativas tanto del usuario como de la industria, mediante la determinación de todas las operaciones necesarias para cumplir con el objetivo trazado, dentro del ambiente laboral que se encuentre.

2.2 Las siete preguntas de RCM

Para la aplicación del proceso del RCM se expone 7 preguntas que se deberán desarrollar acerca del activo físico o sistema que se quiere analizar (Moubray, 2004, p. 7).

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.2.1 *Pregunta 1.- Funciones y Parámetros de funcionamiento*

Definición de las funciones

“La definición de una función consiste en un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento deseado por el usuario” (Moubray, 2004, p. 23)

Según Moubray para definir una función no solo es necesario un verbo y un objeto ya que la función estaría incompleta, por lo que es necesario incluir los rangos de trabajo deseado por el usuario de dicha máquina o instalación.

Clasificación de funciones:

Funciones Primarias. - Las funciones que constituyen las razones principales por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario.

Funciones Secundarias. - Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su función primaria, tales como aquellas que se necesitan para cumplir con los requerimientos regulatorios y aquellas a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural (SAE JA1011, 1999, p. 5)

Estándar de funcionamiento

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* manifiesta que existen dos formas para definir el funcionamiento, las cuales dependen de:

- Lo que el dueño o usuario desea que realice (Funcionamiento deseado)
- Lo que el activo físico puede realizar, conocido como capacidad inherente la cual depende de la manera en la que está construido y diseñado.

El funcionamiento deseado y la capacidad inherente son de suma importancia ya que nos permiten determinar si un activo es mantenible o no, por lo que Moubray concluye:

-Un activo físico es considerado mantenible cuando lo que el usuario desea que realice está dentro del rango de su capacidad inicial.

-Debemos conocer cuál es el mínimo funcionamiento aceptable por el usuario dentro del contexto operacional del activo físico.

Contexto operacional

Se define al contexto operacional como “Las circunstancias bajo la cuales se espera que opere el activo físico o sistema” (SAE JA1011, 1999, p. 4)

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* manifiesta la importancia del contexto operacional antes de iniciar el proceso de RCM, y menciona varios elementos importantes a tener en cuenta al momento de describir el contexto operacional, por ejemplo: si la producción es por lotes continuos, si existe elementos redundantes, la calidad, el medio ambiente, jornada de trabajo, entre otras.

2.2.2 *Pregunta 2. Fallas funcionales*

“Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”. (Moubray, 2004, p. 50)

Otra manera de definir la falla funcional es la siguiente, “Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado” (SAE JA1011, 1999, p. 9)

Según la norma SAE JA 1011 y Moubray se manifiesta que la falla funcional es contraria a la función, es decir que impide realizar la función para la cual el dueño del activo físico lo adquirió, es por ello menester definir correctamente las funciones.

2.2.3 *Pregunta 3. Modos de falla*

“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional”. (Moubray, 2004, p. 56)

Nivel de causalidad

“Se deben identificar los modos de falla en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas apropiada” (SAE JA1011, 1999, p. 7)

¿Por qué se analiza los modos de falla?

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* manifiesta que el mantenimiento trabaja en función de los niveles de fallo, ya que la mayoría de documentación como ordenes de trabajo, la planeación diaria, historial de fallas, se manejan con modos de fallo los cuales se analizan y se define la política necesaria para contrarrestarlos.

Categorías de los modos de fallo

Se puede establecer tres categorías de modos de falla de la siguiente manera: (Moubray, 2004, p. 61)

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado

Esto sucede cuando el activo físico al ponerlo en funcionamiento está por encima de la capacidad inicial y luego disminuye hasta quedar debajo de la misma.

- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial

Esto ocurre cuando el funcionamiento deseado se incrementa de modo que no se encuentra dentro de la capacidad del activo físico.

- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de realizar lo se quiere.

Sucede cuando desde el primer momento la capacidad del activo físico no cumple con el funcionamiento deseado por el usuario.

2.2.4 *Pregunta 4. Efectos de falla*

“Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla”. (Moubray, 2004, p. 76)

“Lo que pasa cuando ocurre un modo de falla” (SAE JA1011, 1999, p. 4)

La descripción de los efectos de falla permite determinar el impacto que tienen las consecuencias de falla para la empresa, es decir dependiendo la gravedad de los efectos de falla los dueños o usuarios definirán la importancia de cada falla.

2.2.5 *Pregunta 5. Consecuencias de falla*

Las consecuencias de falla definen la manera en que para los dueños o usuarios creerán que cada falla es importante (Moubray, 2004, p. 95)

Otra manera de definir las consecuencias es “Los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos)” (SAE JA1011, 1999).

-Categorías de consecuencias de falla

Las categorías de consecuencias de falla se dividen en dos: las consecuencias de las fallas evidentes y las consecuencias de las fallas ocultas que se resumen en la figura 1-2.



Figura 1-2: Categorías de consecuencia de los modos de fallas

Fuente: <https://www.slideshare.net/AlanQuispeCoronel/1-ing-josecampos>

-Categorías de consecuencia de fallas evidentes

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* clasifica las consecuencias de fallas evidentes en tres categorías de la siguiente manera:

-Consecuencias para la seguridad y medio ambiente.

El autor considera que se tiene consecuencias para la seguridad si puede herir a una persona o producir su deceso. Se considera que se tiene consecuencias para el medio ambiente si se quebranta una ley relacionada al medio ambiente.

-Consecuencias Operacionales.

El autor manifiesta que existe consecuencias operacionales cuando perjudica al proceso productivo tanto en volumen, calidad, entre otras involucra pérdidas económicas en la producción más el costo de reparación.

-Consecuencias no Operacionales

No tienen ninguna repercusión para la seguridad o para la producción, pero conlleva el costo de la reparación.

Categoría de consecuencia de fallo no evidente

-Consecuencias de fallas ocultas

Aunque no tenga una afectación directa, arriesga a la organización a sufrir daños serios e incluso catastróficos, y está relacionada con los sistemas de protección y de seguridad.

2.2.6 *Pregunta 6.- Tareas proactivas*

Las tareas que se realizan para prevenir que el activo falle, abarca los mantenimientos preventivo y basado en la condición, aunque RCM utiliza los términos de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición. (MOUBRAY, 2004)

Para poder definir lo mencionado, Moubray establece el diagrama de decisión que nos ayuda a clasificar las consecuencias de falla en base al impacto de cada modo de falla, el diagrama de decisión se muestra en la figura 2-2.

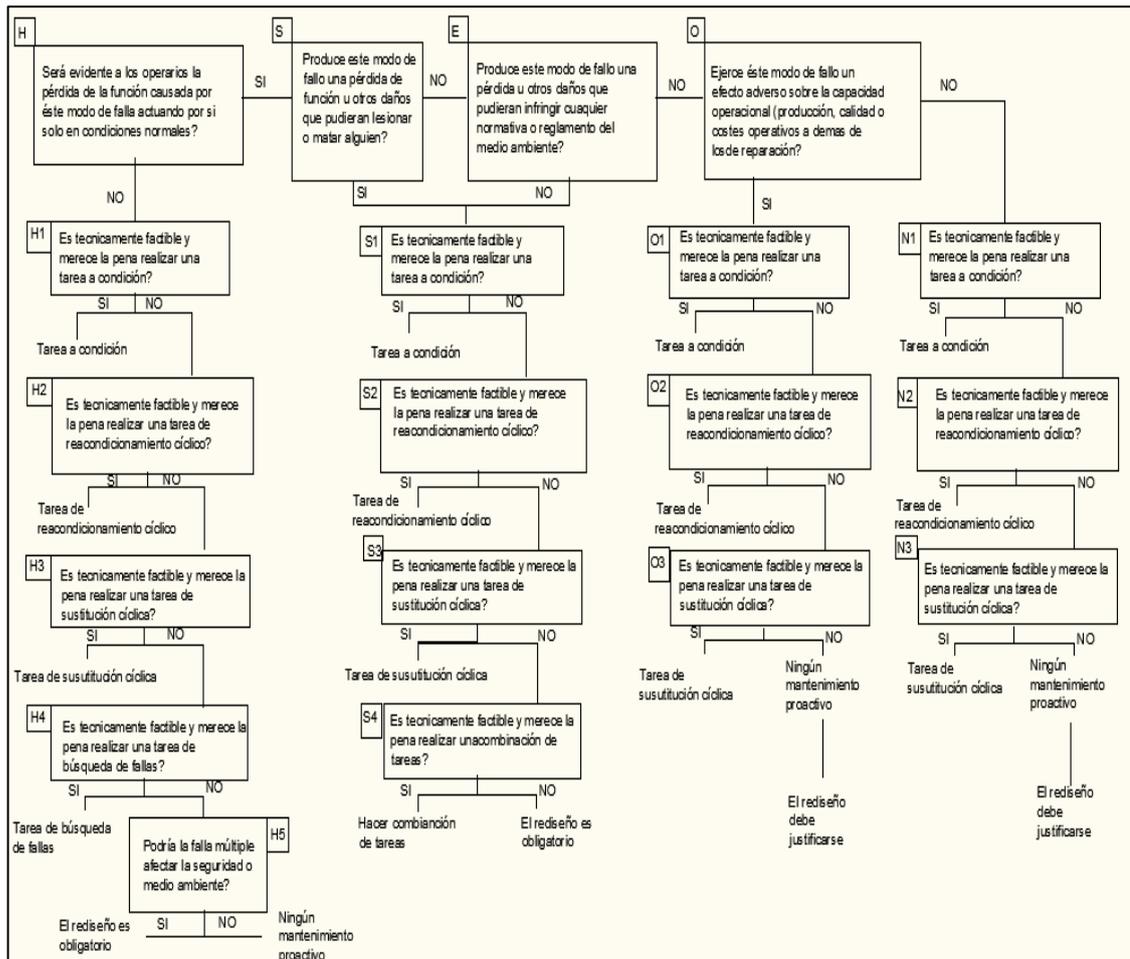


Figura 2-2: Diagrama de Decisión de RCM

Fuente: (Moubray, 2004, págs. 204-205)

Tareas de reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* define al reacondicionamiento cíclico como forma de reestablecer la condición de un elemento anticipándose o en el límite de la edad establecida, sin importar el estado del elemento en ese momento y a la vez define a la sustitución cíclica como una tarea en donde se desecha un componente del activo físico anticipándose o en el límite de la edad establecida sin importar el estado del elemento en ese momento.

El autor también manifiesta que dependiendo del nivel de análisis que se realice, dichas expresiones se pueden referir a la misma tarea.

Tareas a condición

Moubray, (2004) señala que las tareas a condición se basan en examinar si existe o no un estado en el que se indique que una falla funcional está por ocurrir (fallo potencial) de manera que se prevenga la misma o al menos sus consecuencias.

2.2.7 *Pregunta 7.- Acciones a falta de*

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* manifiesta que una acción a falta de se aplica en los casos en que no hay manera de establecer una tarea proactiva, actuando ante el estado de falla, estas son definidas en el RCM como búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

Tareas de búsqueda de fallas

Se realizar una revisión periódica a una función oculta, para asegurarse que la misma no haya fallado.

Únicamente se realizará una tarea de búsqueda de falla si es posible disminuir la probabilidad de ocurrencia de una falla múltiple.

Ningún mantenimiento programado

Se deja al elemento en funcionamiento hasta que éste falle, es decir que no se realiza ningún esfuerzo para prevenir la falla y se aplica únicamente a estas situaciones:

- No se puede determinar una tarea proactiva para la función oculta y las consecuencias de la falla múltiple no están asociadas a la seguridad y medio ambiente.
- No se puede determinar una tarea para mitigar las consecuencias operacionales y no operacionales que sea costo-eficaz. (MOUBRAY, 2004)

2.2.8 *Factibilidad técnica de tareas proactivas*

“Una tarea es técnicamente factible si físicamente permite reducir o realizar una acción que reduzca las consecuencias del modo de falla asociado, a un nivel que sea aceptable para el dueño o usuario del activo” (Moubray, 2004, p. 133)

Factibilidad técnica de las tareas de reacondicionamiento cíclico

Moubray, (2004) dice que una tarea de reacondicionamiento cíclico es técnicamente factible si cumple con los siguientes requisitos:

- Existe un tiempo reconocible en donde el componente aumenta rápidamente su probabilidad de fallar.
- Resisten a esta edad o tiempo casi todos los componentes.
- Se puede reestablecer las condiciones de resistencia iniciales del componente.

Factibilidad técnica de las tareas de sustitución cíclica

Moubray, (2004) manifiesta que una tarea de sustitución cíclica es técnicamente factible si cumple lo siguiente:

- Existe un tiempo reconocible en donde el componente aumenta rápidamente su probabilidad de fallar.
- Resisten a esta edad o tiempo casi todos los componentes.

Factibilidad técnica de las tareas a condición

Moubray, (2004) nos dice que una tarea a condición posee factibilidad técnica si:

- Es factible determinar un estado de falla potencial
- El intervalo P-F es estable
- Es conveniente realizar un monitoreo a intervalos menores que el P-F al elemento de estudio
- Existe una adecuada duración del intervalo P-F neto para realizar tareas antes que se produzca la falla

2.3 Hoja de Información del RCM

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* manifiesta que una vez que se conoce las funciones y los fallos funcionales para cada sistema, elemento o componente se debe aplicar el análisis de los modos de falla y efectos (AMEF), dando respuesta

a las cuatro primeras preguntas del RCM, teniendo como resultado un documento denominado Hoja de Información del RCM como se muestra en la figura 3-2.

HOJA DE INFORMACIÓN RCMII		Sistema:	Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
		Subsistema:	Subsistema N°	Auditor:	Fecha:	de
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Conducir sin restricciones todos los gases calientes de la turbina hasta un punto fijado a 10 metros encima del techo de la sala de turbinas	A	Incapaz de canalizar los gases	1	Montantes del secador corroidos	El ensamble del silenciador colapsa y cae al fondo del
		B	Flujo de gases restringido	2	Se desprende parte del secador por fatiga	
		C	No puede contener los	3	Se evidencia la presencia de	

Figura 3-2: Hoja de información del RCM

Fuente: (MOUBRAY, 2004)

2.4 Hoja de decisión de RCM

Moubray, (2004) manifiesta que la hoja de decisión es un documento donde se describe las respuestas a las tres últimas de preguntas del proceso de RCM, llevado a cabo mediante la aplicación del diagrama de decisión que se muestra en la figura 4-2, realizadas a cada uno de los modos de fallo plasmados en la hoja de información.

