

Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para Línea de Producción de
Filamento para Impresión 3D

Jhonatan Alejandro Escobar Fernández

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Diego Fernando Villegas Bermúdez

Doctor en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

A Dios por ser el pilar de fortaleza en cada una de las metas que me he trazado en mi vida y darme la sabiduría para afrontar cada reto de la mejor manera.

A mis padres y hermana los cuales han sido mi apoyo incondicional en los buenos y malos momentos de la vida. Gracias a la formación que me dieron basado en ser una persona de valor y aportar a la sociedad con conocimiento.

Agradecimientos

A Dios por ser el pilar de fortaleza para afrontar cada reto de la mejor manera.

Al ingeniero PhD. Diego Fernando Villegas Bermúdez por brindarme su tiempo y conocimiento para tener la guía para la presentación del plan de monografía y posteriormente la monografía.

A todos mis compañeros con los que tuve el placer de compartir la especialización de gerencia de mantenimiento, colegas con un gran valor humano y profesional.

Al personal de la empresa INDEMEC por su valiosa ayuda en darme la información necesaria para realizar este proyecto.

Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Objetivos	18
1.1 Objetivo General	18
1.2 Objetivos Específicos	18
2. Justificación del Plan Propuesto	19
3. Marco Teórico	20
3.1 Descripción de la Empresa	20
3.1.1 Ubicación	20
3.1.2 Distribución de la Planta	21
3.1.3 Estructura Organizacional	22
3.1.4 Descripción del Producto	22
3.1.5 Propiedades Principales de los Filamentos para Impresión 3D	24
3.1.6 Producción de Filamento para Impresión 3d	24
3.2 Descripción de la Línea de Producción de Filamento	25
3.2.1 Extrusora	26
3.2.2 Tanque de Enfriamiento	29
3.2.3 Embobinadora de Filamento	31

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM EN PRODUCCIÓN DE FILAMENTO 3D	5
3.3 Las Siete Preguntas de RCM	32
3.3.1 ¿Cuáles son las Funciones y los Parámetros de Funcionamiento Asociados al Activo en su Actual Contexto Operacional?	32
3.3.2 ¿De qué Manera Falla en Satisfacer Dichas Funciones?	33
3.3.3 ¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?	34
3.3.4 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla?	35
3.3.5 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla?	35
3.3.6 ¿Qué Puede Hacerse para Prevenir o Predecir Cada Falla?.....	36
3.3.7 ¿Qué debe Hacerse si no se Encuentra una Tarea Proactiva Adecuada?.....	38
3.4 Hoja de Información del RCM	39
3.5 Hoja de Decisión de RCM	40
4. Metodología	41
4.1 Procedimiento para la Recolección de la Información	41
4.2 Aplicación de la Metodología de RCM para la Línea de Producción Filamento 3D	41
4.2.1 ¿Cuáles son las Funciones y los Parámetros de Funcionamiento Asociados a la Línea de Producción de Filamento en su Actual contexto Operacional?	42
4.2.1.1 Contexto Operacional de la Línea de Producción de Filamento.....	42
4.3 Función Principal de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.	43
4.3.1 ¿De qué Manera Falla la Línea de Producción de Filamento en Satisfacer Dichas Funciones?	43
4.3.2 ¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?	44
4.4 Modos de Falla para la Falla Funcional A. “No es capaz de procesar filamento”.	45

4.5 Modos de Falla para la Falla Funcional B. “No cumple con el valor de producción de 3KG/hora”.	46
4.6 Modos de Falla para la Falla Funcional C. “El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm”.	47
4.7 Modos de Falla para la Falla Funcional D. “El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento”.	48
4.8 Modos de Falla para la Falla Funcional E. “El carrete presenta una calidad indeseada en color del filamento inestable con mala calidad y peso fuera de los parámetros”.	48
4.8.1 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla de la Línea de Producción de Filamento?	49
4.8.2 ¿Hoja de Información de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D?	49
4.8.3 ¿Qué Puede Hacerse para Prevenir o Predecir Cada Falla?	50
4.8.4 Hoja de Decisión de la Línea de Extrusión	50
5. Elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.	51
6. Análisis de las Ventajas Económicas de la Aplicación del Mantenimiento Preventivo basado en RCM vs el Mantenimiento Correctivo de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.	64
6.1 Cálculo de Pérdidas Económicas en los Días de la Parada de Planta	65
7. Estructura Detallada del Trabajo	69
7.1 Secuencia de las Actividades red AON.	69
7.2 Cronograma de Actividades	71
8. Presupuesto	73
9. Conclusiones	73

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM EN PRODUCCIÓN DE FILAMENTO 3D	7
10. Recomendaciones	75
Referencias Bibliográficas	76
Apéndices	77

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Componentes de la extrusora de plástico para producción de filamento 3D</i>	28
Tabla 2. <i>Fallas funcionales para línea de producción de filamento 3D</i>	44
Tabla 3. <i>Modos de falla nivel 1 para la falla funcional A</i>	45
Tabla 4. <i>Modos de falla nivel 1 para la falla funcional B</i>	46
Tabla 5. <i>Modos de falla nivel 1 para la falla funcional C</i>	47
Tabla 6. <i>Modos de falla nivel 1 para la falla funcional D</i>	48
Tabla 7. <i>Modos de falla nivel 1 para la falla funcional E</i>	48
Tabla 8. <i>Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.</i>	52
Tabla 9. <i>Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.</i>	55
Tabla 10. <i>Plan de Mantenimiento preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.</i>	58
Tabla 11. <i>Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.</i>	59
Tabla 12. <i>Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.</i>	61

Tabla 13. *Información análisis de caso* 64

Tabla 14. *Información Pérdidas por Producción de Daño de Caja Reductora* 65

Tabla 15. *Presupuesto para Monografía Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Línea de Producción de Filamento para Impresión 3d.* 73

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Ubicación Empresa INDEMEC S.A.S Yopal Casanare</i>	21
Figura 2. <i>Distribución de la Planta de Producción de Filamento</i>	21
Figura 3. <i>Estructura de la Empresa INDEMEC S.A.S</i>	22
Figura 4. <i>Carrete de Filamento PLA de la Empresa INDEMEC S.A.S</i>	23
Figura 5. <i>Diagrama de Proceso de la Planta de la Empresa INDEMEC S.A.S</i>	24
Figura 6. <i>Línea de Producción de Filamento de la Empresa INDEMEC S.A.S</i>	25
Figura 7. <i>Extrusora de la Empresa INDEMEC S.A.S</i>	26
Figura 8. <i>Partes de una Extrusora de Plástico</i>	27
Figura 9. <i>Tanque de Enfriamiento para Filamento</i>	29
Figura 10. <i>Zona de Arrastre de la Línea de Producción de Filamento</i>	30
Figura 11. <i>Embobinadora de Filamento para Impresión 3D</i>	31
Figura 12. <i>Categorías de Consecuencia de los Modos de Fallas</i>	35
Figura 13. <i>Diagrama de Decisión</i>	37
Figura 14. <i>Hoja de Información del RCM</i>	39
Figura 15. <i>Hoja de Decisión del RCM</i>	40
Figura 16. <i>Información Costos de Reparación Daño de Caja Reductora</i>	66
Figura 17. <i>Información Costos de Tareas Preventivas</i>	67

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM EN PRODUCCIÓN DE FILAMENTO 3D	11
Figura 18. <i>Estructura detallada del trabajo (EDT)</i>	69
Figura 19. <i>Secuencia de las Actividades del Proyecto.</i>	70
Figura 20. <i>Esquema Red AON.</i>	71
Figura 21. <i>Cronograma de Actividades</i>	72

Lista de Apéndices**Pág.**

Apéndice A. <i>Hoja de Información del RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D</i>	77
Apéndice B. <i>Hoja de decisión del RCM de la línea de producción de producción de filamento para impresión 3D</i>	106

Glosario

Rcm: mantenimiento centrado en la confiabilidad

Winder: mecanismo para bobinado de hilos

AON: red de actividades en nodos

Resumen

Título: Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para línea de producción de filamento para impresión 3D.*

Autor: Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.**

Palabras Clave: Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), extrusión de plástico, hoja de información, hoja de decisión, impresión 3D.

Descripción

El presente proyecto tiene como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para una línea de producción de filamento para impresión 3D en la empresa INDEMEC. Se realizó un procedimiento de identificación de cada uno de los componentes de la línea de producción y de igual manera con información dada por la empresa el historial operativo de cada sistema, con esto se realizó la identificación de las fallas funcionales, modos de fallo y los efectos que tienen cada uno sobre la operación, esto se unifica en la hoja de información de RCM. Gracias al análisis realizado se lleva a la creación del documento de la hoja de decisión; se procedió a realizar el plan de mantenimiento preventivo basado en RCM, donde se establecen las frecuencias de mantenimiento, que actividades preventivas se van a realizar y quien será el encargado de realizar la ejecución de la actividad. Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM se demostró las ventajas económicas y operativas que puede tener la compañía en comparación al mantenimiento totalmente correctivo que estaban trabajando, los porcentajes de ahorro que tienen en el caso de estudio que se evaluó y las herramientas que necesitaría la empresa para llegar a implementar este plan de mantenimiento.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Diego Fernando Villegas Bermúdez, Doctor en Ingeniería Mecánica

Abstract

Title: Reliability Centered Maintenance (RCM) plan for a 3D printing filament production line.*

Author(s): Jhonatan Alejandro Escobar Fernandez**

Key Words: Reliability Based Maintenance (RCM), Plastic Extrusion, Information Sheet, Decision Sheet, 3D Printing.