La hoja de decisión abarca, la evaluación de las consecuencias, las tareas proactivas propuestas, frecuencia y el responsable.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM "HIPLAS"		SISTEMA		LÍNEA DE EXTRUSIÓN				SISTEMA N° 1	FACILITADOR	FECHA	N° DE HOJA				
		SUBSISTEMA		EXTRUSORA				SUBSISTEMA N° 2	AUDITOR	FECHA	DE				
Referencia de Información	Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de	Tipo de Tarea	Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por			
	F	FF	FM	H	S	E	O						Q1	Q2	Q3
1	A	5.1.1	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar la camisa cuando falle	Al fallo	Mecánico		
1	A	5.1.2	S	N	N	S	N	S		Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y limpieza general de la camisa de la extrusora	12 meses	Mecánico		

Figura 4-2: Hoja de decisión del RCM

Fuente: (MOUBRAY, 2004)

2.5 Descripción de la empresa

Antes de iniciar el proceso del RCM es necesario realizar un estudio previo de la empresa HIPLAS que nos servirá para conocer el proceso, su contexto operacional, parámetros de funcionamiento de cada componente que forman parte de las líneas de extrusión y torsión.

Misión

“Somos una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de fibras retorcidas, film y malla para el sector Agrícola, Industrial, artesanal y comercial.

Dirigimos nuestros esfuerzos como equipo hacia nuestros clientes buscando asesorar antes, durante y después de la compra para satisfacer sus expectativas y necesidades de empaque, almacenamiento, sujeción y protección de productos”.

Visión

“Ser una Empresa líder dentro del mercado globalizado, ofreciendo alternativas de consumo en el sector Agrícola, Artesanal, Comercial e Industrial con productos plásticos direccionados para el empaque, embalaje, protección y amarre de productos.”

Ubicación

La empresa HIPLAS se localiza en Ecuador provincia de Chimborazo en el Cantón Guano, Km 6,5 vía a “Santa Teresita”



Figura 5-2: Ubicación de la empresa HIPLAS

Fuente: Google Maps

Distribución de la planta.

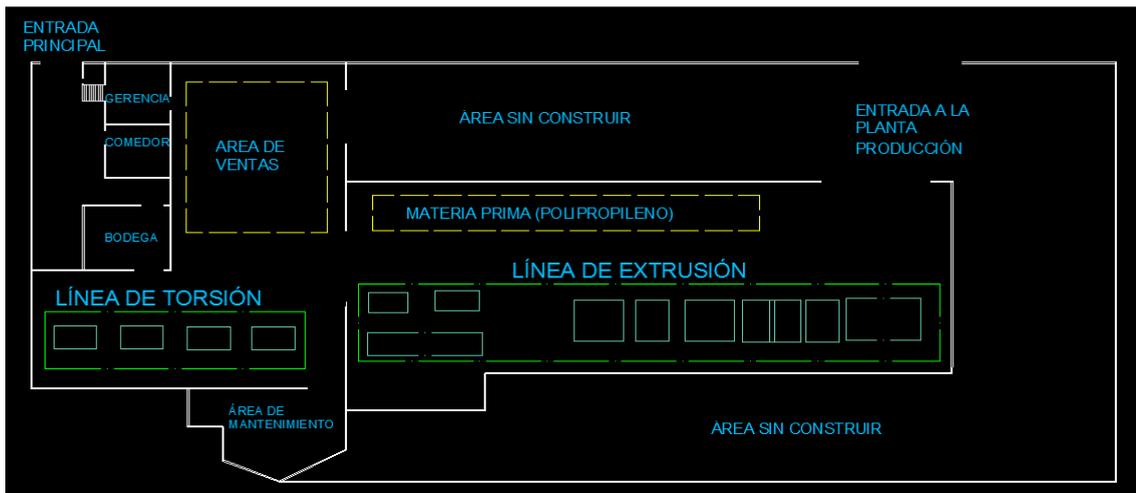


Figura 6-2: Distribución de la planta
Fuente: Empresa HIPLAS

Estructura organizacional

La empresa HIPLAS presenta la siguiente estructura jerárquica como se muestra en la fig. 6-2:

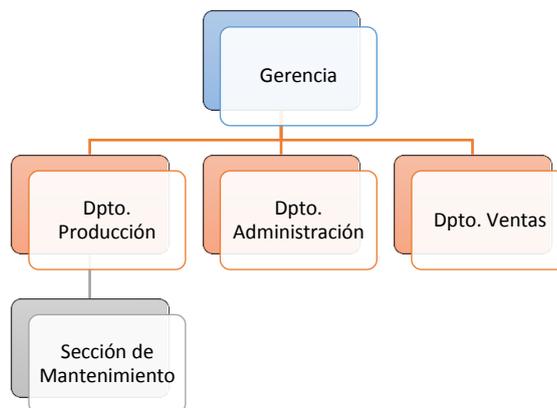


Figura 7-2: Estructura jerárquica de la empresa HIPLAS
Fuente: Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Descripción del producto

Para la elaboración de fibras retorcidas se utiliza como materia prima el polipropileno definida de la siguiente manera:

Polipropileno: Es utilizado ampliamente en la industria de los plásticos; su punto de fusión es de 175°C y con una densidad de 0,89 a 0,91 Kg/cm³ teniendo una buena resistencia química, a pesar de ello está expuesto a una degradación ya sea por calor o por rayos Ultra Violeta, por lo

que es necesario añadir diferentes aditivos. El polipropileno tiene un amplio rango de aplicación en la industria de plásticos; así tenemos:

- Películas bio-orientadas que son utilizadas para el empaque de productos alimenticios.
- Fibras textiles.
- Rafia para la elaboración de cuerdas, cabos, costales, etc. (INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO INDUSTRIAL, 1997, p. 20)

Fibras retorcidas de polipropileno

Las fibras sintéticas en su mayor parte son termoestables por lo que nos permite obtener un hilado a partir de su fusión, siendo el polipropileno uno de ellos. Este tipo de material nos permite una gran facilidad de coloración, a partir de la adición de colorantes, además las propiedades mecánicas, químicas, térmicas de las fibras y cuerdas son las que distinguen el precio al momento de venderlas. (MONDRAGÓN AGUILAR, 2002)

Las fibras retorcidas vienen en diferentes colores y espesores que se adaptan a los requerimientos del mercado. Si el requerimiento demanda que los productos sean más durables, estos son tratados y se les añade diversas sustancias para contrarrestar el envejecimiento prematuro en la intemperie cumpliendo así con la función específica de los Hilos que es amarre de cajas, bultos, tutoreo de matas, enfardado y artesanías. (QUISNIA, 2017)



Figura 8-2: Fibras retorcidas de polipropileno
Fuente: Sr. Carlos Quisnia

Propiedad principal de las fibras retorcidas

Denier: es una unidad de medida textil la cual nos permite medir la densidad de masa lineal, que se obtiene de calcular la masa en gramos por cada 9000 metros de fibra, teniendo en consideración que el grosor de la fibra es proporcional al denier, es decir a mayor denier mayor grosor de la fibra (EcuRed)

Producción de fibras retorcidas

Para la obtención del producto terminado, se debe desarrollar dos procesos básicos de manufactura, la extrusión de plástico para la obtención la película film y rafia y el proceso de torsión para la obtención de fibras retorcidas.

Estos dos procesos son realizados a través de los componentes de las líneas de extrusión y de torsión los cuales se muestra en la figura 9-2.

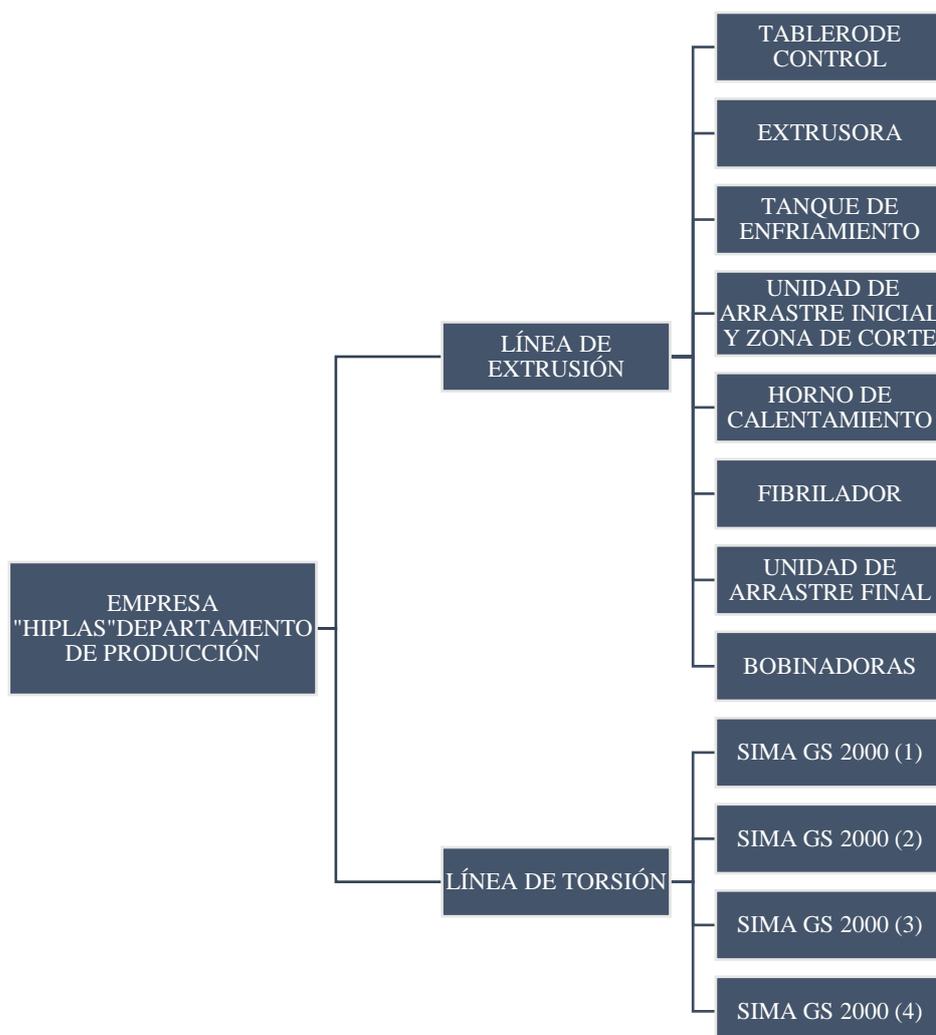


Figura 9-2: Diagrama de distribución de la planta
Fuente: Empresa HIPLAS

2.5.1 Descripción de la línea de extrusión



Figura 10-2: Línea de extrusión de la empresa HIPLAS
Fuente: Empresa HIPLAS

Morales Méndez, (2010) en su libro Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos manifiesta que la “Extrusión proviene de la palabra latina compuesta, ex (afuera) y trudere (empujar hacia)”, siendo uno de los procesos continuos más utilizado en la manufactura de plásticos a nivel industrial.

La línea de extrusión es muy importante dentro de la empresa ya que permite la obtención de rafia que es la materia prima para la obtención de fibras retorcidas o cuerdas de polipropileno a través del siguiente proceso:

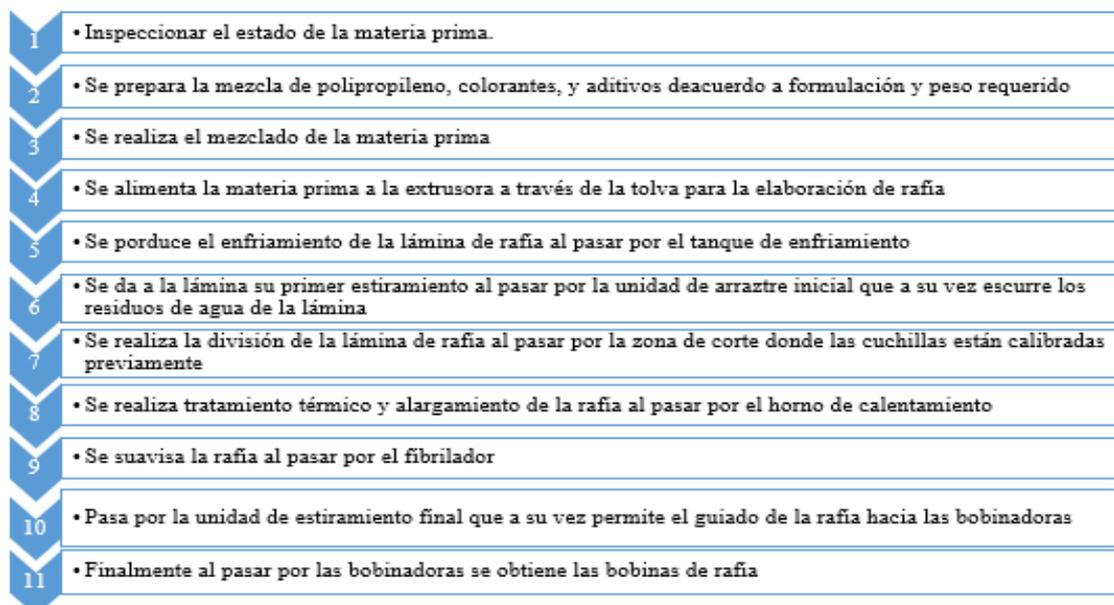


Figura 11-2: Proceso de extrusión
Fuente: Realizado por: Luis Villacrés Tapia

2.5.2 Componentes de la línea de extrusión

Para entender cómo trabaja la línea de extrusión es importante conocer los componentes y sus partes que conforman la línea de extrusión (Anexo A), sus principales funciones y características técnicas (Anexo B) como se detalla a continuación:

2.5.2.1 Extrusora



Figura 12-2: Extrusora
Fuente: Empresa HIPLAS

Función principal

Es la máquina fundamental en el proceso de extrusión, es la encargada de la fabricación de la lámina y película plana, a través de sus partes principales los cuales son: el tornillo y la camisa, cumple con cinco funciones fundamentales calentar, mezclar, presurizar, bombear y moldear el material. (RAMOS DE VALLE, 1993, p. 69)

Partes de la extrusora

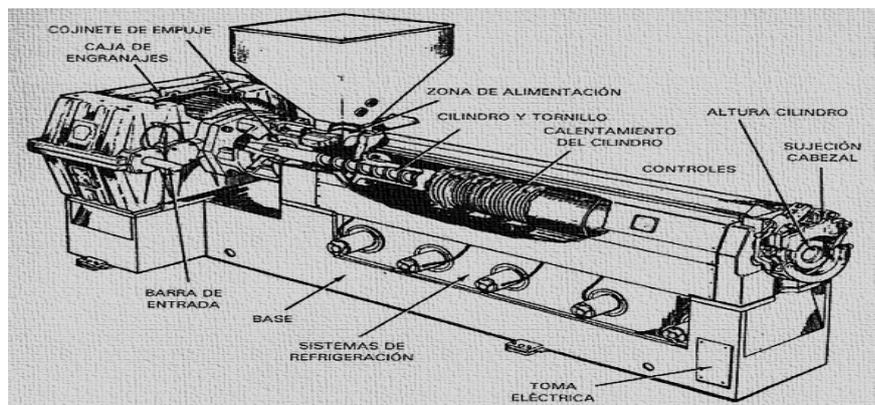


Figura 13-2: Partes de la máquina extrusora
Fuente: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion10.PLASTICOS.Extrusion.2005.pdf>

Tomando referencia a (INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO INDUSTRIAL, 1997, pp. 46-48) y a (MORALES MÉNDEZ , 2010 pp. 231-234) definiremos las partes de la extrusora en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Partes de la Extrusora

COMPONENTES DE LA EXTRUSORA DE PLÁSTICO	
PARTES	FUNCIÓN
Tablero de control	Controla los parámetros eléctricos de la extrusora
Motor de C.A. WEG de 20 Hp	Proporcionar la fuerza de movimiento necesaria para mover el tornillo extrusor.
Caja reductora de velocidad 10:1 y variadores de frecuencia.	Controlar la velocidad del husillo
Cojinete de empuje	Evitan el retroceso del tornillo extrusor
Tolva	Aloja a los gránulos de material plástico para proveer la continua alimentación a la extrusora
Garganta de alimentación	Permite el acceso del material al interior de la extrusora, y refrigera el material para poder transportarlo a traves de tornillo extrusor.
Camisa o barril	Contiene al tornillo extrusor y aloja en su periferia las resistencias eléctricas
Sistema de calentamiento	Aportan la energía térmica necesaria para fundir el material, a través desus ocho zonas de calentamiento.
Tornillo o husillo extrusor	Es el corazón de la extrusora y a que junto con la camisa realizan las funciones principales de la extrusora, al husillo se lo divide en tres zonas a saber la de alimentación, compresión y dosificación.
Plato rompedor y mallas	Aumentan la presión del fluido, cambian el regimen turbulento en laminar del material fundido e impide el paso de impurezas
Cabezal o dado	Moldea la masa del material fundido para obtener láminas de rafia, libres de tensiones y esfuerzos evitando deformaciones al momento de la solidificación.

Realizado por: Luis Villacrés Tapia
Fuente: Empresa HIPLAS

Las características técnicas de cada componente del sistema de transmisión se detallan en las fichas técnicas del ANEXO B.

2.5.2.2 Tanque de enfriamiento



Figura 14-2: Tanque de enfriamiento
Fuente: Empresa HIPLAS

Función principal

Se utiliza para el enfriado y solidificado de la lámina de rafia, un factor a tener en cuenta es el nivel de agua ya que es fundamental para obtener las propiedades requeridos de la lámina de rafia, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.3 Zona de arrastre inicial



Figura 15-2: Zona de arrastre inicial
Fuente: Empresa HIPLAS

Función principal

Su función principal mantener una velocidad constante de la lámina de rafia y a su vez acondicionar a la misma eliminando pliegues y residuos de agua, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.4 Zona de corte

Función principal

La función de esta zona es dividir la lámina de rafia de acuerdo con los requisitos establecidos del departamento de producción, del ancho de corte depende el grosor de las fibras retorcidas o cuerdas, convirtiéndose en un aspecto importante a ser tomado en cuenta, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.5 Horno de calentamiento



Figura 16-2: Horno de calentamiento
Fuente: HIPLAS

Función principal

Su función es realizar el tratamiento térmico y alargamiento de la rafia, está constituida por dos zonas, cada una contiene resistencias eléctricas conectadas en serie que permiten obtener el calentamiento adecuado, estas resistencias son controladas mediante un panel de control provisto de controladores de temperatura, y aparatos de medida para el correcto manejo de la temperatura de trabajo, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.6 Fibrilador

Función principal

Su función principal es suavizar la rafia para obtener lo que se conoce como malla, que es la materia prima para el proceso de torsión.

Consta de un rodillo fibrilador junto con un motor y un reductor de velocidad que transmiten su movimiento mediante un sistema banda- polea hacia el rodillo y que son controlados por un variador de frecuencia, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.7 Unidad de arrastre final



Figura 17-2: Unidad de arrastre final
Fuente: Empresa HIPLAS

Función principal

En esta unidad se genera la velocidad para el estiramiento final de la lámina, que produce una tensión que ayuda a obtener la tenacidad y resistencia, además sirve como guía para el próximo paso que es el bobinado.

Cuenta con un motor de corriente alterna que es el encargado de la generación de movimiento a través de un primer sistema de transmisión de banda-polea, que proporciona movimiento al rodillo principal, este a su vez mediante un segundo sistema de transmisión de piñones- cadena, se encarga de la transmisión de movimiento a los otros rodillos de la unidad de arrastre final, el control de esta unidad se realiza mediante un variador de frecuencia y de un potenciómetro que controla la velocidad de funcionamiento, las características técnicas se muestran en las fichas técnicas del Anexo B.

2.5.2.8 Bobinadoras



Figura 18-2: Bobinadoras
Fuente: Empresa HIPLAS

Función principal

Su función principal es devanar bobinas de rafia que serán utilizadas en el proceso de retorcido, el peso de las bobinas de rafia que pueden soportar las bobinadoras oscila entre 10 a 13 Kg.

2.5.3 Descripción de la línea de torsión

Una vez que se ha producido la rafia mediante el proceso de extrusión, ésta es trasladada a un segundo proceso para el retorcido de la fibra y así obtener el producto terminado. El proceso de torsión se resume en la figura 19-2:

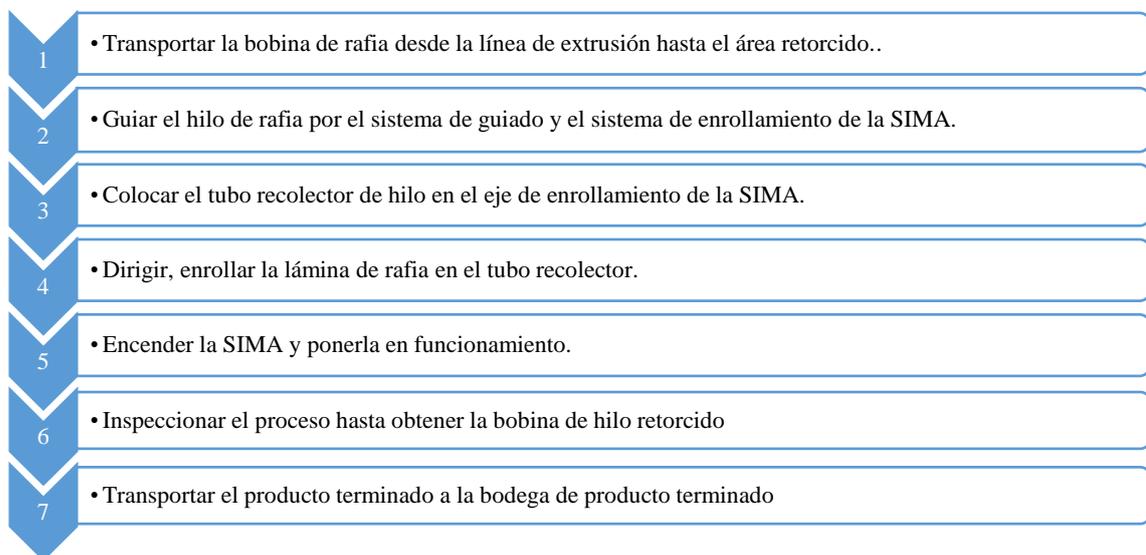


Figura 19-2: Proceso de torsión

Fuente: Realizado por: Luis Villacrés Tapia

SIMA GS 2000



Figura 20-2: SIMA GS 2000

Fuente: Empresa HIPLAS

La SIMA GS 2000 es una máquina bobinadora construida para la elaboración de fibras retorcidas, utilizando como materia prima la rafia con un denier que va desde los 5000 a los 120000 deniers.

La máquina puede operar a una velocidad 3500 rpm con una capacidad de producción medida en giros por minuto que va desde los 7000 a los 8000 giros a una velocidad de 4000 rpm; se puede elaborar bobinas de hilos retorcidos de 4"x4" hasta 12"x12" en diferentes presentaciones de acuerdo con los requerimientos de producción. (SIMA OF COMPANY THE GROUP DIELZE)

Sistemas y componentes de la máquina SIMA SG 2000

Tabla 2-2: Componentes de la SIMA GS 2000

SISTEMA	FUNCIÓN
Sistema de protección	Proteger el sistema eléctrico de la máquina, actuando de manera que cuando exista algún problema eléctrico, evite el daño del sistema eléctrico de la máquina.
Sistema de control	Ejercer el mando sobre la máquina, de manera que realice su función de manera automática.
Sistema de potencia	Permitir la maniobra y alimentación de los elementos de potencia.
Sistema Neumático	Alimentar aire a los actuadores de las máquinas de la línea de torsión para el accionamiento de las puertas de las SIMA GS 2000.
Sistema hidráulico	El sistema hidráulico es el encargado de dotar de la fuerza necesaria para el movimiento a las aletas para el retorcido de las fibras
Sistema mecánico	Realizar el bobinado y recogida de la cuerda.

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Fuente: Empresa HIPLAS

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA EN EL DESARROLLO DEL RCM

3.1 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

La información de los componentes del sistema, sus funciones y fallos funcionales se obtuvo mediante la recolección de los datos de campo, siendo estos: datos de placa de los equipos, manuales y catálogos. Mediante entrevistas realizadas al gerente de la empresa y personal operativo, se identificó y consideró los parámetros de operación y mantenimiento aplicados. Otro punto importante para la recolección de datos fue el análisis documental de manuales, libros, publicaciones, tesis, realizadas a equipos similares que complementaron la información obtenida en el campo.

3.2 Aplicación de la metodología de RCM para la línea de Extrusión

La aplicación de la metodología del RCM se realizó dando respuesta a las siete preguntas planteadas de la siguiente manera:

3.2.1 *¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados a la línea de extrusión en su actual contexto operacional?*

3.2.1.1 *Contexto operacional de la línea de extrusión*

La línea de extrusión trabaja en forma continua, ya que todas las máquinas que la forman están en serie y depende una de la otra para obtener la rafia; no existe equipos redundantes en la línea de extrusión por lo que la falla de cualquiera de las máquinas genera el paro de la producción.

La línea de extrusión tiene una capacidad de producción de 50 Kg de rafia por hora, pero la capacidad actual establecida de producción es de 38 Kg por hora que servirá para la obtención de bobinas de rafia de 10 Kg.

En la producción de rafia la calidad está determinada por la masa lineal, la cual está establecida en un rango de 2000 a 30000 denier dependiendo de los requerimientos del departamento de producción.

El color de las bobinas de rafia es fundamental para la venta de las mismas, ya que proporcionan el atractivo al producto.

La línea de extrusión trabaja tres turnos diarios de lunes a sábado, por lo que el paro de esta línea representa pérdidas económicas considerables, además reduce el tiempo de vida útil de los componentes con respecto a una línea que trabaje solo un turno de trabajo.

El tiempo de reparación ante la falla de la línea ha tenido intervalos de tiempo extensa, que han ido desde una semana hasta un mes cuando el fallo ha sido severo, esto se debe a que la empresa no está preparada tanto en repuestos como técnicamente para intervenir la línea de manera oportuna, por lo que las consecuencias de falla representan una pérdida económica considerable.

3.2.1.2 *Función principal de la línea de extrusión*

La función principal de la línea de extrusión es producir rafia a una velocidad de 38 Kg/h con una masa lineal desde 2000 a 30000 denier para obtener bobinas de rafia de 10 Kg con el color y forma requeridas por el departamento de producción.

3.2.2 *¿De qué manera falla la línea de extrusión en satisfacer dichas funciones?*

Las fallas funcionales se establecieron a partir de la función general de la línea de extrusión, por lo que se consideró todos los posibles fallos funcionales que no permiten que la línea haga lo que los usuarios desean en el contexto operacional actual, se estableció cinco fallas funcionales, dentro de estas se encuentra la falla total cuando la línea es incapaz de producir bobinas de rafia y las fallas en la cuales la línea sigue funcionando pero no cumple con los estándares de funcionamiento deseado, las fallas funcionales se describe en orden alfabético como se puede apreciar en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Fallas funcionales de la Línea de Extrusión

Código	Falla funcional
A	Incapaz de producir bobinas de rafia
B	No produce rafia a 38 kg/h
C	Produce rafia con una masa lineal menor a 2000 denier
D	Produce rafia con una masa lineal mayor a los 30000 denier
E	La rafia no cumple con los estándares de calidad establecidos como peso, color, durabilidad.

Realizado: Luis Villacrés Tapia

3.2.3 ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

Una vez que se realizó el listado de las fallas funcionales, se analizó y describió los modos de fallo que podrían causar cada de ellas; estos modos de falla se obtuvieron mediante las entrevistas realizadas a los operadores y al gerente de la empresa respecto a los fallos que han ocurrido en la línea de extrusión y del análisis de los trabajos técnicos realizados a equipos similares lo que aportó modos de fallo que no han ocurrido, pero tiene posibilidades de suceder.

Los modos de fallo fueron definidos hasta un nivel 3, lo que permitió establecer tareas proactivas para el manejo de fallas suscitadas en la línea de extrusión

3.2.3.1 Modos de falla para la falla funcional A. “Incapaz de producir bobinas de rafia”.

Modos de falla nivel 1

Los modos de falla del nivel 1 fueron descritos basados en la falla general de la línea de extrusión; es decir que se tomó en cuenta todas las posibles causas que pudieran ocasionar la incapacidad de producir bobinas de rafia.

La línea de extrusión al tener un proceso continuo es decir que existe dependencia entre los componentes de la misma, conlleva a que cualquier fallo del componente produzca un paro inmediato de la misma

Se describió dieciocho modos de falla que provocan la incapacidad de producir bobinas de rafia, cada una de ella tienen un código que permiten su localización dentro de la hoja de información.

Tabla 2-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional A

Código	Modos de falla nivel 1
A1	Falla del sistema de protección del tablero de control de la extrusora.
A2	El tablero de control de la extrusora no ejerce el mando de los parámetros eléctricos de funcionamiento de encendido y apagado de la extrusora.
A3	El tablero de control de la extrusora no permite la maniobra del motor
A4	La extrusora no transporta la mezcla de polipropileno con aditivos en estado sólido hacia la zona de fusión.
A5	La extrusora no plastifica el material
A6	La extrusora no transporta, bombea y presuriza el material fundido hacia el molde.
A7	La extrusora no mezcla el material fundido de manera uniforme
A8	La extrusora no es capaz de moldear en forma de lámina el material fundido.

A9	El tanque de enfriamiento no mantiene el nivel de agua requerido para el enfriamiento de la lámina
A10	La unidad de arrastre no es capaz de halar la lámina de rafia a la zona de corte
A11	La zona de corte no permite dividir la lámina de rafia.
A12	El horno de calentamiento no transfiere calor la lámina
A13	El horno de calentamiento no llega a la temperatura de 150°C
A14	El fibrilador no se mueve.
A15	El fibrilador no suaviza la rafia
A16	Los rodillos de la unidad de arrastre final no giran.
A17	La unidad de arrastre no es capaz de estirar la rafia
A18	La bobinadora es incapaz de enrollar bobinas de rafia.