Description: The objective of this project is to develop a reliability-based maintenance (RCM) plan for a 3D printing filament production line at the INDEMEC company. An identification procedure was carried out for each of the components of the production line and in the same way with information given by the company the operating history of each system, with this the identification of functional failures, failure modes and the effects that each one has on the operation, this is unified in the RCM information sheet. Thanks to the analysis carried out, the decision sheet document is created; The preventive maintenance plan based on RCM was carried out, where the maintenance frequencies are established, what preventive activities are going to be carried out and who will be in charge of carrying out the execution of the activity. With the implementation of the preventive maintenance plan based on RCM, the economic and operational advantages that the company can have in comparison to the totally corrective maintenance that they were working on, the percentages of savings that they have in the case study that was evaluated and the tools that the company would need to implement this maintenance plan.

* Degree work

** Faculty of Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Diego Fernando Villegas Bermúdez, Doctor in Mechanical Engineering

Introducción

Planteamiento del Problema

En la actualidad, los mayores productores de filamento para impresión 3D se encuentran ubicados en China y Estados Unidos, los cuales llevan aproximadamente entre 10 y 15 años en el mercado, con líneas de producción totalmente automatizadas, y haciendo uso de filamentos a base de diversos materiales, dentro de los cuales se pueden resaltar el PLA, ABS, PC, HIPS, fibra de carbono, PET, entre otros.

En Colombia, existe la necesidad de elaborar filamentos de alta calidad con los diversos materiales que se encuentran en el mercado, que supla inicialmente la demanda nacional y posteriormente llegue a toda América Latina. Para lograr esto, es importante que las empresas colombianas ofrezcan filamentos de gran calidad, en cuando a dureza, facilidad de impresión y acabado y que su proceso de producción sea rentable.

INDEMEC S.A.S es una empresa que ha sido creada con el principal objetivo de producir filamentos compostables, como lo es el filamento a base de PLA, el cual es un bioplástico hecho de almidón de maíz y/o yuca, el cual hace de esta empresa una factoría pionera en el país con este tipo de producto. INDEMEC en sus 12 meses de operación ha logrado posicionarse como empresa líder en el sector, satisfaciendo así la demanda del mercado nacional.

La empresa ha adecuado planes que hacen que su operación sea más rentable, pero en este momento carece de un método controlado que le permita vigilar su proceso productivo. Su actual plan de mantenimiento no posee el alcance deseado, ya que este se encuentra dirigido a un mantenimiento correctivo y no a uno preventivo, lo que ha provocado que la línea de producción

se detenga antes de lo proyectado, generando pérdidas en la empresa al no poder suplir las necesidades de los clientes y consumidores.

Idea de Investigación

Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para línea de producción de filamento para impresión 3D.

Pregunta de Investigación

¿Cómo se puede proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de tal manera que se pueda estimar una reducción en paradas no programadas?

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), a una línea de producción de filamento para impresión 3D, para reducir las paradas de planta no programadas.

1.2 Objetivos Específicos

Diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM a la línea de producción de filamento de la empresa INDEMEC S.A.S.

Aplicar las metodologías de mantenimiento basado en la metodología RCM para diagnóstico de la maquinaria asociada a la línea de producción.

Realizar un análisis de los datos recolectados e implementarlos en el plan de mantenimiento.

2. Justificación del Plan Propuesto

El crecimiento de la demanda de filamento para impresión 3D ha hecho que INDEMEC S.A.S haya aumentado su operación y por ende se han extendido las jornadas de producción, por esta misma razón se ha detenido el proceso productivo debido a fallas mecánicas y eléctricas en la maquinaria. En este contexto, la empresa no está ejecutando un plan de mantenimiento preventivo para este tipo de operación que ayude a evitar paradas súbitas en la producción.

Con la ejecución del proyecto, se pretende proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la empresa, disminuyendo fallas y posibles incidentes mecánicos que detengan la operación de la planta, reduciendo las paradas no programadas.

El plan de mantenimiento busca que INDEMEC establezca paradas programadas, tareas detalladas de mantenimiento para reducir averías, control de inventarios de repuestos, tiempos totales de mantenimiento y costos de parada de producción.

De igual manera, con el diseño del plan de mantenimiento basado en RCM se optimizará la operación de la empresa, brindando una ayuda en el diagnóstico y solución de fallas estimadas por este mismo documento, esto con el objetivo de tener un mayor control en la producción y una correcta utilización de la maquinaria.

3. Marco Teórico

3.1 Descripción de la Empresa

Antes de plantear la propuesta de mantenimiento basado en RCM es necesario y útil conocer el estado actual de la empresa INDEMEC S.A.S, su forma de funcionamiento, y cada uno de los parámetros que intervienen en el procesamiento de filamento para impresión.

Misión.

“En INDEMEC Somos una empresa dedica a la fabricación y comercialización de filamento para impresión 3D de materiales compostables como el PLA y reciclables como el petg.

Como equipo lo más importantes es asesorar antes, durante y después de la compra a nuestros clientes, siendo una compañía integral en todas las etapas de nuestra actividad económica”.

Visión.

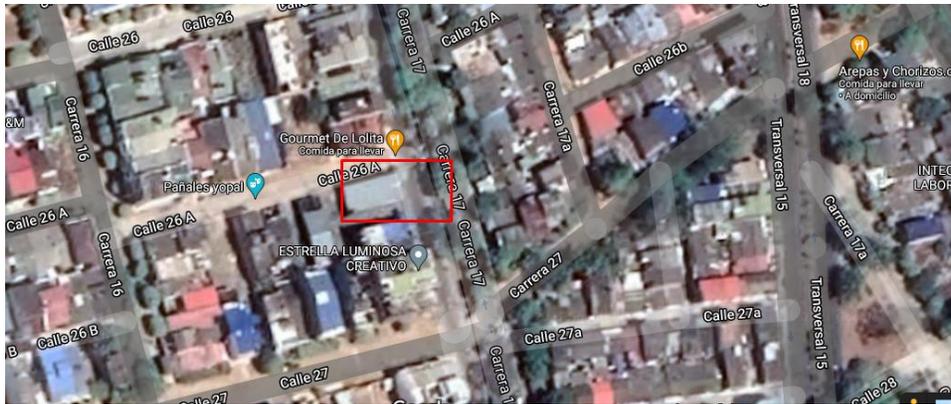
“Ser una Empresa líder dentro del mercado global, ofreciendo productos ambientalmente sostenibles con altos estándares de calidad para la industria de la impresión 3D”.

3.1.1 Ubicación

La empresa INDEMEC S.A.S tiene sus instalaciones administrativas y fábrica ubicada en Colombia, en la ciudad de Yopal, Casanare en la carrera 17 no 26^a 04.

Figura 1.

Ubicación Empresa INDEMEC S.A.S Yopal Casanare



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Tomado de Google Maps

3.1.2 Distribución de la Planta

Figura 2.

Distribución de la Planta de Producción de Filamento



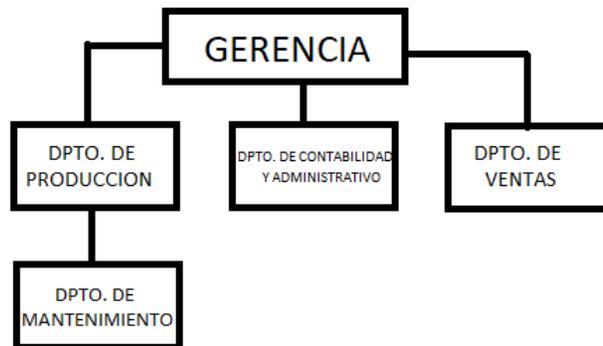
Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Tomado de INDEMEC S.A.S.

3.1.3 Estructura Organizacional

La empresa INDEMEC S.A.S. presenta la siguiente estructura jerárquica como se muestra en la fig. 3.

Figura 3.