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

El nivel de análisis 1 establece modos de fallo muy generales lo que no admite establecer una política de manejo de falla por lo que se profundizó el análisis de los modos de falla a niveles 2 y 3 lo que permitió establecer tareas proactivas técnica y económicamente factibles para el manejo causas que provocan las fallas funcionales en la línea de extrusión, los cuales fueron descritos en la hoja de información del RCM.

3.2.3.2 Modos de falla para la falla funcional B. “No produce rafia a 38 kg/h”.

Modos de falla nivel 1

Tabla 3-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional B

Código	Modos de falla nivel 1
B1	La extrusora no trabaja a una frecuencia de 51 Hz
B2	La unidad de arrastre no trabaja a una frecuencia de 48 Hz
B3	La unidad de corte no trabaja a una velocidad de 29 Hz
B4	Se fibrila la rafia a una frecuencia diferente a 48 Hz
B5	Bobina a una velocidad menor al 400 rpm

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

Ver la hoja de información del RCM.

3.2.3.3 Modos de falla para la falla funcional C. “Produce rafia con una masa lineal menor a 2000 denier”

Modos de falla nivel 1

Tabla 4-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional C

Código	Modos de falla nivel 1
C1	Incorrecta formulación de la materia prima y mala selección del ancho del corte de lámina de rafia
C2	La materia prima no es de buena calidad
C3	El proceso de mezclado se realiza en forma incorrecta
C4	El horno de calentamiento no llega a la temperatura de 150°C
C5	La temperatura del agua del tanque de enfriamiento mayor a 22°C

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

Ver la hoja de información del RCM.

3.2.3.4 Modos de falla para la falla funcional E. “La rafia no cumple con los estándares de calidad establecidos como peso, color, durabilidad y forma de la bobina”

Modos de falla nivel 1

Tabla 5-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional E

Código	Modos de falla nivel 1
E1	La película pierde el ancho indicado
E2	La película se rompe continuamente
E3	El color de la rafia no tiene la pigmentación correcta
E4	Enrolla bobinas con un peso menor a los 10 Kg

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

Ver la hoja de información del RCM.

3.2.4 *¿Qué sucede cuando ocurre cada falla de la línea de extrusión?*

Los efectos de falla para cada uno de los modos de falla nivel 3, fueron descritas tomando la información dada por el gerente y por el personal que conforma la planta y reflejan de forma detallada el impacto negativo que sufre la línea de extrusión cada vez que se presentan los modos de fallo que se encuentran descritos en la hoja de información del RCM.

Un modo de fallo predominante que ha tenido efectos significativos y el cual se analizó fue el desgaste de los rodamientos ya que produjo el paro de la línea por un tiempo estimado de un mes, cuyas consecuencias operacionales se analizaron en el análisis del caso propuesto, que se desarrolló más adelante.

3.2.5 *Hoja de información de la línea de extrusión*

La hoja de información de la línea de extrusión se desarrolló dando respuesta a las cuatro primeras preguntas del RCM, se consideró la función principal de la línea de extrusión ubicada en la primera columna de la hoja de información, se determinó los fallos funcionales que impiden realizar lo que los usuarios quieren que haga los cuales se describieron en la segunda columna y fueron codificadas alfabéticamente, en las columnas siguientes se describió los modos de fallo hasta un nivel de análisis tres que permitió establecer una política de manejo de falla apropiada, y también los efectos de falla que explican lo que ocurre cada vez que se presenta un modo de falla analizado.

Del estudio realizado se evidenció que los eventos que han producido mayores impactos para la empresa han sido: desgaste de rodamientos de los componentes de la línea, problemas eléctricos, niveles de agua en el tanque de enfriamiento, control de temperatura en el horno de calentamiento, control de velocidad en las unidades de arrastre, desgaste de los rodillos de goma, entre otros.

A continuación, se presenta la hoja de información

Tabla 6-3: Hoja de información de la línea de extrusión

HOJA DE INFORMACION DEL RCM "HIPLAS"	SISTEMA	LÍNEA DE EXTRUSIÓN					SISTEMA N.º 1	FACILITADOR Luis Villacrés	FECHA 22/07/2017	N.º DE HOJA
	SUBSISTEMA	EXTRUSORA					SUBSISTEMA N.º 2	AUDITOR Ing. Ángel Larrea	FECHA 05/09/2017	DE
FUNCIÓN PRINCIPAL	FALLA FUNCIONAL	N	MODO DE FALLA NIVEL 1	N	MODO DE FALLA NIVEL 2	N	MODO DE FALLA NIVEL3	EFECTO DE FALLA		
1 Producir rafia a una velocidad 38 Kg/h con una masa lineal desde 2000 a 30000 denier para obtener bobinas de rafia de 10 Kg con el color y forma, requeridas por el departamento de producción	A Incapaz de producir bobinas de rafia	5	La extrusora no plastifica el material	5.1	Pérdida de presión del material fundido	5.1.1	Fisuras en el interior de las paredes de la camisa	La camisa no es capaz de resistir las presiones altas provocando fuga del material y con ello parada de la extrusora, se tiene que cambiar la camisa, tiempo de paro de la línea aprox. 20 días		
						5.1.2	Camisa corroída en su interior			
					5.2	Camisa de la extrusora desgastada	5.2.1		Desgaste abrasivo por contacto con el tornillo extrusor	Al tener una holgura mayor a la permitida entre la camisa y el tornillo extrusor no se produce la fricción necesaria para fundir y homogenizar el material haciendo que el material se acumule en la zona de alimentación de la extrusora, lo que provoca la detención inmediata de la línea de extrusión con un tiempo aprox. de paro de 2 semanas
							5.2.2		Incrustación de partículas abrasivas en el interior de la camisa	
							5.2.3		Erosión por contacto con el material	
					5.3	No alcanza la temperatura adecuada para fundir el material	5.3.1		Cables de las resistencias eléctricas reventados	Las niquelinas no se calientan por lo que no se consigue llegar a la temperatura de fusión del material , se debe parar el proceso para corregir el problema tiempo aprox. 1h
				5.3.2			Resistencias eléctricas quemadas			
				5.3.3			Conexión de los cables de las niquelinas flojos			
				5.3.4			Interruptores de encendido y apagado dañados			
				5.3.5			Falla de los controladores de temperatura			

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

3.2.6 *¿En qué sentido es importante cada falla?*

Los efectos de falla que han ocurrido durante los últimos años en la línea de extrusión han llevado a la empresa a sufrir pérdidas económicas considerables, al no contar con un plan de mantenimiento preventivo, los modos de falla que se han presentado han causado la parada de las líneas por horas incluso días.

Se evaluó cada uno de los efectos de falla que generan cada uno de los modos de falla nivel 3 de la hoja de información y se determinó en cada uno el tipo de consecuencia que genera, que se verá reflejado en la hoja de decisión tabla 9-3.

3.2.7 *¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?*

Se ha propuesto las tareas proactivas para la prevención de las fallas, sustituciones cíclicas y reacondicionamiento cíclico, así también las acciones a falta de en los casos que no se ha visto factible realizar ninguna tarea proactiva, el resultado de este análisis se describió en la hoja de decisión del RCM para la línea de extrusión que se presenta en la tabla 9-3.

3.2.8 *Hoja de decisión de la línea de extrusión*

En esta sección se desarrolló la hoja de decisión para la línea de extrusión, una vez definidas las tareas proactivas se determinó la frecuencia inicial y el responsable de realizar dichas tareas.

Para el desarrollo de la hoja de decisión de la línea de extrusión se analizó cada modo de fallo nivel 3 de la hoja de información, el resultado permitió la elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para la línea de extrusión.

A continuación, se detalla la hoja de decisión para la línea de extrusión

Tabla 7-3: Hoja de decisión de la línea de extrusión

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM "HIPLAS"				SISTEMA		LÍNEA DE EXTRUSIÓN						SISTEMA N° 1	FACILITADOR Luis Villacrés	FECHA 18/08/2017	N° DE HOJA 1	
				SUBSISTEMA		EXTRUSORA						SUBSISTEMA N° 2	AUDITOR Ángel Larrea	FECHA 15/09/2017	DE	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H3 S3 Q3 N3	Acción a falta de			Tipo de Tarea	Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							H4	H5	S4							
F	FF	FM	H	S	E	O										
1	A	5.1.1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	Cambiar la camisa cuando falle	Al fallo	Mecánico
1	A	5.1.2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general de la camisa de la extrusora	12 meses	Mecánico
1	A	5.2.1	N				N	N	N	N			Ningún mantenimiento programado	Cambiar la camisa extrusora cuando falle	Al fallo	Mecánico
1	A	5.2.2	N				S						A condición	Inspección visual de la presencia y el estado del imán en la tolva de alimentación	Diario	Operario
1	A	5.2.3	N				N	N	N	N			Ningún mantenimiento programado	Cambiar la camisa cuando falle	Al fallo	Mecánico
1	A	5.3.1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento o cíclico	Limpiar el interior de la camisa	12 meses	Mecánico
1	A	5.3.2	S	N	N	S	S						A condición	Verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos y de ser necesario cambiarlos	Semanal	Mecánico
1	A	5.3.4	S	N	N	S	S						A condición	Verificar que las niquelinas tengan el ajuste adecuado y de ser necesario realizar el correcto ajuste de los tornillos de las niquelinas	Semanal	Mecánico
1	A	5.3.3	S	N	N	S	S						A condición	Revisar el estado y funcionamiento de los controladores de temperatura del tablero de control eléctrico	Mensual	Técnico eléctrico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

3.3 Aplicación de la metodología del RCM de la línea de torsión

Para aplicación de metodología del RCM en la línea de torsión se siguieron los mismos pasos que la línea de extrusión.

3.3.1 *¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados a la línea de torsión en su actual contexto operacional?*

3.3.1.1 Contexto operacional actual de la línea de torsión

Es la encargada de unir las fibras de rafia que se obtienen de la línea de extrusión y retorcerlos para formar las cuerdas de diferentes diámetros que definen la resistencia de las mismas.

La línea de torsión trabaja por lotes a diferencia de la línea de extrusión que trabaja en forma continua, la línea está constituida por 5 máquinas SIMA GS 2000 las cuales se encargan de la producción de fibras retorcidas o cuerdas a partir de la rafia elaborada.

En la actualidad la producción de bobinas de fibras retorcidas (cuerdas), por cada una de las máquinas que conforman la línea de está definida en 6 bobinas de 10 kg por turno de trabajo.

En la producción de fibras retorcidas la calidad está determinada por la masa lineal la que está establecida en un rango de 10000 a 25000 denier dependiendo de los requerimientos del departamento de producción.

El color de las bobinas de rafia es fundamental para la venta de las mismas, ya que proporcionan el atractivo al producto.

Otro punto por tomar en cuenta al momento de definir la calidad de producto es las torsiones por minuto que se le da a las fibras.

La línea de retorcido trabaja tres turnos diarios de lunes a sábado, por lo que el paro de esta línea representa pérdidas económicas considerables, además reduce el tiempo de vida útil de los componentes con respecto a una línea que trabaje solo un turno de trabajo.

El tiempo de reparación ante la falla de la línea es muy extensa, que va desde una semana hasta quince días dependiendo la gravedad del fallo, esto se debe a que la empresa no está preparada

tanto en repuestos como técnicamente para intervenir la línea de manera oportuna, por lo que las consecuencias de falla representan una pérdida económica considerable.

La empresa cuenta con máquinas con movimientos rotativos cuyos sistemas de transmisión de movimiento pueden generar accidentes a los trabajadores; en lo que respecta al medio ambiente la empresa no tiene problemas ya que el producto es amigable con el mismo y la materia de desperdicio es reprocesada para reutilizarla en la producción.

3.3.1.2 *Función principal de la línea de torsión*

La función principal de la línea de torsión es obtener bobinas de fibras retorcidas de polipropileno con una velocidad de producción de 6 bobinas de 10 Kg en 8 horas por cada máquina. Con una masa lineal de 10000 a 25000 denier.

3.3.2 *¿De qué manera falla la línea de torsión en satisfacer dichas funciones?*

Siguiendo la metodología de la línea de extrusión se estableció las fallas funcionales de la línea de torsión.

Tabla 8-3: Fallas Funcionales de la Línea de Torsión

Código	Falla funcional
A	No se obtiene bobinas de fibras retorcidas de polipropileno
B	No se obtiene 6 bobinas de 10 kg en 8 horas por cada máquina SIMAGS2000
C	La masa lineal es menor a los 10000 denier

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

3.3.3 *¿Cuál es la causa de cada falla funcional?*

Los modos de falla para cada una de las fallas funcionales descritas anteriormente fueron analizados tomando en consideración las causas que provocan la falla total de la máquina SIMAGS2000 y las causas de las fallas funcionales que no permiten obtener los estándares de funcionamiento deseados por el usuario en su contexto operacional actual,

3.3.3.1 *Modos de falla para la falla funcional A. “No se obtiene bobinas de fibras retorcidas de polipropileno”.*

Modos de falla nivel 1

Se determinó tres modos de falla que provocan la incapacidad de obtener bobinas de fibras retorcidas, a cada una de ella se le asignó código que permiten su localización dentro de la hoja de información de RCM de la línea de torsión.

Tabla 9-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional A

Código	Modos de falla nivel 1
A1	La máquina SIMA GS 2000 no arranca.
A2	La SIMA GS 2000 incapaz de retorcer las fibras
A3	La SIMA SG 2000 incapaz de realizar la recogida de cuerda

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

El nivel de análisis 1 establece modos de fallo muy generales lo que no admite establecer una política de manejo de falla por lo que se vio la necesidad de profundizar el análisis de los modos de falla a niveles 3 y 4 lo que permitió establecer tareas proactivas técnica y económicamente factibles para el manejo causas que provocan las fallas funcionales en la línea de torsión, los cuales fueron descritos en la hoja de información del RCM.

3.3.3.2 *Modos de falla para la falla funcional B. “No se obtiene seis bobinas de 10 Kg en 8 horas por cada máquina SIMA GS 2000”.*

Modos de falla nivel 1

Tabla 10-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional B

Código	Modos de falla nivel 1
B1	No se obtiene 6 bobinas en 8 h
B2	Las bobinas no tienen un peso de 10 Kg

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

Ver la hoja de información del RCM.

3.3.3.3 Modos de falla para la falla funcional C. “La masa lineal es menor a los 10000 denier”

Modos de falla nivel 1

Tabla 11-3: Modos de Falla Nivel 1 para la falla funcional C

Código	Modos de falla nivel 1
C1	Materia prima en mal estado
C2	El grosor de la cuerda es muy pequeño

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Modos de falla nivel 2 y 3

Ver la hoja de información del RCM.

3.3.4 *¿Qué sucede cuando ocurre cada falla de la línea de torsión?*

Se describió los efectos de falla de cada modo de falla del nivel 3 y nivel 4 para la línea de torsión que permitió el desarrollo de la hoja de información del RCM para esta línea.

3.3.5 *Hoja de información de la línea de torsión*

Para el desarrollo de la hoja de información de línea de torsión se recolectó todas las respuestas de las cuatro primeras preguntas en el proceso de RCM; como se puede observar en un estrato obtenido de la hoja de información tabla 12-3

Tabla 12-3: Hoja de información de la línea de torsión

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RCM "HIPLAS"	SISTEMA	LÍNEA DE TORSIÓN							SISTEMA N° 1	FACILITADOR	FECHA	N° DE HOJA
	SUBSISTEMA	SIMA GS 2000							SUBSISTEMA N°1	AUDITOR	FECHA	DE
FUNCIÓN PRINCIPAL	FALLA FUNCIONAL	N	MODO DE FALLA NIVEL 1	N	MODO DE FALLA NIVEL 2	N	MODO DE FALLA NIVEL 3	N	MODO DE FALLA NIVEL 4	EFECTO DE FALLA		
1 Obtener bobinas de fibras retorcidas de polipropileno con una velocidad de producción de 6 bobinas de 10 Kg en 8 horas por cada máquina. Con una masa lineal de 10000 a 25000 denier	A No se obtiene bobinas de fibras retorcidas de polipropileno	1	La maquina SIMA GS 2000 no arranca.	1.2	Sistema de protección en estado de falla	1.2.1	Interruptor automático principal/ breakers secundarios disparados	1.2.1.1	Picos elevados de tensión	No es suministrada potencia de alimentación al motor, por esta anomalía impide el cierre del circuito y la circulación de corriente, se realiza una búsqueda de anomalías y si es necesario el cambio del interruptor		
								1.2.1.2	Cortocircuitos			
								1.2.1.3	Sobrecarga eléctrica			
								1.2.1.4	Conexiones flojas			
						1.2.2	Interruptor automático en mal estado	1.2.2.1	Contactos sulfatados	Se pierde conductividad lo que genera perdida de intensidad lo que no permite la puesta en marcha de la máquina		
								1.2.2.2	Polvo y suciedad	Se presenta interrupciones en el circuit, se puede percibir calentamiento excesivo, visualmente se evidenciara desgaste		
						1.2.3	Fusibles quemados			No pasa corriente a la maquina y se puede observar el fusible derretido lo que no permite el encendido de la máquina		
						1.2.4	Conductores eléctricos en mal estado	1.2.4.1	Aislamiento desgastado	El fallos de los conductores produce sobrecorrientes, lo que porvoca la activación de las protecciones, lo que no permite el paso de corriente a los motores, se debe cambiar el cableado, tiempo de paro aproximado 2 días		
								1.2.4.2	Conductores sin aislamiento			
								1.2.4.3	Conductores electricos flojos	No permite el paso de la corriente necesaria para enclavar los contactores, parando la maquina para revisión tiempo estimado 2 h		
						1.2.5	Lámparas indicadoras de paro y marcha quemadas			No permite indicar el estado de la máquina		
						1.2.6	Pulsador de emergencia no se enclava	1.2.6.1	Suciedad de los contactos	Se presiona el pulsador pero no se mantiene enclavado lo que no permite el paro de la máquina.		
1.2.6.2	Presencia de corrosión en el pulsador											
1.2.6.3	Contactos sulfatados											

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

3.3.6 *¿En qué sentido es importante cada falla?*

Las consecuencias de falla que han ocurrido durante los últimos años en la línea de torsión han llevado a la empresa a sufrir pérdidas económicas considerables, al no contar con un plan de mantenimiento preventivo, los modos de falla que se han presentado causaron la parada de la línea por horas incluso días.

Se evaluó cada uno de los modos de falla nivel 3 y nivel 4 de la hoja de información y se determinó en cada uno el tipo de consecuencia que genera-.

3.3.1 *Hoja de decisión de la línea de Torsión*

De manera similar a lo que se realizó en la línea de extrusión, se desarrolló la hoja de decisión para la línea de torsión; se utilizó la hoja de información y se analizó cada modo de fallo mediante la aplicación del diagrama de decisión.

Como resultado del desarrollo de la hoja de decisión para la línea de torsión se obtuvo las tareas proactivas para la prevención de las fallas, las frecuencias y el responsable de realizar las mismas.

A continuación, se detalla estrato de la hoja de decisión tabla 13-3 ya que por razones de espacio no se ha podido mostrar la hoja completa

Tabla 13-3: Hoja de decisión de la línea de torsión

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM "HIPLAS"			SISTEMA			LÍNEA DE TORSIÓN						SISTEMA N° 1	FACILITADOR Luis Villacrés	FECHA 18/08/2017	N° DE HOJA 1	
			SUBSISTEMA			SIMA GS 2000						SUBSISTEMA N°1	AUDITOR Ing.A. Larrea	FECHA 15/09/2017	DE	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H3 S3 Q3 N3	Acción a falta de			Tipo de tarea.	Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
										H4	H5	S4				
F	FF	FM	H	S	E	O										
1	A	1.2.1.1	N				S						A condición	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
1	A	1.2.1.2	S	N	N	S	S						A condición	Verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos y de ser necesario cambiarlos	Mensual	Mecánico
1	A	1.2.1.3	N				S						A condición	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
1	A	1.2.1.4	S	N	N	S	S						A condición	Revisar el estado de las conexiones y de ser necesario realizar el ajuste de los mismos	3 meses	Mecánico
1	A	1.2.2.1	N				N	N	N	N	N		N.Mantto.Progr.	Reemplazo de los contactos sulfatados o cambio del interruptor	Al fallo	Mecánico
1	A	1.2.2.2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento cíclico	Limpieza interna del tablero de control de la SIMA GS 2000	Semanal	Mecánico
1	A	1.2.3	N				N	N	N	N	N		N.Mantto.Progr.	Reemplazo de los fusibles	Al fallo	Mecánico
1	A	1.2.4.1	N				S						A condición	Inspeccionar y verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos del tablero de control y cambiarlos si es necesario	Mensual	Mecánico
1	A	1.2.4.2	S	N	N	S	S						A condición	Verificar el buen estado de los conductores y reportar si hay alguna anomalía	Diario	Operario
1	A	1.2.4.3	N				N	S					Reacondicionamiento cíclico	Ajustar los tornillos de las bornas de conexión tanto de entradas y salidas	Mensual	Mecánico
1	A	1.2.5	S	S			S						A condición	Inspección visual del estado de las lámparas de paro y de marcha y reportar cualquier anomalía	Diario	Operario
1	A	1.2.6.1	N				S						A condición	Revisión y limpieza de los contactos de los pulsadores.	Semanal	Mecánico
1	A	1.2.6.2	N				S						A condición	Verificar el estado y comprobar el funcionamiento correcto de los pulsadores (reemplazo de los pulsadores de ser necesario)	Mensual	Mecánico
1	A	1.2.6.3	N				N	N	N	N	N		N.Mantto.Progr.	Reemplazo de los contactos sulfatados	Al fallo	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RCM EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN Y TORSIÓN

4.1 Elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de Extrusión

Una vez que se ha dado respuesta a las siete preguntas del RCM y se ha desarrollado las hojas de información y decisión para la línea de extrusión se ha elaborado el plan de mantenimiento basado en el RCM.

En el plan de mantenimiento constan las tareas proactivas, las frecuencias de mantenimiento y el personal encargado de realizar dichas tareas, esta información se ha recogido de la hoja de decisión una vez realizado el análisis correspondiente a cada modo de fallo.

El plan de mantenimiento basado en el RCM para la línea de extrusión se lo realizó con ayuda del personal de la planta, gerente y los operarios que conocen la maquinaria y el proceso, además del plan de mantenimiento se realizó la programación de mantenimiento por semanas para un año para cada uno de los componentes de la línea de extrusión que se encuentra en el (Anexo F).

A continuación se presenta el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para la línea de extrusión.

Tabla 1-4: Plan de mantenimiento del tablero de control de la línea de extrusión

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO		LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN	
		EQUIPO:	TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO	
SISTEMA	TRABAJO A REALIZAR	INTERVALO INICIAL	RESPONS.	
SISTEMA DE PROTECCIÓN	Comprobar la tensión de alimentación, salida y consumo de corriente de la extrusora	Semanal	Mecánico	
	Revisión del estado del aislamiento de los conductores eléctricos y de ser necesario cambiarlos	Mensual	Mecánico	
	Reemplazo de los fusibles, se debe tener el repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico	
	Inspección visual del estado de los conductores eléctricos del tablero de control	Diario	Operario	
	Ajustar los tornillos de las borneras de conexión tanto de entradas y salidas	Mensual	Mecánico	
	Inspección visual del estado de las lámparas indicadoras de encendido y apagado de las resistencias (reemplazar si es necesario)	Diario	Operario	
SISTEMA DE MANDO	Revisión y limpieza de los contactos de los interruptor de leva de encendido y apagado de la extrusora .	Semanal	Mecánico	
	Verificar el estado y comprobar el funcionamiento correcto de los interruptores.	Mensual	Mecánico	
	Reemplazo de los contactos sulfatados de los interruptores y contactores, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico	
	Cambiar el interruptor cuando falle, se debe tener el repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico	
	Inspección visual del estado de los conductores eléctricos del tablero de control	Diario	Operario	
	Revisión de las conexiones eléctricas de las zonas de calentamiento del tablero de control y de ser necesario ajuste correcto de los conductores	Semanal	Mecánico	
	Revisar la correcta sujeción de los elementos a la riel DIN	Mensual	Mecánico	
	Ajustar los tornillos de sujeción de las entradas y salidas de la bornera de conexión	Mensual	Mecánico	
	Inspeccionar los empalmes en las conexiones de los conductores eléctricos del tablero de control	Mensual	Mecánico	
	Inspección visual de estado de las borneras de conexiones, observar la existencia de daños, rupturas, pérdidas de aislamiento	3 meses	Mecánico	
	Inspeccionar que los ventiladores de enfriamiento giren con normalidad y verificar que no haya trabamientos y reportar las anomalías al superior	Diario	Operario	
	Retirar el polvo y suciedad del interior del tablero de control sopleteando ligeramente, o utilizando una brocha	Semanal	Mecánico	
	Cambiar los controladores de temperatura cuando fallen, se debe tener el repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico	
Verificar que las velocidades no se hayan distorsionado en los variadores de frecuencia, si es necesario fijar los valores correctos de velocidad	Diario	Operario		
Revisión los parámetros eléctricos y electrónicos del variador de frecuencia y realizar un reporte de su estado.	6 meses	Ing. Elect.		
SISTEMA DE POTENCIA	Ajustar los tornillos de sujeción de las entradas y salidas de la bornera de conexión	Mensual	Mecánico	
	Inspeccionar las conexiones de los conectores de empalmes en el tablero de control	Mensual	Mecánico	
	Revisar la correcta sujeción de los elementos a la riel DIN	3 meses	Mecánico	
	Reemplazar los conductores desgastados, se debe tener conductores de las mismas características	Al fallo	Mecánico	
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico	
	Cambio de contactores al fallo, se debe verificar que el contactor a instalar sea de buena calidad	Al fallo	Mecánico	
	Reemplazo de los contactos sulfatados, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico	
	Examinar audiblemente si hay ruidos eléctricos anormales en los elementos del tablero de control y reportar cualquier anomalía	Semanal	Mecánico	

Realizado por: Luis Villacrés

Tabla 2-4: Plan de mantenimiento de la Extrusora

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO	LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN		
	EQUIPO:	EXTRUSORA		
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR		FREC.	RESP.
Garganta de alimentación	Comprobar que exista el caudal de agua necesario para iniciar el proceso en la garganta de alimentación de la extrusora		Diario	Operario
	Inspeccionar y comprobar el correcto funcionamiento del sistema de suministro de agua		Semanal	Operario
	Limpieza e inspección de las tuberías del sistema de abastecimiento de agua e informar de daños en la misma.		12 meses	P. encargado
Tornillo extrusor	Revisar que la válvula de refrigeración de la garganta de alimentación esta abierta y que exista el caudal de agua necesario		Diario	Operario
	Detección ruidos anormales y-o excesivas vibraciones del cojinete de empuje de la extrusora y realizar un reporte.		Diario	Operario
	Verificar la presencia, y el estado del imán en la tolva de alimentación		Diario	Operario
	Verificar la alineación del tornillo extrusor respecto a los rodamientos		6 meses	Mecánico
	Desmontaje y limpieza general del tornillo extrusor		12 meses	Mecánico
	Verificar los diámetros del tornillo y su desgaste y reportar el estado actual y de ser necesario planificar la tarea correctiva apropiada.		12 meses	Especialista y mecánico
Tolva	Inspeccionar a través del visor de vidrio el interior de la tolva y garganta de alimentación y verificar que no exista objetos extraños		Diario	Operario
Camisa o barril de la extrusora	Verificar que estén bien calibradas las temperaturas de las zonas de calentamiento		Diario	Operario
	Inspección visual del estado físico del imán en la tolva de alimentación, y de ser necesario realizar su limpieza, reportar al superior cualquier anomalía		Diario	Operario
	Limpiar el filtro e informar sobre el estado del mismo, planificar el cambio si es necesario		Mensual	Mecánico
	Limpieza e Inspección del estado del plato rompedor, realizar un informe del estado		3 meses	Mecánico
	Limpiar el interior de la camisa		12 meses	Mecánico
	Cambiar el filtro, se debe tener el repuesto en bodega		Al fallo	Mecánico
	Cambiar la camisa o barril cuando falle		Al fallo	Mecánico
	Reemplazar el plato rompedor, se debe tener el repuesto en bodega		Al fallo	Mecánico
Cuello de la extrusora	Inspección y ajuste de los pernos del cuello del cabezal		Semanal	Mecánico
	Limpieza del cuello de la extrusora e inspección del estado del mismo		Semanal	Mecánico
Niquelinas	Inspeccionar las conexiones eléctricas de los cables de las niquelinas y e informar si es necesario cambiarlos		Semanal	Mecánico
	Verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos de las resistencias e informar si es necesario cambiarlos		Semanal	Mecánico
	Verificar que las niquelinas tengan el ajuste adecuado y de ser necesario realizar el reapriete necesario de los tornillos.		Semanal	Mecánico
Cabezal o Dado	Limpieza e inspección externa del cabezal		Diario	Operario
	Revisar la alineación correcta del cabezal respecto al nivel de agua		Diario	Operario
	Revisión de la altura del cabezal respecto al agua y de ser necesario corregir la altura		Diario	Mecánico
	Ajustar los pernos del cabezal y verificar que no estén aislados		Semanal	Mecánico
	Verificar que exista el apriete necesario de los tornillos de sujeción del cabezal o dado de la extrusora.		Mensual	Mecánico
	Limpieza interna e inspección del cabezal o dado		3 meses	Mecánico
Motor WEG de 20 Hp	Inspección y limpieza del ventilador		Semanal	Mecánico
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor		3 meses	T.eléctrico
	Realizar un diagnostico técnico y un reporte del estado de los rodamientos		6 meses	Ing. Manten.
	Revisión de la alineación de los rodamientos		6 meses	Especialista
	Realizar la limpieza del motor con un solvente y franela		12 meses	Mecánico
	Limpieza e inspección de los rodamientos del motor, reportar si es necesario sustituirlos		12 meses	Mecánico
	Reengrase de los rodamientos		12 meses	Mecánico
	Rebobinar el motor cuando falle		Al fallo	T.Eléctrico
Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.		Al fallo	Mecánico	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 3-4: Plan de mantenimiento del tanque de enfriamiento