Estructura de la Empresa INDEMEC S.A.S



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

3.1.4 Descripción del Producto

En INDEMEC se tienen dos variantes de producto de filamento para impresión 3D los cuales son material PLA y PETG, estos materiales se utilizan para distintas aplicaciones en la industria de la impresión 3D como se explica a continuación:

Filamento PLA: El PLA es un polímero termoplástico derivado de recursos naturales como el maíz o la caña de azúcar. En contraste, otros termoplásticos suelen ser producidos de recursos no-renovables como el petróleo. Desde la industria automotriz, al empaquetado de alimentos, un rango amplio de industrias está usando el PLA para producir productos impresos en 3D, El PLA tiene una temperatura de impresión relativamente baja comparada a otros termoplásticos su temperatura ideal de impresión suele ser de 180°C, mientras que el ABS

necesita de 220°C. Esto significa que es menos probable que este material se deforme en el proceso de impresión. Además, comparado al ABS y otros termoplásticos de alta temperatura, el filamento PLA produce mejores detalles en la superficie y propiedades más definidas. (Impresión 3D, 2020)

Filamento PETG: El PETG se compone de tereftalato de polietileno (PET) mejorado con glicol de ahí que se añada al nombre una letra G. El glicol se añade a la composición del material durante la polimerización y el resultado es un filamento más claro, menos frágil y más fácil de usar que en su forma básica como PET. Este material tiene su principal aplicación en la industria alimenticia ya que es apto para el contacto con alimentos y que se funde a una temperatura elevada, de al menos 260 °C. (Locker, A., 2020)

Figura 4.

Carrete de Filamento PLA de la Empresa INDEMEC S.A.S



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

3.1.5 Propiedades Principales de los Filamentos para Impresión 3D

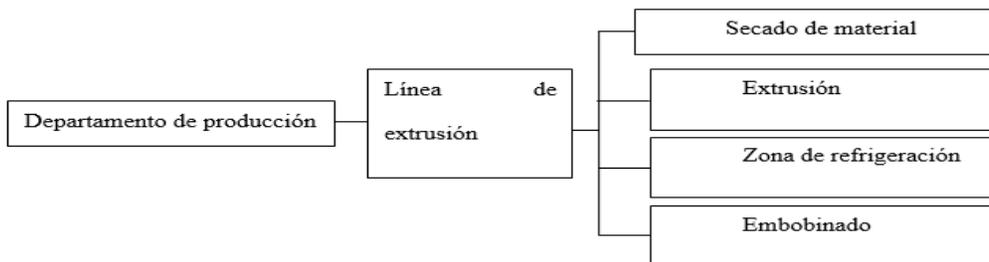
Espesor del filamento para impresión 3D: En la actualidad el estándar de espesor de filamento es 1.75 mm, ya que con diferentes tamaños los motores han sufrido sobrecalentamiento debido a la fuerza que realizan con filamentos de mayor grosor, esto tiene como resultados piezas con poco acabado final y daño de piezas con larga duración de impresión. Una ventaja que se presenta al tener una configuración de menos avance de filamento es que el piñón marca una menor cantidad de filamento en el momento de hacer las retracciones.

3.1.6 Producción de Filamento para Impresión 3d

Para la obtención del producto terminado, se deben realizar varias etapas con el fin de obtener un filamento con los parámetros de espesor y color adecuados, el principal proceso de manufactura utilizado es la extrusión. Las etapas del proceso se muestran en la figura 5.

Figura 5.

Diagrama de Proceso de la Planta de la Empresa INDEMEC S.A.S



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

3.2 Descripción de la Línea de Producción de Filamento

Carrión, (2014) en su artículo Procesos de fabricación de productos plásticos, expone el proceso de extrusión como “un proceso industrial mediante el cual al plástico se le puede dar forma de varilla, cañería, tubería y película o cualquier producto de sección transversal uniforme”. Este es uno de los procesos de manufactura más conocidos y útiles en la industria.

Figura 6.

Línea de Producción de Filamento de la Empresa INDEMEC S.A.S



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

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

3.2.1 Extrusora

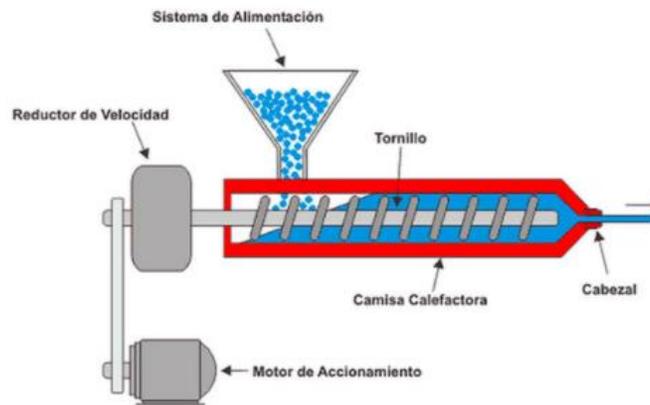
Figura 7.

Extrusora de la Empresa INDEMEC S.A.S



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

Es la maquina básica y fundamental para un proceso de manufactura de extrusión, ella se encarga de fundir los pellets y transportar el fluido gracias al tornillo sin fin que posee, para después ser comprimido y moldeado por una boquilla con la configuración geométrica deseada.

Figura 8.*Partes de una Extrusora de Plástico*

Nota. Tomado de Aristegui Maquinaria, 2020.

El proceso de manufactura de la extrusión se cataloga como continuo, se da inicio con el depósito de pellets de plástico almacenados en una tolva que conectan directamente el cilindro de la máquina, como se puede observar en la Figura 8, la materia prima se desplaza a través de un husillo, para ser fundida en las zonas de calefacción generalmente calentadas por resistencias eléctricas. Posteriormente el material fundido pasa por una boquilla para obtener una forma geométrica determinada, al obtener la forma geométrica pasa por una zona de enfriamiento en donde se obtiene el producto final de la extrusión.

La zona de calefacción está conformada por resistencias eléctricas y son controladas por sistemas de control on-off o PID dependiendo la modernidad de la maquinaria puede tener muchos más sistemas de control.

Tabla 1.*Componentes de la Extrusora de Plástico para Producción de Filamento 3D*

Tolva de precalentamiento	Permite precalentar y genera un secado al material para reducir la humedad, posee una resistencia eléctrica y un extractor que generan corrientes de aire caliente de entre 60 y 100 grados centígrados.
Caja reductora y variador de velocidad 80:1	Controla y permite variar la velocidad del tornillo extrusor hasta parametrizar la producción adecuada
Motor trifásico C.A de 1.5 hp	Genera la fuerza necesaria para mover el tornillo extrusor
Barril de la extrusora	Contiene el tornillo extrusor y el material que pasa por las zonas de calentamiento
Resistencias eléctricas	Generan el calor para la fundición del material mediante electricidad a 110v

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

3.2.2 *Tanque de Enfriamiento*

Figura 9.

Tanque de Enfriamiento para Filamento



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

La zona de refrigeración como se observa en la figura 9, se utiliza para lograr la solidificación del material, en esta etapa del proceso se debe tener en cuenta factores como el nivel de agua y la temperatura la cual se debe encontrar en un rango de entre 60 y 70 grados Celsius, esto con el fin de no generar choques térmicos que perjudiquen las características mecánicas del filamento.

Figura 10.*Zona de Arrastre de la Línea de Producción de Filamento*

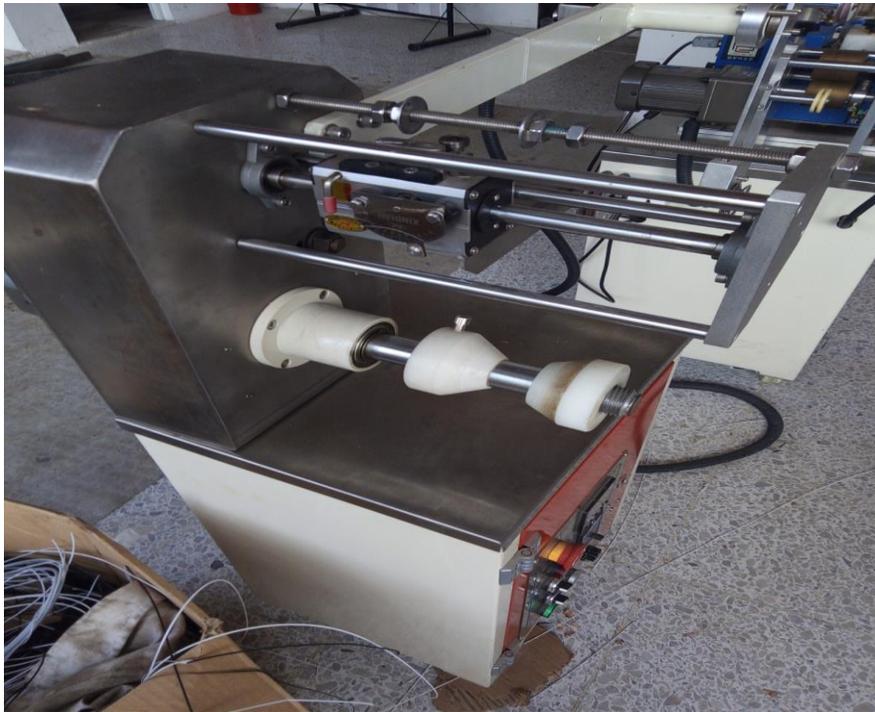
Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

La función principal de la zona de arrastre de filamento es aumentar o disminuir el grosor del hilo según la velocidad que se le parametrize al equipo, por lo que se podría decir que es el encargado de darle la calidad de tamaño al filamento y mantener constante el diámetro de 1.75 mm, de igual forma en esta zona se encuentra el medidor de espesores laser el cual censa todo el tiempo de producción el parámetro de grosor. Si llega a subir o a bajar el diámetro del filamento inmediatamente dispara una alerta o alarma.