HIPLAS PLAN DE MANTENIMIENTO	LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN		
	EQUIPO:	TANQUE DE ENFRIAMIENTO		
SISTEMA	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESP.
Sistema de nivelación cadena-engranajes	Limpieza y lubricación del sistema de nivelación engranajes- cadena del tanque de enfriamiento		Semanal	Operario
Sistema de alimentación de agua	Verificar que la válvulas estén abiertas		Diario	Mecánico
	Asegurarse que la bomba este cebada antes de prenderla		Diario	Mecánico
	Revisar el estado de la bridas de succión y descarga		3 meses	Mecánico
	Limpiar los sedimentos del impulsor		6 meses	Mecánico
	Comprobar el funcionamiento del motor de la bomba y de presentarse alguna anomalía para y desmontar		6 meses	Mecánico
	Inspeccionar el impulsor y de ser necesario cambiarlo		12 meses	Mecánico
	Inspeccionar el eje del motor de la bomba		12 meses	P. encargado
	Limpieza e inspección de las tuberías del sistema de abastecimiento de agua e informar de daños en la misma.		12 meses	Mecánico
	Reemplazar los rodamientos		Al fallo	P. encargado
	Revisar las conexiones de las tuberías y cambiarlas si es necesario		Semanal	P. encargado
	Limpiar el filtro de succión del sistema de abastecimiento de agua		6 meses	P. encargado
	Limpieza e inspección de las tuberías del sistema de abastecimiento de agua e informar de daños en la misma.		12 meses	Personal encargado
Cambiar los elementos hidráulicos cuando fallen		Al fallo	P. encargado	
Tanque	Inspección de las juntas y uniones del tanque de enfriamiento y reportar si existe alguna anomalía		Diario	Operario
	Revisar el estado del tanque de enfriamiento y reporta si existe alguna fuga para su corrección		Diario	Operario
	Limpieza e inspección del tanque de enfriamiento y del filtro de agua del tanque		Diario	Operario

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 4-4: Plan de mantenimiento de la Unidad de arrastre

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO	LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN		
	EQUIPO:	UNIDAD DE ARRASTRE		
SISTEMA	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESP.
Sistema de Guiado de la rafia	Limpieza e inspección de los graseros de lubricación del las chumaceras.		Semanal	Mecánico
	Limpiar el scrap presente en lo rodamientos		Semanal	Mecánico
	Engrase de las chumacera manualmente con pistola de inyección		3 meses	Mecánico
	Revisar la temperatura de los rodamientos.		6 meses	Ing. Mantto.
	Revisión de la alineación de los rodamientos		6 meses	Especialista
	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.		Al fallo	Mecánico
Sistema de alimentación de aire	Revisión del estado de la válvula de purga		Diario	Mecánico
	Inspeccionar y limpieza el tanque de almacenamiento de aire		Semanal	Mecánico
	Revisar el nivel de aceite en el motor del compresor a través del visor y llenarlo si es necesario		Semanal	Mecánico
	Observar y escuchar cualquier vibración o sonido anormal de la banda del sistema de transmisión del compresor.		Semanal	Mecánico
	Revisar el estado del breaker principal del compresor y de ser necesario sustituirlo		Mensual	T. eléctrico

Tabla 5-4: (Continúa) Plan de mantenimiento de la Unidad de arrastre

Rodillo de goma	Inspeccionar la presencia de residuos de rafia en los rodillos y evitar en lo posible el retorno de la misma	Diario	Operario
	Inspeccionar la presión que ejerce el rodillo sobre la lámina y verificar el estado y funcionamiento de los cilindros neumáticos	Diario	Operario
	Inspeccionar el estado que se encuentra los rodillos de goma y de ser necesario sustituirlos	6 meses	Mecánico
Motor- reductor marca Pujol Muntala S.A de 2 HP	Inspección y limpieza del ventilador	Semanal	Mecánico
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	3 meses	T. eléctrico
	Reengrase de los rodamientos	3 meses	Mecánico
	Inspección del nivel de aceite de la caja reductora, llenarlo de ser necesario, inspeccionar cualquier anomalía e informar al superior	Semanal	Mecánico
	Revisar la temperatura de los rodamientos.	6 meses	Ing. Mantto.
	Revisión de la alineación de los rodamientos	6 meses	Especialista
	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.	Al fallo	Mecánico
Sistema de control de la zona de arrastre	Verificar que las velocidades no se hayan distorsionado en los variadores de frecuencia, fijar los valores correctos de velocidad	Diario	Operario
	Revisar el estado de las conexiones de los conductores eléctricos	6 meses	Especialista
	Inspeccionar las conexiones eléctricas y la partes electrónicas y realizar un reporte del estado del variador	6 meses	Ing. Electrónico
	Revisar el estado del regulador de velocidad.	Mensual	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 6-4: Plan de mantenimiento de la Unidad de corte

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO		LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN	
		EQUIPO:	UNIDAD DE CORTE	
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR	FRECUENCIA	RESP.	
Gilets	Verificar que las gilest estén en buen estado; asegurar que su colocación sea la correcta	Diario	Operario	
	Cambio de gilest	Cada arranque.	Mecánico	
Arandelas de sujeción	Reemplazar las arandelas de sujeción cuando falle tiene que haber repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico	
Motor- reductor marca Pujol Muntala S.A de 2 HP	Inspeccionar el estado de los empaques del motor-reductor programar el cambio de ser necesario	Semanal	Mecánico	
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	3 meses	T. eléctrico	
	Revisar el estado del eje y verificar que no haya objetos extraños	3 meses	Mecánico	
	Inspección del nivel de aceite de la caja reductora, llenarlo de ser necesario, inspeccionar cualquier anomalía e informar al superior	3 meses	Mecánico	
	Revisión de la alineación de los rodamientos	6 meses	Especialista	
	Limpieza general del motor	12 meses	Mecánico	
	Revisión del estado de los engranajes ,verificar si aceite no tiene partículas de metal, si el desgaste es severo desincorporar la caja	12 meses	Mecánico	
	Rebobinar el motor cuando falle	Al fallo	T.eléctrico	
Piñón- Cadena	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.	Al fallo	Mecánico	
	Lubricar la cadena	Semanal	Mecánico	
	Verificar que las coronas dentadas estén bien alineadas y el anclaje del motor	Mensual	Mecánico	
	Inspeccionar el tensado de la cadena, verificar que no haya desplazamiento	6 meses	Mecánico	
Chumaceras de los rodillos de la zona de corte	Reemplazar la cadena cuando falle, asegurándose del correcto ajuste de la misma	Al fallo	Mecánico	
	Limpieza e inspección de los graseros de lubricación de los rodamientos para detectar suciedad o partículas extrañas y limpieza del área de lubricación.	Semanal	Mecánico	
	Limpia el scrap presente alrededor de los rodamientos	Semanal	Mecánico	
	Reengrase de los rodamientos	3 meses	Mecánico	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 7-4: Plan de mantenimiento del Horno de calentamiento

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO	LÍNEA	EXTRUSIÓN		
	EQUIPO	HORNO DE CALENTAMIENTO		
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESP.
Resistencias eléctricas	Inspeccione las resistencias eléctricas en el interior del horno y cambiarlas si es necesario.		6 meses	Técnico eléctrico
Sistema de alimentación eléctrica externa	Realizar la medición de la tensión de alimentación externa del horno y compruebe que los valores se encuentren dentro de la tolerancia de $\pm 10\%$ establecidos para los valores de tensión recomendados		6 meses	Ing. Eléctrico o a fines
	Inspeccione el interior del panel de fuerza y revisar las conexiones eléctricas localizar cables sueltos y sustituir si es necesario los cables pelados, componentes sueltos u otros problemas potenciales		12 meses	Ing. Eléctrico o a fines
Tablero de control del horno de calentamiento	El controlador de temperatura y la sonda de temperatura deben ser comprobados y ajustados		Diario	Operario
	Inspeccione el interior del panel de control y revisar el compartimiento de resistencias y de las conexiones eléctricas		Mensual	Técnico eléctrico
	Inspeccione el interior del panel de control, revisar la existencia de cables pelados, componentes sueltos u otros problemas potenciales		Mensual	Técnico eléctrico
	Revisar el estado de las conexiones y realizarel recambio de ser necesario		3 meses	Técnico eléctrico
	Cambiar el controlador de temperatura cuando éste falle		Al fallo	Técnico eléctrico
	Cambiar los amperímetros cuando falle, se debe tener el repuesto en bodega		Al fallo	Técnico eléctrico
	Cambiar las borneras, de debe tener el repuesto en bodega		Al fallo	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 8-4: Plan de mantenimiento del fibrilador

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO	LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN		
	EQUIPO:	FIBRILADOR		
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESP.
Variador de frecuencia	Verificar que las velocidades no se hayan distorsionado en los variadores de frecuencia, si es necesario fijar los valores correctos de velocidad		Diario	Operario
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor		3 meses	T.eléctrico
	Inspeccionar las conexiones eléctricas y la partes electrónicas y realizar un reporte del estado del variador		6 meses	Ing. Electr.
Potenciómetro	Revisar el estado del regulador de velocidad.		Mensual	Mecánico
Motor- reductor marca Pujol Muntala S.A de 2 HP	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor		3 meses	T.eléctrico
	Revisar el estado del eje y verificar que no haya objetos extraños		3 meses	Mecánico
	Inspección del nivel de aceite de la caja reductora, llenarlo de ser necesario.		3 meses	Mecánico
	Revisión de la alineación de los rodamientos		6 meses	Ing. Mantto
	Limpieza general del motor reductor, eliminar toda sustancia y polvo.		12 meses	Mecánico
	Revisión del estado de los engranajes ,verificar si aceite no tiene partículas de metal.		12 meses	Especialista
	Rebobinar el motor cuando falle		Al fallo	T.eléctrico
Banda-Poleas	Inspeccionar los componentes de transmisión, ejes, anclaje de motores, alineación entre poleas e informar cualquier anomalía.		Semanal	Mecánico
	Revisar si existen fugas de aceite o grasa y realizar la limpieza necesaria		Semanal	Mecánico
	Verificar el correcto guiado de la correa al girar la transmisión manualmente		Semanal	Mecánico
	Revisar la condición de la banda si hay desgaste o daño.		Semanal	Mecánico
Chumaceras del rodillo fibrilador	Limpieza e inspección de los graseros de lubricación del las chumaceras.		Semanal	Mecánico
	Limpiar el scrap presente en lo rodamientos		Semanal	Mecánico
	Engrase de las chumacera manualmente con pistola de inyección		3 meses	Mecánico
	Revisar la temperatura de los rodamientos.		6 meses	Ing. Mantto.
	Revisión de la alineación de los rodamientos		6 meses	Especialista
Rodillo fibrilador	Inspeccionar el estado del rodillo fibrilador, y de ser necesario programar su cambio.		Cada 3 años	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 9-4: Plan de mantenimiento de la unidad de arrastre final

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO		LÍNEA	EXTRUSIÓN	
		EQUIPO	UNIDAD DE ARRASTRE FINAL	
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESP.
Variador de frecuencia	Verificar que las velocidades no se hayan distorsionado en los variadores de frecuencia, fijar los valores correctos de velocidad		Diario	Operario
	Inspeccionar las conexiones eléctricas y la partes electrónicas y realizar un reporte del estado del variador		6 meses	Ing. Eléctro.
Potenciómetro	Revisar el estado del regulador de velocidad.		Mensual	Mecánico
Rodillos de estiramiento final	Limpieza e inspección de los graseros de lubricación de los rodamientos para detectar suciedad o partículas extrañas y limpieza del área de lubricación.		Semanal	Mecánico
	Reengrase de los rodamientos		3 meses	Mecánico
Transmisión de movimiento banda polea del motor- ejes motrices	Inspeccionar los componentes de transmisión, ejes, anclaje de motores, alineación entre poleas.		Semanal	Mecánico
	Observar y escuchar cualquier vibración o sonido anormal, calibrar la tensión que ejerce el tensor.		Semanal	Mecánico
	Revisar si existen fugas de aceite o grasa y realizar la limpieza necesaria		Semanal	Mecánico
	Verificar el correcto guiado de la correa al girar la transmisión manualmente		Semanal	Mecánico
	Revisar la condición de la banda si hay desgaste o daño.		Semanal	Mecánico
Transmisión de movimiento eje motrices- rodillos.	Lubricar la cadena		Semanal	Mecánico
	Verificar que las coronas dentadas estén bien alineadas y el motor reductor presente un buen anclaje		Mensual	Mecánico
	Inspeccionar el tensado de la cadena, si hay mucho desplazamiento de la cadena sustituirla		6 meses	Mecánico
	Reemplazar la cadena cuando falle, asegurándose del correcto ajuste de la misma		Al fallo	Mecánico
Rodillo neumático de goma	Inspeccionar la presencia de residuos de rafia en los rodillos y evitar en lo posible el retorno de la misma		Diario	Operario
	Inspeccionar la presión que ejerce el rodillo sobre la lámina y verificar el estado de los cilindros neumáticos		Diario	Operario
	Inspeccionar el estado que se encuentra los rodillos de goma y de ser necesario sustituirlos		6 meses	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 10-4: Plan de mantenimiento de las bobinadoras

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO		LÍNEA DE:	EXTRUSIÓN	
		EQUIPO:	BOBINADORA	
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR		FRECUENCIA	RESPONS AB.
Motores eléctricos	Inspección y limpieza del ventilador		Semanal	Mecánico
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor		3 meses	T. eléctrico
	Realizar la limpieza interna del motor con un solvente y franela		12 meses	Mecánico
	Rebobinar el motor cuando falle		Al fallo	T. eléctrico
	Revisión de la alineación de los rodamientos		6 meses	Ing. Mantto
	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.		Al fallo	Especialista
Eje motriz de la bobinadora	Limpieza general del sistema de transmisión		Semanal	Mecánico
	Inspección del estado del eje si hay corrosión o desgaste.		3 meses	Mecánico
Piñón- Cadena	Lubricar la cadena		Semanal	Mecánico
	Verificar que las coronas dentadas estén bien alineadas.		Mensual	Mecánico
	Inspeccionar el tensado de la cadena, si hay mucho desplazamiento de la cadena sustituirla		6 meses	Mecánico
	Reemplazar la cadena cuando falle, asegurándose del correcto ajuste de la misma		Al fallo	Mecánico
Grupo guiador	Limpieza general del grupo guiador y lubricación de sus partes		Semanal	Mecánico
	Revisar el estado de la carcasa del rodillos guiador e informar cualquier anomalía		Mensual	Mecánico
	Inspeccionar el estado del cilindro y reportar si es necesario desmontar para su rectificado		12 meses	Mecánico
Eje expandible	Revisar el estado del eje en voladizo y realizar una limpieza general		Semanal	Mecánico
	Verificar el estado de la carcasa del eje expandible, reportar si esta roto fisurado, mecanizar nueva carcasa		3 años	Mecánico
	Reemplazar el muelle cuando falle		Al fallo	Mecánico
Freno y apoyo	Ajustar partes flojas de las bobinadora		Mensual	Mecánico
	Reemplazar el muelle cuando falle		Al fallo	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

4.1.1 *Ventaja económica de la aplicación del RCM del mantenimiento preventivo vs mantenimiento correctivo de la línea de extrusión.*

Mediante la evaluación de cada modo de falla se obtuvieron sus consecuencias, como se puede observar en el caso desarrollado para el fallo “paro de la línea de extrusión por el modo de fallo rodamientos desgastados”.

Consecuencias operacionales del paro de la línea de extrusión por el modo de fallo desgaste de los rodamientos.

Todos los datos que se utilizaron se obtuvieron del análisis de costos (Anexo E) y de los datos proporcionados por el gerente de la empresa.

De la hoja de información de la línea de extrusión se extrae la siguiente información.

Tabla 11-4: Análisis del caso

Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Incapaz de producir bobinas de rafia por paro de la línea.	Rodamientos de la línea de extrusión desgastados	Se detiene la línea de extrusión, se deben cambiar los rodamientos de los equipos afectados, el tiempo de parada de la línea es un mes, la frecuencia de este modo de falla es aproximadamente cada 4 años.

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Cálculo de la pérdida de producción.

De los datos proporcionados por el gerente sabemos al producirse un paro de línea de extrusión, la pérdida de producción promedio por día de trabajo es de 350 dólares, ya que no se cuenta con producto en proceso para cubrir el tiempo de parada; además debido a que la jornada de trabajo es de lunes a sábado tres turnos diarios, no se podrá compensar esta producción por lo que la pérdida de producción será:

Tabla 12-4: Costo por paro de la línea de extrusión

Consecuencias operacionales del paro de la línea de extrusión por "desgaste de los rodamientos"			
Producción diaria	Duración máxima de paro (días)	Frecuencia de falla.	Pérdida de producción
\$ 350,00	24	4 años	\$ 8.400,00

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Costos de reparación para el modo de fallo desgaste de los rodamientos extraídos del análisis de costos (Anexo E).

Tabla 13-4: Costo por reparación por cambio de los rodamientos

COSTOS DE REPARACIÓN												
Descripción del trabajo:	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.											
Maquinas intervenidas	Intervenciones cada 4 años	MANO DE OBRA					MATERIALES					
		M.O.	Cant.	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total M.O.	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Total Materiales	Total al año	
Extrusora:	1	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 11,70	Rodamientos para Motor WEG de 20 Hp	2	U	\$ 50,00	\$ 100,00	\$ 111,70
Unidad de arrastre:	1	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 11,70	Rodamientos para ls rodillos guías	16	U	\$ 25,00	\$ 400,00	\$ 411,70
	1	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 11,70	Rodamientos para Motor- reductor Pujol Muntala S.A de 2 HP	2	U	\$ 50,00	\$ 100,00	\$ 111,70
Unidad de corte:	1	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 11,70	Rodamientos para Motor- reductor Pujol Muntala S.A de 2 HP	2	U	\$ 50,00	\$ 100,00	\$ 111,70
	1	Especialista	1	5	\$ 15,00	\$ 75,00	Rodamientos para rodillos guía	10	U	\$ 25,00	\$ 250,00	\$ 325,00
Fibrilador:	1	Especialista	1	5	\$ 5,00	\$ 25,00	Rodamientos para Motor- reductor Pujol Muntala S.A de 2 HP	2	U	\$ 50,00	\$ 100,00	\$ 125,00
	1	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 11,70	Rodamientos para rodillo fibrilador	2	U	\$ 25,00	\$ 50,00	\$ 61,70
Unidad de arraste final:	1	Especialista	1	5	\$ 10,00	\$ 50,00	Rodamientos para Motor WEG de 10 Hp	2	U	\$ 50,00	\$ 100,00	\$ 150,00
	1	Especialista	1	5	\$ 10,00	\$ 50,00	Rodamientos para Rodillos	12	U	\$ 25,00	\$ 300,00	\$ 350,00
Bobandoras:	1	Especialista	1	5	\$ 10,00	\$ 50,00	Rodamientos para motores	30	U	\$ 25,00	\$ 750,00	\$ 800,00
TOTAL COSTO CORRECTIVO											\$ 2.558,50	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Las consecuencias operacionales del paro de la línea de extrusión por el desgaste de los rodamientos es la suma de la pérdida de producción más los costos de reparación por lo que se tiene:

$$\text{USD } 8400 + \text{USD } 2558,50 = \text{USD } 10958.5$$

Consecuencias no operacionales

El costo de las tareas preventivas para este modo de fallo son las siguientes:

Tabla 14-4: Costo de las tareas preventivas

"COSTOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO"	LÍNEA DE:	"EXTRUSIÓN"									
	Procedimientos por año	MANO DE OBRA					MATERIALES				
Tarea Preventiva		M.O.	Cant.	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total M.O.	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Total Materiales	Total al año
Realizar un diagnostico técnico y un reporte del estado de los rodamientos	2	Ing. Mantto.	1	7	20	\$ 280,00	-	-			\$ 280,00
Revisión de la alineación de los rodamientos	2	Especialista	1	7	20	\$ 280,00	-	-			\$ 280,00
Reengrase de los rodamientos	23	Mecánico	1	2	2,34	\$ 107,64	Grasa SKF	5 lb	5	\$ 25,00	\$ 132,64
TOTAL PRIMER AÑO											\$ 692,64

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Durante los cuatro años el costo de las tareas preventivas serían USD 2770.56.

El costo total del mantenimiento preventivo será la suma del costo de las tareas preventivas más el costo de la reparación por lo que tenemos:

$$\text{USD } 2770.56 + \text{USD } 2558,50 = \text{USD } 5329.06$$

Por los resultados obtenidos en el análisis se puede evidenciar un ahorro de **USD 5629,44** por lo que se puede afirmar que realizar una tarea de mantenimiento preventiva es técnica y económicamente más rentable que el no realizar ninguna actividad, ya que previene las consecuencias operacionales y nos ayuda a planificar y ejecutar tareas antes de que suceda el evento.

4.2 Elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de torsión

Se empleó el mismo procedimiento realizado para la línea de extrusión para realizar el plan de mantenimiento de la línea de torsión; una vez que se ha dado respuesta a las siete preguntas del RCM y se ha elaborado las hojas de información y decisión.

Como resultado se obtuvo las tareas proactivas, la frecuencias de mantenimiento y el personal encargado de realizar dichas tareas, esta información se recogió de la hoja de decisión, además se realizó la programación de mantenimiento que se encuentra en el Anexo F

A continuación se presenta el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM.

Tabla 15-4: Plan de mantenimiento del tablero de control de la SIMA GS 2000

HIPLAS PLAN DE MANTENIMIENTO			
SIMA GS 2000 - TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO			
SISTEMA	TRABAJO A REALIZAR	FRECUENCIA	RESPONS.
SISTEMA DE PROTECCIÓN	Limpieza interna del tablero de control de la SIMA GS 2000	Semanal	Mecánico
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
	Verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos y de ser necesario cambiarlos	Mensual	Mecánico
	Revisar el estado de las conexiones y de ser necesario realizar el ajuste de los mismos	3 meses	T.eléctrico
	Reemplazo de los contactos sulfatados, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico
	Reemplazo de los fusibles, se debe tener el repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico
	Verificar el buen estado de los conductores y reportar si hay alguna anomalía	Diario	Operario
	Inspeccionar y verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos del tablero de control.	Mensual	Mecánico
	Ajustar los tornillos de las borneras de conexión tanto de entradas y salidas	Mensual	Mecánico
	Inspección visual del estado de las lámparas de paro y de marcha y reportar cualquier anomalía	Diario	Operario
SISTEMA DE CONTROL	Revisar el estado de los componentes de la fuente de alimentación, inspeccionar anomalías físicas, eléctricas y reportar en caso de falla	6 meses	Ing. Electrónico
	Limpieza e inspección de las borneras de conexiones eléctricas con brocha o aire a baja presión	Semanal	Mecánico
	Revisar el estado del aislamiento de las borneras trifásicas y reemplazarlos de ser necesario	3 meses	Mecánico
	Revisión los parámetros eléctricos y electrónicos del CPU y realizar un reporte del estado del mismo	6 meses	Ing. Electrónico
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	T.eléctrico
	Reemplazo de los contactos sulfatados, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico
	Limpieza interna del panel de operación SIMA GS 2000	Semanal	Mecánico
	Revisar el estado del regulador de velocidad, y comprobar su correcto funcionamiento	Mensual	T.eléctrico
	Inspección y limpieza de la pantalla del panel de ajuste y visualización de parámetros.	Diario	Operario
	Inspeccionar daños en los cables y conexiones de comunicación de datos.	12 meses	Ing. Electrónico
	Inspeccionar y realizar una revisión del estado y funcionamiento de las conexiones del variador	6 meses	Ing. Electrónico
	Revisión los parámetros eléctricos y electrónicos del variador de frecuencia, las conexiones del equipo y realizar un reporte del estado del mismo	6 meses	Ing. Electrónico
	Inspeccionar el estado de la fuente de alimentación, verificar las conexiones de los elementos	6 meses	Ing. Electrónico
	Inspeccionar el estado del transformador de la fuente de alimentación	6 meses	Ing. Electrónico
	Inspeccionar daños en los cables y conexiones de comunicación de datos y reportar si hay algún fallo	6 meses	Ing. Electrónico

Tabla 16-4: (Continúa) Plan de mantenimiento del tablero de control de la SIMA GS 2000

	Limpeza del micro de la puerta, revisando que no haya problemas en las conexiones	Semanal	Mecánico
	Comprobar el funcionamiento correcto del tablero de control midiendo las tensiones de alimentación, salida y el consumo de energía	6 meses	T.Eléctrico
	Revisión y limpieza de los contactos de los interruptores.	Semanal	Mecánico
	Verificar el estado y comprobar el funcionamiento correcto de los pulsadores.	Mensual	Mecánico
	Reemplazo de los contactos sulfatados, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico
	Limpiar el sensor cuenta metros	Semanal	Mecánico
	Revisar y comprobar el correcto funcionamiento del cuenta metros verificar que no exista interferencias magnéticas	Mensual	T.eléctrico
	Inspeccionar que los ventiladores giren con normalidad y verificar que no haya trabamientos y reportar las anomalías al superior	Diario	Operario
	Revisar el estado de las aspas y de los ventiladores en general	Mensual	Mecánico
	Retirar el polvo y suciedad del ventilador sopleteando ligeramente, o utilizando una brocha	Semanal	Mecánico
SISTEMA DE POTENCIA	Verificar el buen estado de los conductores y reportar si hay alguna anomalía	Diario	Operario
	Verificar el estado del aislamiento de los conductores eléctricos y de ser necesario cambiarlos	Mensual	Mecánico
	Ajustar los tornillos de las borneras de conexión tanto de entradas y salidas	Mensual	Mecánico
	Limpeza e inspección de las borneras de conexiones eléctricas con brocha o aire a baja presión	Semanal	Mecánico
	Revisar el estado del aislamiento de las borneras trifásicas y reemplazarlos de ser necesario	3 meses	Mecánico
	Reemplazo de los fusibles, se debe tener el repuesto en bodega	Al fallo	Mecánico
	Revisión los parámetros eléctricos de sistema eléctrico del tablero de control	Semanal	Mecánico
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
	Verificar el buen estado de las conexiones eléctricas y de los componentes del tablero eléctrico si es necesario cambiarlos de manera inmediata	Mensual	Mecánico
	Realizar una comprobación del correcto funcionamiento de todas las conexiones del guardamotor	3 meses	Mecánico
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
	Reemplazo de los contactos sulfatados, se debe tener repuestos en bodega	Al fallo	Mecánico
	Cambiar cuando falle, se debe verificar que el contactor sea de buena calidad	Al fallo	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 17-4: Plan de mantenimiento del sistema neumático de la SIMA GS2000

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO			
SIMA GS 2000 - SISTEMA NEUMÁTICO			
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR	FRECUENCIA	RESPONSAB.
COMPRESOR	Revisar el nivel de aceite de la cámara de compresión del compresor y llenar la misma de ser necesario	3 meses	Mecánico
	Revisión general del estado de la cámara de compresión junto con el cambio de elementos desgastados	3 años	Especialista
	Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	6 meses	Técnico eléctrico
	Inspección y limpieza de las partes internas del motor	12 meses	Especialista
	Inspeccionar las bandas de transmisión, verificar espesores, descartar grietas o desgaste y de ser necesario programar el cambio de bandas	Mensual	Mecánico
	Revisar el estado de las conexiones electricas del compresor.	Mensual	T.Eléctrico
	Verificar que la válvula de purga este cerrada después de realizar la purga de aire del compresor e informa de cualquier anomalía	Diario	Mecánico
Electroválvulas neumáticas 5/2 bi estable de control de puerta	Verificar que no haya fugas de aire en la electroválvula e informar el estado.	12 meses	Especialista
Cañerías, neplos.	Verificar el estado de las conexiones neumáticas y cañerías de distribución de aire	6 meses	Mecánico
	Limpiar e inspeccionar el estado de las cañerías de distribución de aire, realizar un reporte de su estado	Semanal	Mecánico
Actuador o Cilindro neumático	Lubricar las partes principales del actuador indicadas en el manual.	6 meses	Mecánico
	Verificar la presión del sistema que debe se de 6 bar	Diario	Operario
	Inspeccionar las partes de la unidad de mantenimiento, filtro, regulador de presión y lubricador	Semanal	Mecánico
	Purgar el aire	Diario	Mecánico

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 18-4: Plan de mantenimiento del sistema mecánico de la SIMA GS2000