3.2.3 Embobinadora de Filamento

Figura 11.

Embobinadora de Filamento para Impresión 3D



Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S.

La función principal de la embobinadora de filamento es enrollar en carretes plásticos 1 kilo de producto terminado, esto equivale aproximadamente a 365 metros de filamento terminado.

De igual manera la embobinadora cuenta con un winder el cual genera un movimiento longitudinal que permite que el filamento se enrolle proporcionalmente en toda el área del carrete.

3.3 Las Siete Preguntas de RCM

Para poder realizar la aplicación de la metodología del RCM se presentan 7 preguntas las cuales son necesarias responder para llegar al análisis del componente o sistema de estudio (Moubray, 2004).

3.3.1 ¿Cuáles son las Funciones y los Parámetros de Funcionamiento Asociados al Activo en su Actual Contexto Operacional?

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).

Según Moubray para generar la función es necesario establece un verbo y un objeto al caso de estudio, sin embargo, de esta forma estaría incompleto, ya que es necesario completarlo con los rasgos de funcionamiento del trabajo que desea el usuario para el elemento o sistema.

Clasificación de funciones:

Funciones Primarias: Estas son las funciones que componen las funciones principales por las que el elemento o sistema fue adquirido por la compañía.

Funciones Secundarias: Estas funciones se catalogan como las que debe cumplir el elemento o sistema además de su función primaria, estas se necesitan para realizar todo el requerimiento regulatorio y aquellas a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural (SAE JA1011, 1999).

Estándar de funcionamiento:

Según Moubray establece que existen dos formas para dar una definición al funcionamiento y establece lo siguiente:

Lo que el que adquiere el activo o sistema espera que funcione como lo desea.

Lo que el activo o sistema físico puede llegar a funcionar según sus especificaciones de construcción, capacidad y diseño. Esto también toma el nombre de capacidad inherente.

La capacidad inherente y el funcionamiento deseado son de suma importancia ya que la unión de los dos establece si un elemento o sistema es mantenible o por el contrario no lo es, ya que se considera mantenible cuando la función que se desea está dentro de la capacidad inherente de la maquina o sistema.

Es importante establecer el contexto operacional antes de empezar con el procedimiento del RCM, por lo que Moubray, (2004) en su libro Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad menciona ítems importantes que se deben implementar en el momento de realizar la descripción del contexto operacional.

3.3.2 ¿De qué Manera Falla en Satisfacer Dichas Funciones?

Según Moubray se establece que la falla funcional es lo contrario a la función, por lo que la falla funcional impide que se ejecute la función para la cual fue adquirida la maquina o sistema, es decir es necesario clasificar correctamente las funciones para lograr tener una claridad de las fallas funcionales.

3.3.3 ¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* establece que los niveles de fallo son esenciales sobre todo por el manejo que se le da al mantenimiento desde la parte documental en donde todo se analiza a través de los modos de fallo y esto establece los procedimientos para mitigarlos.

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

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).

Se puede generar tres categorías de modos de falla de la siguiente manera: (Moubray, 2004)

Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado, esto se puede observar cuando la maquina o sistema empieza su funcionamiento y se encuentra por encima de su capacidad inicial y después se refleja que una disminución por debajo de la capacidad inicial.

Cuando el funcionamiento deseado se encuentra por encima de la capacidad inicial, esto ocurre cuando el funcionamiento deseado se eleva por lo que no se encuentra dentro de la capacidad de la maquina o sistema.

Cuando desde un comienzo el activo físico no se encuentra en capacidad de realizar el funcionamiento que se requiere, esto sucede cuando desde el inicio la capacidad de la maquina o sistema no genera el funcionamiento por el cual el usuario lo adquirió.

3.3.4 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla?

En generar los efectos de falla ayuda a analizar el impacto que provoca para la empresa y las consecuencias que se obtiene de cada efecto de falla, por lo que la empresa le debe dar un peso y una importancia a cada una de estas.

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

3.3.5 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla?

Las consecuencias de falla generan la importancia que le da a cada fallo el usuario a su máquina o sistema. (Moubray, 2004, p. 95).

Las categorías de consecuencias de falla se dividen en dos: las consecuencias de las fallas evidentes y las consecuencias de las fallas ocultas como se puede observar en la figura 12.

Figura 12.

Categorías de Consecuencia de los Modos de Fallas.



Nota. Tomado de Campos Barrientos, José. (sf). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* da una clasificación a las consecuencias de falla evidente en 3 secciones las cuales son:

Consecuencias para la seguridad y medio ambiente:

Moubray, (2004) establece que una consecuencia para la seguridad se genera si se presenta una herida o muerte de una persona y establece que se genera una consecuencia para el medio ambiente si se evade alguna ley relacionada con el medio ambiente y las regulaciones de cada zona en este ámbito.

Consecuencias Operacionales:

Moubray, (2004) establece que se generan consecuencias operacionales cuando se afecta el proceso de producción en factores como calidad, velocidad, entre otras que llegan a presentar pérdidas económicas para la empresa tanto en producción como en tiempos de reparación.

Consecuencias no Operacionales:

Esta no presenta ninguna alteración para la producción o para la seguridad, pero tiene en cuenta los costos de reparación que se presentan.

Categoría de consecuencia de fallo no evidente:

Las Consecuencias de fallas ocultas, no generan una repercusión directa, sin embargo, estas consecuencias pueden llegar a daños fatídicos, se relacionan con los sistemas de protección y seguridad de los equipos o sistemas.

3.3.6 ¿Qué Puede Hacerse para Prevenir o Predecir Cada Falla?

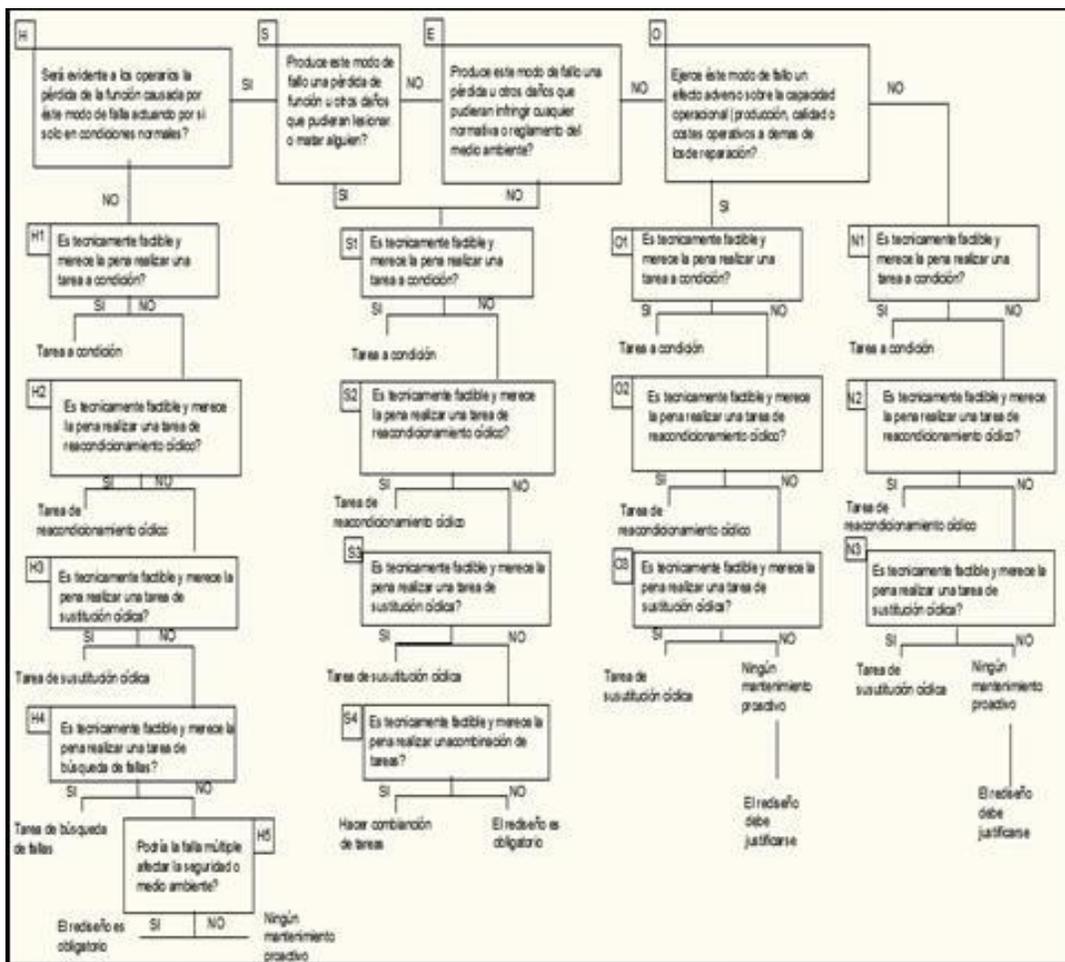
Las acciones que se deben realizar para prevenir que el activo falle, van desde el mantenimiento preventivo y basado en la condición, sin embargo, RCM utiliza los términos de

reacondicionamiento cíclico, mantenimiento a condición y sustitución cíclica. (MOUBRAY, 2004).