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO				
SIMA GS 2000 - SISTEMA MECÁNICO				
SUB-SISTEMA	COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR	FRECUENCIA	RESPONSA.
Transmisión de movimiento	Motor principal 7.5Kw 400V 15.1A rpm 1460	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semanal	Mecánico
		Revisión y chequeo del funcionamiento de ventilador	Semanal	Mecánico
		Revisar el cableado del motor, comprobar la temperatura de operación, tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	3 meses	Mecánico
		Comprobar los valores de las tensiones y sus desfases	3 meses	T.eléctrico
		Verificar el aislamiento del devanado y de las conexiones	6 meses	T.eléctrico
		Realizar un diagnóstico técnico y un reporte del estado de los rodamientos	6 meses	Ing. Mantto.
		Revisión de la alineación de los rodamientos	6 meses	Ing. Mantto.
		Realizar la limpieza del motor con un solvente y trapo	12 meses	Mecánico
		Limpieza e inspección de los rodamientos del motor.	12 meses	Mecánico
	Transmisión de movimiento banda-polea	Inspección del sistema de transmisión, y eliminación de objetos extraños	Diario	Operario
		Inspeccionar los componentes de transmisión: ejes, montaje de motores, alineación entre poleas e informar cualquier anomalía	Semanal	Mecánico
		Observar y escuchar cualquier vibración o sonido anormal, calibrar la tensión que ejerce el tensor	Semanal	Mecánico
		Revisar si existen la presencia de aceite o grasa en la correa y realizar la limpieza necesaria	Semanal	Mecánico
		Verificar el correcto guiado de la correa al girar la transmisión manualmente	Semanal	Mecánico
		Revisar la condición de la banda si hay desgaste o daño	Semanal	Mecánico
		Verificar que las poleas estén bien colocadas en los ejes de transmisión	Semanal	Mecánico
		Verificar el que el montaje sea correcto que no hayan inclinación de las poleas	Semanal	Mecánico
Movimiento de torsión de alambre horario y anti horario	Aletas	Inspeccionar el estado de las poleas y reajustar de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Limpieza de los residuos de cuerda en las poleas guía	Semanal	Mecánico
		Inspección y limpieza de los rodamientos e informar si existe excesiva vibración o síntomas de desgaste para planificar el reemplazo los rodamientos	Mensual	Mecánico
		Ajuste de tornillos de las aletas de movimiento rotatorio	3 meses	Mecánico
	Zona de variación del paso de torcedura	Inspeccionar el estado de las poleas y reajustar de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Observar y escuchar cualquier vibración o sonido anormal, calibrar la tensión que ejerce el tensor de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Revisar si existen la presencia de aceite o grasa en la correa y realizar la limpieza necesaria	Semanal	Mecánico
		Inspeccionar la sujeción del tensor y realizar el ajuste correspondiente	Semanal	Mecánico
		Lubricación y limpieza del tensor	Semanal	Mecánico
		Inspección y limpieza de los rodamientos e informar si existe excesiva vibración o síntomas de desgaste para planificar el reemplazo los rodamientos	Mensual	Mecánico
Verificar el desgaste de la correa de transmisión, e informar cualquier anomalía	6 meses	Mecánico		
Sistema de frenado	Poleas de freno	Verificar que el ajuste de la polea de apoyo, y realizar el apriete de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Lubricar y limpiar las poleas de freno	Semanal	Mecánico
		Verificar el correcto ajuste, alineación de las poleas de freno e informar las anomalías encontradas	Mensual	Mecánico
Zona de recogida de cuerda con movimiento rotatorio (continúa)..	Sistema de variación de devanado	Inspeccionar la sujeción del tensor y realizar el ajuste correspondiente	Cada cambio de producto	Mecánico
		Verificar que las poleas estén bien colocadas en los ejes de transmisión	Semanal	Mecánico
		Inspeccionar el estado de las poleas de transmisión, si hay desgaste, rozamiento, e informar la anomalías	Mensual	Mecánico
		Verificar el desgaste de la correa de transmisión, e informar cualquier anomalía	6 meses	Mecánico
	Sistema de paso de la cuerda	Inspeccionar el estado de las poleas y reajustar de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Inspección y limpieza de los rodamientos e informar si existe excesiva vibración o síntomas de desgaste para planificar el reemplazo los rodamientos	Mensual	Mecánico
		Verificar el buen estado de los anillos de sujeción de rodamientos y cambiarlos de ser necesario, se debe tener anillos de sujeción en bodega	6 meses	Mecánico

Tabla 19-4: (Continúa) Plan de mantenimiento del sistema mecánico de la SIMA GS2000

Zona de recogida de cuerda con movimiento rotatorio	Grupo compensador	Verificar que no haya atascamiento en las bobinas guías de rafia	Diario	Operario
		Inspeccionar el estado de las poleas y reajustar de ser necesario	Semanal	Mecánico
		Limpieza y lubricación de grupo compensador	Semanal	Mecánico
		Limpieza del grupo compensador	Semanal	Mecánico
		Limpiar y lubricar la polea de ajuste del supertiro	Semanal	Mecánico
		Inspección de los rodamientos e informar si existe excesiva vibración o síntomas de desgaste para planificar el reemplazo los rodamientos	Mensual	Mecánico
		Revisión y verificación del estado de la perilla de regulación, verificar si no hay rotura, desacople, aflojamiento	Mensual	Mecánico
		Revisar el estado de los ejes, verificar que estén correctamente alineados	Mensual	Mecánico
		Cambiar el resorte cuando falle	Al fallo	Mecánico
		Cambiar cuando haya demasiado deterioro en la regleta	Al fallo	Mecánico
	Eje expandible o mandril	Inspeccionar y verificar el estado de la carcasa del eje expandible e informar al superior cualquier anomalía	Semanal	Mecánico
		Revisar el estado del eje en voladizo, verificar la alineación	12 meses	Mecánico
		Cambiar el muelle de compresión cuando falle	Al fallo	Mecánico
		Rectificar la rosca del tornillo o cambio total de la tuerca	Al fallo	Mecánico
	Cuadro de desplazamiento	Lubricar con grasa los engranajes para el cambio de pasos de enrollamiento.	Semanal	Mecánico
		Limpiar el eje guiador	Mensual	Mecánico
		Lubricación del eje guiador	Mensual	Mecánico
		Inspección y limpieza de los rodamientos e informar si existe excesiva vibración o síntomas de desgaste para planificar el reemplazo los rodamientos	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el apriete de cada uno de los pernos y de ser necesario proceder al reajuste	3 meses	Mecánico
		Revisión del estado de los engranajes e inspección de ruidos u otras anomalías	12 meses	Mecánico
		Verificar el estado de los dientes de los engranajes para el cambio de pasos de enrollamiento	12 meses	Mecánico
		Rectificar la matriz, y realizar la limpieza y lubricación respectiva	12 meses	Mecánico
	Sistema de guiado	Limpieza general del grupo guiador y lubricación de sus partes	Semanal	Mecánico
		Inspeccionar y verificar el estado de la carcasa del rodillo guiador e informar al superior cualquier anomalía	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el estado de las poleas y reajustar de ser necesario	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el estado del rodillo y de ser necesario desmontar para su rectificado	12 meses	Mecánico
		Rectificar la placa cuando falle, y de ser necesario construir otra placa	Al fallo	Mecánico
Reemplazar la cuña cuando falle		Al fallo	Mecánico	
Palanca de apriete del mandril	Inspeccionar el estado de la palanca de apriete del mandril, y rectificar de ser necesario	3 meses	Mecánico	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Tabla 20-4: Plan de mantenimiento del sistema hidráulico de la SIMA GS2000

"HIPLAS" PLAN DE MANTENIMIENTO			
SIMA GS 2000 - SISTEMA HIDRÁULICO			
COMPONENTE	TRABAJO A REALIZAR	FRECUENCIA	RESPONS AB.
Motor hidráulico	Verificar el estado del lubricante y cambiarlo de ser necesario	6 meses	Personal calificado en sistemas hidráulico
	Verificar el grado de desgaste producido en el motor hidráulico y realizar un informe del estado del mismo	12 meses	
	Inspeccionar el estado de los elementos que conforman el motor hidráulico y reportar al superior las anomalías encontradas	12 meses	
Bomba principal	Overhaul	12 meses	
Electroválvulas reguladora de presión	Revisar e inspeccionar el estado de los elementos de la electroválvula y planificar el cambio de la misma de ser necesario	3 años	
	Cambiar la solenoide	Al fallo	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

4.2.1 Ventaja económica de la aplicación del RCM del mantenimiento preventivo vs mantenimiento correctivo de la línea de torsión.

Tomemos un modo de falla de la hoja de información de la línea de torsión

Tabla 21-4: Análisis del caso línea de torsión

Falla funcional	Modo defallo	Efecto
La maquina SIMA GS 2000 no arranca.	Rodamientos desgastados	Se detiene la máquina, se deben cambiar los rodamientos, el tiempo de parada de la línea es 5 horas por cada máquina, frecuencia de falla aproximado 2 meses.

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Cálculo de la pérdida de producción.

De los datos proporcionados por el gerente sabemos al producirse el paro de una sima GS 2000 de línea de torsión, la pérdida de producción promedio por hora de trabajo es de USD 40, ya que no se cuenta con producto en proceso para cubrir el tiempo de parada; además debido a que la jornada de trabajo es de lunes a sábado tres turnos diarios, no se podrá compensar esta producción por lo que la pérdida de producción será:

Tabla 22-4: Costo por el paro de la SIMA GS2000

Consecuencias operacionales del paro de la SIMA GS2000 por "desgaste de los rodamientos"			
Producción por hora	Duración máxima de paro (horas)	Frecuencia de falla al año	Pérdida de producción
\$ 40,00	5	6	\$ 1.200,00

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

Costos de reparación para el modo de fallo desgaste de los rodamientos extraídos del análisis de costos (Anexo E).

Tabla 23-4: Costo de reparación por cambio de rodamientos

COSTOS DE REPARACIÓN												
Descripción del trabajo:	Cambio de los rodamientos y realizar el montaje de los rodamientos en forma correcta, verificar el estado del rodamiento, antes y después del montaje.											
Maquinas intervenidas	Intervenciones al año	MANO DE OBRA					MATERIALES					
		M.O.	Cant.	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total M.O.	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Total Materiales	Total al año	
SIMA GS 2000 (2)	6	Mecánico	1	5	\$ 2,34	\$ 70,20	Rodamientos parte recogida de hilos	24	U	\$ 50,00	\$ 1.200,00	\$ 1.270,20
TOTAL COSTO CORRECTIVO											\$ 1.270,20	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

El costo total de la falla por el desgaste de los rodamientos es la suma de la pérdida de producción más los costos de reparación por lo que se tiene:

$$\text{USD } 1200 + \text{USD } 1270,20 = \text{USD } 2470,2$$

Costo del mantenimiento preventivo

El costo de las tareas preventivas para este modo de fallo son las siguientes:

Tabla 24-4: Costo de las tareas preventivas línea de torsión

"COSTOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO"	LÍNEA DE:	"TORSIÓN"										
	Procedimientos por año	MANO DE OBRA					MATERIALES					
		M.O.	Cant.	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total M.O	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Total Materiales	Total al año	
Realizar un diagnóstico técnico y un reporte del estado de los rodamientos	2	Ing. Mantto.	1	3	20	\$ 120,00	-	-			\$ 120,00	
Revisión de la alineación de los rodamientos	2	Especialista	1	3	20	\$ 120,00	-	-			\$ 120,00	
Reengrase de los rodamientos	1	Mecánico	1	2	2,34	\$ 4,68	Grasa SKF	1	1lb	3	\$ 3,00	\$ 7,68
TOTAL PRIMER AÑO											\$ 247,68	

Realizado por: Luis Villacrés Tapia

El costo total del mantenimiento preventivo será la suma del costo de las tareas preventivas más el costo de la reparación por lo que tenemos:

$$\text{USD } 247,68 + \text{USD } 1270,20 = 1494,88 \text{ USD}$$

Por los resultados obtenidos en el análisis se puede evidenciar un ahorro de USD 975.32 por cada máquina mediante lo que se puede afirmar que realizar una tarea de mantenimiento preventiva es técnica y económicamente más rentable que el no realizar ninguna actividad, ya que previene las consecuencias operacionales y nos ayuda a planificar y ejecutar tareas antes de que suceda el evento este procedimiento se realizó para cada modo de falla.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez realizado el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para las líneas de extrusión y de torsión de la empresa HIPLAS se concluye que:

Se identificó los componentes de las líneas de extrusión y de torsión mediante lo cual se pudo definir el contexto operacional, las funciones y las fallas funcionales que pueden afectar directamente la disponibilidad de las mismas.

Se desarrolló la hoja de información para las líneas de extrusión y de torsión, considerando los modos de falla, sus efectos y las consecuencias producidas por las fallas funcionales.

Se desarrolló la hoja de decisión para las líneas de extrusión y de torsión, evaluando cada modo de falla posible considerado en la hoja de información, e identificando cada una de las tareas preventivas para las líneas mencionadas.

Se demostró la ventaja económica que tiene la aplicación del RCM de mantenimiento preventivo frente al mantenimiento correctivo tanto para la línea de extrusión como para la línea de torsión.

Se realizó el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM y la programación del mantenimiento para las líneas de extrusión y de torsión.

5.2 Recomendaciones

Implementar de manera inmediata el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM en las líneas de extrusión y torsión, previa a la capacitación del personal de la planta en mantenimiento centrado en la confiabilidad.

A medida que se vaya ejecutando el plan de mantenimiento, las frecuencias de mantenimiento propuestas están sujetas a cambios constantes ya que el mantenimiento preventivo en la empresa inicia con este plan, es por ello por lo que se vuelve menester ajustarlas las veces que sean necesarias, con el fin de tener los resultados esperados.

Dotar de recursos humanos, económicos y tecnológicos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en cada una de las líneas.

Invertir en la formación técnica del personal de mantenimiento en temas eléctricos y mecánicos para realizar una correcta ejecución del plan de mantenimiento preventivo propuesto.

Se recomienda a la empresa que al adquirir un equipo sea nuevo o usado, se exija la documentación necesaria, ya que representa un recurso importante para la planificación de mantenimiento y la ejecución de las actividades preventivas.

BIBLIOGRAFÍA

ECURED. *Denier, unidad de medida.* [En línea] [Consultado: 15 de Octubre de 2017.] Disponible en: https://www.ecured.cu/Denier,_unidad_de_medida.

GONZALES FERNÁNDEZ, Francisco Javier. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial.* 4a ed. Madrid: Fundación confemetal, 2011 pp. 100-101.

INDUSTRIAL, INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO. *Enciclopedia del plástico.* México: Hoechst, 1997 pp. 46-48

MONDRAGÓN AGUILAR, Jaime. *Fibras textiles.* [En línea] Enero de 2002. [Consultado: 25 de Octubre del 2017] Disponible en: <http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/organica/directorio-jaime/fibras%20textiles.pdf>.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. *Mantenimiento, planeación, ejecución y control.* 1a ed. México: Alfaomega, 2009. pp. 451.

MORALES MÉNDEZ , José Eduardo. *Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos.* 1a ed. México: Trillas, 2010 pp. 231-234

MOUBRAY, John. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.* 1a ed. Gran Bretaña: Aladon Ltd, 2004. pp. 29-2011

QUISNIA, Carlos. *Fibras retorcidas.* [entrevista] Luis Villacrés. Riobamba, 22 de Septiembre de 2017.

RAMOS DE VALLE, Luis Francisco. *Extrusión de plásticos Principios Básicos.* 1a ed. México : Limusa, 1993 pp. 69

SAE JA1011. *Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.*

SAE JA1012. *Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).*

SIMA OF COMPANY THE GROUP DIELZE. SIMA GS 2000 dos en una torcedora y bobinadora. [En línea] [Consultado: 16 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://www.sima-ds.com/es/tecnologias/torcedoras/gs2000-e/>.