Según lo mencionado anteriormente, Moubray genera el diagrama de decisión, esta herramienta ayuda a clasificar las consecuencias de falla con base al impacto que genera cada modo de falla, el diagrama se puede observar en la figura 13.

Figura 13.

Diagrama de Decisión.



Nota. Tomado de Moubray. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Tareas de reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica:

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* define el reacondicionamiento cíclico como la forma de reestablecer la condición de un elemento en el límite de la edad útil establecida, sin importar en qué estado se encuentra en ese momento el elemento y también establece que la sustitución cíclica es una actividad en la cual se desecha un elemento de la maquina o sistema, anticipándose o en el límite de la edad sin importar en qué estado se encuentre el elemento en el momento de la intervención.

Tareas a condición:

Moubray, (2004) describe que las tareas a condición, se proceden examinando si hay una existencia o un estado en el cual se genere una falla funcional e indique que puede ocurrir un fallo potencial, por lo que se establecen tareas a condición para mitigar o prevenir las consecuencias de estos fallos.

3.3.7 ¿Qué debe Hacerse si no se Encuentra una Tarea Proactiva Adecuada?

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* establece que una acción a falta de, se implementa en las situaciones en donde no se puede generar una tarea proactiva, actuando ante el estado de falla, estas se encuentran en RCM como búsqueda de la falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

Tareas de búsqueda de fallas:

Se genera una revisión a una función oculta de manera periódica para tener la seguridad de que no se encuentre en fallo.

Solamente se realiza una tarea de búsqueda de falla, si se es posible obtener en una falla múltiple una disminución de probabilidad de que ocurra.

Ningún mantenimiento programado:

El elemento se deja actuar hasta el punto de la falla, por lo que no se realiza ninguna actividad para tratar de prevenir fallas, esto se aplica en las siguientes situaciones:

No se logra establecer una tarea proactiva para la función oculta y las consecuencias de la falla múltiple no se asocian ni a la seguridad ni al medio ambiente.

No se logra establecer una tarea para disminuir las consecuencias operacionales y no operacionales que produzca un costo beneficio. (MOUBRAY, 2004).

3.4 Hoja de Información del RCM

Moubray, (2004) en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* expresa que, al conocerse las funciones y los fallos funcionales para cada elemento o sistema, se requiere aplicar el análisis de los modos de falla y efectos (AMEF), esto con el fin de dar respuesta a las primeras 4 preguntas de RCM, esto genera como resultado la hoja de información de RCM como se puede observar en la figura 14.

Figura 14.

Hoja de Información del RCM

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	

Nota. Tomado de Moubray. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*

3.5 Hoja de Decisión de RCM

Moubray, (2004) expone que la hoja de decisión es un documento donde se explica las respuestas de las ultimas 3 preguntas del RCM, se aplica la hoja de decisión a cada uno de los modos de fallo expuestos en la hoja de información de RCM.

En la hoja de decisión se encuentra, la evaluación de las consecuencias, las tareas proactivas propuestas, la frecuencia y el responsable de la actividad o tarea, lo podemos observar en la figura 15.

Figura 15.

Hoja de Decisión del RCM.

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
								S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3									
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	

Nota. Tomado de Moubray. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

4. Metodología

4.1 Procedimiento para la Recolección de la Información

La información para recopilar todos los datos de los sistemas, entre los que destacan las funciones y los fallos funcionales que se han dado, se realizó haciendo un levantamiento de datos de placas de la maquinaria y elementos como motores, moto reductores, variadores de velocidad, resistencias eléctricas. Estos datos se encontraron físicamente en cada equipo, fichas técnicas y manuales de los componentes de la línea de producción.

De igual manera para obtener información sobre los parámetros de producción, operación y los mantenimientos que se aplicaron a la maquinaria, se realizó recolección de datos en entrevista con los operarios y la parte gerencial de la empresa.

Para realizar el análisis y complementar la información fue necesario revisar documentación, tesis y libros de maquinaria similar a la línea de producción en estudio.

4.2 Aplicación de la Metodología de RCM para la Línea de Producción Filamento 3D

La aplicación de la metodología del RCM para la línea de producción de filamento para impresión 3D se realizó dando respuesta a las siete preguntas planteadas para la aplicación de RCM de la siguiente manera. (Moubay, 2004, p. 7).

4.2.1 ¿Cuáles son las Funciones y los Parámetros de Funcionamiento Asociados a la Línea de Producción de Filamento en su Actual contexto Operacional?

4.2.1.1 Contexto Operacional de la Línea de Producción de Filamento. La línea de producción de producción de filamento es una línea continua ya que todas las máquinas están trabajando en serie y cada máquina depende de la otra para obtener producto, esto quiere decir que, si una máquina de la línea de producción falla, genera inmediatamente una parada total de la planta.

La línea de producción de filamento tiene una capacidad de producción de 5 Kg de filamento por hora, sin embargo, la capacidad a la que se maneja actualmente la planta es de 3Kh/hora embobinando en carretes de 1 kg como producto final.

En la producción de filamento está determinando para la producción de 1 bulto de 25 kg de materia prima pellets de PLA al día, esto dependiendo con los requerimientos de demanda del área de producción de INDEMEC.

El color del filamento es indispensable en el momento de la producción ya que muchos lotes están previamente vendidos, por lo que la empresa tiene establecido semanas en la que la producción es de un solo color o varios dependiendo la disponibilidad del mercado.

La línea de producción de filamento trabaja dos turnos diarios de lunes a sábado, es de tener en cuenta que la vida útil de la maquinaria es mucho más reducida a una línea que trabaja un solo turno constantemente. Por lo que la parada de la línea de producción representa pérdidas económicas considerables.

El tiempo de reparación de la falla ha tenido intervalos desde dos semanas hasta dos meses siendo este último el periodo más largo que la línea estuvo en paro debido a una

reparación mayor, los tiempos de reparación han sido muy largo por dos motivos principales, el primero, la falta de repuestos especializados para la maquinaria que en el mercado nacional pueden llegar a ser difíciles de encontrar y la segunda razón la poca preparación técnica del personal de la empresa para afrontar estas reparaciones, es de recalcar que esta preparación se ha ido dando por la experiencia de cada reparación que se va presentando a la línea, generando un aprendizaje a los operadores de la maquinaria.

4.3 Función Principal de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

La función principal de la línea de producción es producir filamento de 1.75 mm a una velocidad de 5 Kg/h para obtener carretes de 1 Kg con el color requerido por el departamento de producción, según indicaciones dadas por el cliente.

4.3.1 ¿De qué Manera Falla la Línea de Producción de Filamento en Satisfacer Dichas Funciones?

Las fallas funcionales se establecieron a partir de la función general de la línea de producción de filamento, en esto se clasifican 5 fallas funcionales entre las que destacan la falla en la que se genera una parada de producción total y las otras son fallas que puede que la línea de producción siga funcionando, sin embargo el filamento no tendrá las características deseadas o no se alcanza los valores de producción requeridos indicadas por el área de producción, las fallas funcionales se establecen en orden como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2.*Fallas funcionales para línea de producción de filamento 3D*

Código	Falla funcional
A	No es capaz de procesar filamento
B	No cumple con el valor de producción de 3KG/hora
C	El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm
D	El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento
E	El filamento presenta un color inestable con mala calidad

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

4.3.2 ¿Cuál es la Causa de Cada Falla Funcional?

Al realizarse todo el proceso de recolección de datos de las fallas funcionales de la línea de producción, se realizó el procedimiento para los modos de falla, estas se obtuvieron de la información dada por la gerencia y los operarios sobre lo que ha sucedido en los fallos y los análisis de los trabajos realizados y los tiempos que llevaron a la reparación, de igual manera con el estudio a equipos similares se llevan algunos modos de falla que podrían llegar a suceder en algún evento de la producción.

Los modos de fallo se clasificaron hasta un nivel 3, esto genera actividades más claras para el manejo de las fallas que se presenten en la línea de producción de filamento, dándole un manejo más conciso del plan a seguir.

4.4 Modos de Falla para la Falla Funcional A. “No es capaz de procesar filamento”.

Modos de falla nivel 1

Los modos de falla del nivel 1 se refieren en general a todas las posibles causas que inhabilitan o paran la planta causando que no se pueda producir filamento y se genere una parada de planta total.

La línea de producción de filamento al ser de un proceso continuo, tiene una dependencia en serie de todas las maquinas, por lo que al presentarse cualquier fallo de uno de sus componentes se genera una parada general de la producción.

Se describió dieciséis modos de falla que generan la no producción de filamento para impresión 3D, se dejan nombradas bajo un código que permite ser localizada en la hoja de información.

Tabla 3.

Modos de falla nivel 1 para la falla funcional A

Código	Modos de falla nivel 1
A1	Falla del sistema a tierra de la extrusora
A2	El display de la extrusora no permite accionar el parámetro de prendido y apagado
A3	El display de la extrusora no permite accionar el inicio del motor
A4	La extrusora no funde el material
A5	La extrusora no transporta el material
A6	La extrusora no varía velocidad en el motor.
A7	La extrusora no homogeniza el masterbatch o colorante con la materia prima
A8	La extrusora no genera un flujo constante de material para filamento.
A9	El tanque de refrigeración no contiene el nivel necesario para la producción
A10	El tanque de refrigeración no genera la temperatura de calentamiento de agua
A11	El motor halador no mueve los rodillos

A12	No se puede variar la velocidad del halador de filamento
A13	Las resistencias de la extrusora no generan temperatura
A14	La tolva de secado no llega a 60°C
A15	La embobinadora no enrolla el filamento
A16	El winder de la embobinadora no realiza su movimiento

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Modos de falla nivel 2 y 3

Se procedió a realizar un nivel de análisis 2 y 3 debido a que el nivel de análisis 1 abarca de manera muy general los modos de falla que se presentan, lo que provoca que no se logre establecer unos procedimientos correctos tanto técnica como financieramente para la empresa, al tener dos niveles más de análisis de falla se generan actividades mucho más específicas, que dan un mejor manejo a los eventos que se presenten en cuanto a fallas, estos se observan en la hoja de información en el RCM, presentada en la tabla 4.

4.5 Modos de Falla para la Falla Funcional B. “No cumple con el valor de producción de 3KG/hora”.

Tabla 4.

Modos de Falla Nivel 1 para la Falla Funcional B

Código	Modos de falla nivel 1
B1	La extrusora no opera a una velocidad de 1000 rpm
B2	El halador no opera a más de 600 rpm
B3	El embobinador opera a una velocidad menor a 300 rpm

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Modos de falla nivel 2 y 3

Los modos de falla del nivel 2 y 3 para la falla funcional B, se observan en la hoja de información del RCM, presentada en la tabla 5.

4.6 Modos de Falla para la Falla Funcional C. “El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm”.

Tabla 5.

Modos de Falla Nivel 1 para la Falla Funcional C

Código	Modos de falla nivel 1
C1	Incorrecta parametrización de los variadores de velocidad
C2	La materia prima presenta humedad
C3	El tornillo extrusor presenta problemas en la velocidad de arrastre
C4	La extrusora no llega al parámetro de temperatura de 210 °C
C5	La temperatura del agua del tanque de refrigeración no alcanza los 60 °C

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Los modos de falla del nivel 2 y 3 para la falla funcional C, se observan en la hoja de información del RCM, presentada en la tabla 6.

4.7 Modos de Falla para la Falla Funcional D. “El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento”.

Tabla 6.

Modos de Falla Nivel 1 para la Falla Funcional D

Código	Modos de falla nivel 1
D1	Asincronismo entre el variador del halador de la extrusora y el variador de velocidad de la embobinadora
D2	Incorrecta parametrización inicial de la embobinadora
D3	El winder de la embobinadora presenta atascamiento
D4	Atascamiento del rodillo de embobinado
D5	El motor de la embobinadora no tiene una velocidad constante

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Los modos de falla del nivel 2 y 3 para la falla funcional D, se observan en la hoja de información del RCM, presentada en la tabla 7.

4.8 Modos de Falla para la Falla Funcional E. “El carrete presenta una calidad indeseada en color del filamento inestable con mala calidad y peso fuera de los parámetros”.

Tabla 7.

Modos de Falla Nivel 1 para la Falla Funcional E

Código	Modos de falla nivel 1
E1	La materia prima fue mal premezclada por el mixer
E2	La tolva de la extrusora no está precalentando a 60 °C

Código	Modos de falla nivel 1
E3	Los rodillos del halador no tienen la velocidad requerida
E4	Se presentan variaciones de velocidad indeseada en el equipo embobinador
E5	El carrete de filamento tiene un peso menor o mayor a 1000 gramos

Nota. Tomado de INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Los modos de falla del nivel 2 y 3 para la falla funcional E, se observan en la hoja de información del RCM, presentada en el Apéndice B.

4.8.1 ¿Qué Sucede Cuando Ocurre Cada Falla de la Línea de Producción de Filamento?

Los datos de los modos de falla del nivel 3, fueron resultado de tomar la información dada por la gerencia de la empresa y las personas encargadas de la diaria operación de la línea de producción, y se puede analizar los impactos negativos tanto técnicos como financieros que resultan de estos fallos, por lo que se describen en la hoja de información del RCM.

En el análisis, uno de los modos de falla que más se presentó causante de dos paradas de planta por aproximadamente dos meses, fue el daño de los rodamientos de la caja reductora de la extrusora, siendo este fallo el de mayores consecuencias en tiempo de parada y por ende en dinero para la compañía, siendo caso de análisis del estudio realizado.

4.8.2 ¿Hoja de Información de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D?

La hoja de información del RCM de la línea de producción se realizó dando respuesta a las primeras cuatro preguntas del RCM, en la primera columna se estable la función principal de la línea de producción, en la segunda columna las fallas funcionales ubicadas en orden alfabético, en las siguientes columnas se analiza los modos de falla en 3 niveles, lo cual permite

generar una metodología de manejo de fallas acordes a las necesidades de la compañía. Esto se observa en la tabla 8 en la hoja de información del RCM.

4.8.3 ¿Qué Puede Hacerse para Prevenir o Predecir Cada Falla?

Analizando los efectos de falla que se han dado durante los dos años de operación de la empresa en la línea de producción de filamento, se observa como la empresa ha sufrido pérdidas debido al poco control que se tiene en los mantenimientos al no poseer ningún plan de mantenimiento preventivo, los modos de falla que se han dado en la operación han generado paradas de planta que han durado incluso semanas. Se realizó un estudio de los efectos de falla que generan cada uno de los modos de fallas nivel 3 de la hoja de información y la consecuencia que se obtiene de cada una, como lo observamos en la hoja de decisión tabla.

Se propuso las tareas proactivas para mitigar las fallas, sustituciones cíclicas y reacondicionamiento cíclico, también analizando las tareas que se llevan al fallo y no se implementa una acción preventiva, este análisis se puede observar en la tabla 9 en la hoja de decisión del RCM para la línea de extrusión de filamento 3D.

4.8.4 Hoja de Decisión de la Línea de Extrusión

Se desarrolló la hoja de decisión para la línea de extrusión de filamento, se realizó las tareas proactivas a ejecutar, la frecuencia inicial y el encargado de cada actividad.

La hoja de decisión se desarrolló analizando cada modo de falla nivel 3 de la hoja de información, esto permitió elaborar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad acorde a las necesidades de la empresa. Esto se observa en la tabla 9 en la hoja de decisión del RCM para la línea de extrusión de filamento 3D.

5. Elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Después de dar respuesta a las siete preguntas del RCM y al elaborar las hojas de información y las hojas de decisión para la línea de producción de filamento para impresión 3D, se procedió a elaborar el plan de mantenimiento basado en RCM, este plan de mantenimiento está compuesto por las tareas proactivas, el personal encargado y la frecuencia con la que se deben realizar estos mantenimientos, esto se realiza gracias al análisis realizado a cada modo de fallo después de fabricada la hoja de decisión.

Este plan de mantenimiento fue elaborado con el aporte de todo el personal de la planta, entre los que se encuentran el operador, el gerente, el técnico mecánico y eléctrico, personas que tienen un conocimiento de la maquinaria. Este plan de mantenimiento se realizó para un año. Para cada uno de los sistemas que intervienen en la línea de producción de filamento para impresión 3D. Se observan en las siguientes tablas el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM.

Tabla 8.

Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Plan de Mantenimiento		Línea:	Extrusión	
INDEMEC S.A.S		Equipo:	Extrusora	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.	
Tolva secadora de alimentación	Comprobar las conexiones eléctricas para el encendido de las resistencias y el flujo de calor de la tolva de alimentación, para iniciar el proceso de llenado con material	Bimensual	técnico Mecánico - Eléctrico	
	Revisar el estado de las conexiones eléctrica del ventilador del motor eléctrico de la tolva secadora	Diario	Operador	
	Limpieza con aire de los conductos internos de la tolva secadora	Diario	Operador	
	Verificar bajo inspección visual por el visor de la tolva que no se encuentren objetos extraños al interior del equipo	Diario	Operador	
Barril de la extrusora	Verificar el correcto contacto de las resistencias eléctricas de la extrusora	Diario	Operador	
	Inspección visual de la platina de entrada de material a la extrusora	Diario	Operador	
	Desmonte y limpieza general del barril de la extrusora	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Cambiar el barril cuando falle	Al fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Verificar el estado del cableado eléctrico de las resistencias y su conductividad	Bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
	Limpieza de la boquilla de extrusión de la extrusora	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
Cabezal de la extrusora	Limpieza externa de material sobrante del cabezal de la extrusora	Diario	Operador	

Plan de Mantenimiento	Línea:	Extrusión	
INDEMEC S.A.S	Equipo:	Extrusora	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Ajuste de los pernos del dado de la extrusora	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Limpieza interna del cabezal de la extrusora	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Limpiar el filtro del cabezal	Semestral	técnico mecánico – eléctrico
	Revisar alineación y nivel del cabezal respecto al barril de la extrusora	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico
Resistencias eléctricas	Revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la extrusora	Bimensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Desmontar y cambiar el cableado eléctrico en malas condiciones del sistema de resistencias eléctricas	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Verificar que las resistencias eléctricas tengan el apriete necesario para generar un buen contacto eléctrico	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Cambiar las resistencias eléctricas cuando fallen	Al fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
Tornillo de la extrusora	Desmante y limpieza general del tornillo de la extrusora	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Limpieza con aditivo de limpieza para extrusión	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Cambiar el tornillo cuando falle	Al fallo	técnico mecánico – eléctrico

Plan de Mantenimiento	Línea:	Extrusión	
INDEMEC S.A.S	Equipo:	Extrusora	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Verificar acople del tornillo extrusor y la caja reductora de velocidad	Mensual	Técnico – Mecánico – Eléctrico
Motor trifásico C.A de 1.5 hp con caja reductora 80:1	Inspección y limpieza del ventilador del motor	Mensual	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Revisar el cableado del motor la conductividad eléctrica, el amperaje de operación.	Mensual	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Revisión de los rodamientos del motor eléctrico y de la caja reductora rodamientos de acople al tornillo de la extrusora	Semestral	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Verificar bajo inspección visual que no se encuentre fugas de aceite por los retenedores de la caja reductora de la extrusora	Semanal	Operador
	Bobinar el motor cuando falle	Al fallo	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Cambiar el piñón de la caja reductora de la extrusora cuando falle	Al fallo	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Cambiar el aceite de la caja reductora de la extrusora	Semestral	Técnico – Mecánico – Eléctrico
Mixer capacidad 50 kilos motor trifásico de 1.5 Hp	Desmonte y limpieza general de las aspas del mixer	Anual	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Limpieza con aditivo desengrasante para barril del mixer	Semestral	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Cambiar las aspas del mixer cuando fallen	Al fallo	Técnico – Mecánico – Eléctrico
	Verificar acople del eje de las aspas del mixer y la caja reductora de velocidad	Mensual	Técnico – Mecánico –

Plan de Mantenimiento		Línea:	Extrusión
INDEMEC S.A.S		Equipo:	Extrusora
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
			Eléctrico
	Verificar que las conexiones eléctricas del motor tengan el apriete necesario para generar un buen contacto eléctrico	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Bobinar el motor cuando falle	Al fallo	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Cambiar el piñón de la caja reductora de la extrusora cuando falle	Al fallo	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Cambiar el aceite de la caja reductora de la extrusora	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de producción de filamento para impresión 3D., INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Tabla 9.

Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Tablero de control eléctrico
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
sistema a tierra	Revisar el estado de los aislamientos de los conductores eléctricos	Bimensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Inspección de los voltajes y los amperajes consumos de la extrusora	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Tablero de control eléctrico
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Ajustar los tornillos de los bornes de conexión de entrada y de salida de la maquinaria	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Verificación visual del estado de los conductores eléctricos del panel de control	Diario	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Reemplazo de los fusibles	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Inspección visual del estado de los leds indicadores de encendido y apagado de las resistencias	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
sistema de encendido y operación	Revisión y limpieza de los comandos manuales de encendido y apagado de la extrusora.	Diario	Operador
	Verificar el estado y comprobar el correcto funcionamiento de los interruptores.	Diario	Operador
	Reemplazo de los contactos quemados de los interruptores y contactores	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Cambiar el interruptor cuando falle	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Inspección visual del estado de los conductores eléctricos del panel de control	Diario	Operador
	Revisión de las conexiones eléctricas del sistema de calentamiento de la extrusora y de ser necesario ajuste correcto de los conductores	Semanal	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Ajustar los tornillos de sujeción de las entradas y salidas de las conexiones eléctricas de la extrusora	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Revisar la correcta sujeción de las entradas a los variadores de velocidad de la extrusora	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Inspeccionar los empalmes en las conexiones de los conductores eléctricos del panel de control	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Tablero de control eléctrico
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Inspección visual de estado de las borneras de conexiones, observar la existencia de daños, rupturas, perdidas de aislamiento de ser así reportar al técnico mecánico – eléctrico	Diario	Operador
	Inspeccionar visual de los ventiladores de enfriamiento del motor de la extrusora que giren con normalidad y verificar que no haya atasco por suciedad	Semanal	Operador
	Retirar el polvo y suciedad del interior del tablero de control sopleteando ligeramente, o utilizando una brocha	Diario	Operador
	Cambiar los controladores de temperatura cuando presenten fallo	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Verificar que las velocidades y las frecuencias en los variadores de velocidad sigan correctamente parametrizados.	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Revisión los parámetros eléctricos y electrónicos del variador de frecuencia y realizar un reporte de su estado.	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico
sistema de potencia	Realizar ajuste a los tornillos de sujeción de las entradas y salidas de la bornera de conexión de los motores eléctricos de la extrusora	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Inspeccionar las conexiones de los conectores de empalmes en el panel de control	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Reemplazar los conductores desgastados del sistema eléctrico de la extrusora	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Comprobar la tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor de la extrusora	Bimensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Cambio de contactores al fallo	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Reemplazo de los contactos sulfatados	Al Fallo	Técnico Mecánico - Eléctrico

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Tabla 10.

Plan de Mantenimiento preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión	
		Equipo:	Tanque de refrigeración	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.	
sistema de alimentación de agua	Verificar el funcionamiento de la bomba de agua	Diario	Operador	
	Verificar la apertura y cierre de las válvulas de alimentación de agua	Diario	Operador	
	Desmontar y limpiar la suciedad en las mangueras de cargue de agua	Trimestral	Operador	
	Inspeccionar la capacidad de succión de la bomba	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Desmontar y limpiar los tanques de almacenamiento de agua	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	INSPECCIÓN visual del estado de los leds indicadores de encendido y apagado de las resistencias del sistema de refrigeración	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Revisar el estado de los aislamientos de los conductores eléctricos	Bimensual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Reemplazar los filtros de entrada de agua al tanque de refrigeración	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Cambio de bomba de agua al fallo	Al Fallo	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Revisión de las conexiones eléctricas del sistema de calentamiento del sistema de refrigeración y de ser	Semanal	Técnico Mecánico – Eléctrico	

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión	
		Equipo:	Tanque de refrigeración	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.	
	necesario ajuste correcto de los conductores			
	Ajuste de los soportes de nivel de la piscina de refrigeración	Trimestral	Operador	
Tanque	Inspección de las soldaduras y uniones del tanque de refrigeración y reportar si existe alguna anomalía	Diario	Operador	
	Revisar el estado del tanque de refrigeración y reporta si existe alguna fuga para su corrección	Diario	Operador	
	Limpieza e inspección del tanque de refrigeración y del filtro de agua del tanque	Diario	Operador	

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Tabla 11.

Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión	
		Equipo:	Sistema Halador	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.	
Sistema de	Limpieza de los imanes de guía del filamento	Diario	Operador	
guía del	Cambiar cuando fallen los rodamientos de guía del filamento	al Fallo	Técnico – Mecánico –	
filamento para			Eléctrico	
impresión 3D	Revisar la alineación de los rodamientos para tener una correcta guía del filamento	Semestral	Técnico – Mecánico –	
			Eléctrico	
	Realizar engrase de las chumaceras de guía del filamento	Semestral	Técnico – Mecánico –	

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión	
		Equipo:	Sistema Halador	
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.	
			Eléctrico	
	Realizar limpieza e inspección de las graseras de las chumaceras de guía del filamento	Quincenal	Operador	
	Revisar el tanque de refrigeración que no tenga ninguna suciedad que interfiera con la guía del filamento	Diario	Operador	
Rodillos de goma	revisar y limpiar los residuos de filamento que quedan en los rodillos del halador	Diario	Operador	
	revisar que estén correctamente nivelados los rodillos del halador	Semanal	Operador	
	inspeccionar el estado de la goma de los rodillos y si están en malas condiciones realizar cambio	Anual	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	realizar prueba de halado para comprobar la presión que ejercen los rodillos	Semestral	Operador	
moto reductor marca BS 60 w	revisar y limpiar el ventilador del motor eléctrico del halador	Quincenal	Técnico Mecánico – Eléctrico	
Gear head 5GN25K	Realizar revisión el cableado del motor, verificar tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico	
	Cambiar el aceite de la caja reductora del halador	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico	
	Realizar el 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	Técnico Mecánico - Eléctrico	
	Realizar Inspección del nivel de aceite de la caja reductora, llenarlo de ser necesario, inspeccionar cualquier anomalía e informar al superior	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico	
control del sistema del halador	Verificar que el variador de frecuencia no se haya desconfigurado su parametrización, fijar los valores correctos de velocidad	Mensual	Técnico Electrónico	

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Sistema Halador
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Revisar el estado de las conexiones de los conductores eléctricos	Mensual	Técnico Electrónico
	Inspeccionar las conexiones eléctricas y las partes electrónicas y realizar un reporte del estado del variador	Semestral	Técnico Electrónico

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Tabla 12.

Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Sistema Bobinadora
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
Moto reductor de la embobinadora	Revisar y limpiar el ventilador del motor eléctrico del halador	Quincenal	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Realizar revisión el cableado del motor, verificar tensión de alimentación, tensión de salida y consumo de corriente del motor	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Cambiar el aceite de la caja reductora del halador	Semestral	Técnico Mecánico – Eléctrico
	Realizar el 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	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Realizar Inspección del nivel de aceite de la caja reductora, llenarlo de ser necesario, inspeccionar cualquier anomalía e informar al superior	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
winder de la embobinadora	Limpieza general y lubricación del eje de winder	Mensual	Técnico Mecánico – Eléctrico

Plan de Mantenimiento INDEMEC S.A.S		Línea:	Extrusión
		Equipo:	Sistema Bobinadora
Componente	Actividad a realizar	Frec.	Resp.
	Inspección general del eje de la embobinadora ver si se presenta corrosión o desgaste	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Realizar Desmonte para limpieza general de piñones del winder	Anual	Técnico Mecánico - Eléctrico
sistema de encendido y operación de la embobinadora	Revisión y limpieza de los comandos manuales de encendido y apagado de la embobinadora.	Diario	Operador
	Verificar el estado y comprobar el correcto funcionamiento de los interruptores de inicio y de parada de la embobinadora	Diario	Operador
	Reemplazo de los contactos quemados de los interruptores y contactores de la embobinadora	Al Fallo	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Cambiar el interruptor de arranque y frenado cuando falle	Al Fallo	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Inspección visual del estado de los conductores eléctricos del panel de control	Diario	Operador
	Ajustar los tornillos de sujeción de las entradas y salidas de las conexiones eléctricas de la embobinadora	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Revisar la correcta sujeción de las entradas al variador de velocidad de la embobinadora	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Inspeccionar los empalmes en las conexiones de los conductores eléctricos del panel de control	Mensual	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Retirar el polvo y suciedad del interior del tablero de control sopleteando ligeramente, o utilizando una brocha	Diario	Operador
	Verificar que las velocidades y las frecuencias en los variadores de velocidad sigan correctamente parametrizados.	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico
	Revisión los parámetros eléctricos y electrónicos del variador de frecuencia y realizar un reporte de su estado.	Semestral	Técnico Mecánico - Eléctrico

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

6. Análisis de las Ventajas Económicas de la Aplicación del Mantenimiento Preventivo basado en RCM vs el Mantenimiento Correctivo de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D.

De acuerdo al análisis realizado de cada modo de falla, el caso de estudio que se escogió debido a dejar inoperativa la empresa durante 60 días fue el del fallo de “sin la operación de la caja reductora el tornillo sin fin queda con giro libre, deshabilitando totalmente la extrusora. Esto provoca una parada de planta”.

Esto trajo unas consecuencias operacionales y económicas para la empresa de alto impacto, debido a que la empresa está en su etapa de crecimiento y posicionamiento en el mercado con apenas año y medio de creación.

Tabla 13.

Información Análisis de Caso

N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla
6,3	Daño en la caja reductora de la extrusora	6,3,1	Desajuste del mecanismo tornillo sin fin - corona	Sin la operación de la caja reductora el tornillo sin fin queda con giro libre, deshabilitando totalmente la extrusora.
		6,3,2	desgaste en los rodamientos de salida de la caja reductora	Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 35 días
		6,3,3	fugas de aceite por los retenedores	

Nota. Esta tabla muestra la información del análisis de caso de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

6.1 Cálculo de Pérdidas Económicas en los Días de la Parada de Planta

De los datos proporcionados por la empresa se sabe que, debido al daño de la caja reductora de velocidad, la empresa paró producción por 60 días, debido a que era la primera vez que se presentaba este fallo el tiempo de parada de la planta fue mayor, ya que no se tenía un proveedor que suministrara la caja reductora de las especificaciones que se necesitaban. La pérdida por producción es de \$19.500.000, como se puede observar en la tabla 16.

Tabla 14.

Información Pérdidas por Producción de Daño de Caja Reductora

Perdidas por Producción INDEMEC S.A.S Daño de Caja Reductora		
Total, producción al día (kg)	Días de parada de planta	Perdidas por producción (COP)
5	60	\$ 19.500.000

Nota. Esta tabla muestra la información de pérdidas por producción de daño de caja reductora de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Este daño se generó a los 10 meses de operación de la maquinaria, teniendo en cuenta que en ese momento la caja reductora presentaba fugas de aceite por lo que el nivel estaba muy bajo, generando una alta fricción entre el tornillo sin fin y el piñón, en ningún momento de la operación se revisó el nivel de aceite y se detuvo la operación para cambiar el retenedor dañado de la caja reductora. De igual manera se encontró un daño avanzado en el rodamiento de acople entre el eje del tornillo de la extrusora y la caja reductora, esto generó fuerzas indeseadas internamente en la caja reductora, por lo que también afectó el daño de los dientes del piñón, con

una inspección programada se puede evitar este daño de un componente nuevo y crítico para la operación de la extrusora, cambiando partes mucho más económicas como lo era los retenedores, rodamientos y completar el nivel de aceite de la caja reductora.

Figura 16.

Información Costos de Reparación Daño de Caja Reductora

COSTOS DE REPARACIÓN												
Descripción	Cambio de caja reductora de la extrusora											
Maquinas intervenidas	Intervenciones cada 2 años	MANO DE OBRA					MATERIALES					
		M.O.	Cant.	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total M.O	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo U.	Costo Total	Total al año
desmonte Tornillo de la extrusora	1	Mecánico	1	8	25000	200000	Rodamientos para acople de tornillo extrusora y caja reductora	2	Und	70000	140000	340000
Montaje caja reductora	1	Mecánico	1	16	25000	400000	caja reductora 80:1 para motor de 1.5 Hp	1	Und	1500000	1500000	1900000
TOTAL COSTO CORRECTIVO												\$ 2.240.112

Nota. Esta tabla muestra la información costos de reparación daño de caja reductora de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Las pérdidas generadas por el daño de la caja reductora a los 10 meses de entrar en operación la empresa es la suma de lo perdido por no generar producción y el costo de reparación de la maquinaria. Es de aclarar que las pérdidas por producción no se pudieron respaldar ya que no se tenía stock de producto en ese momento.

Perdidas de parada de planta = Perdidas de producción + costos de Reparación

Perdidas de parada de planta = \$19.500.000 + \$2.240.112

Perdidas de parada de planta = \$ 21.740.112

El costo de las tareas preventivas para este modo de falla se puede observar en la figura 17.

Figura 17.

Información Costos de Tareas Preventivas

COSTOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO	LÍNEA DE:	"EXTRUSIÓN"										
	actividad por año	MANO DE OBRA					MATERIALES					
Tarea Preventiva	encargado	Cant. H	Horas trabajadas	\$/hora	Costo Total MO	Descripción	Cantidad	und	Costo U.	Costo Total Materiales	Total al año	
verificar acople del tornillo extrusor y la caja reductora de velocidad	12	Tecnico mecanico - electrico	1	12	\$ 12.000	\$ 144.000	-	-	-	-	-	\$ 144.000
verificar bajo inspeccion visual que no se encuentre fugas de aceite por los retenedores de la caja reductora de la extrusora	48	operador	0,5	24	\$ 6.250,00	\$ 150.000	-	-	-	-	-	\$ 150.000
Cambiar el aceite de la caja reductora de la extrusora	2	Tecnico mecanico - electrico	2	4	\$ 12.000	\$ 48.000	aceite para caja moto reductor	1	galon	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 118.000
TOTAL PRIMER AÑO											\$ 412.000,00	

Nota. Esta tabla muestra la información costos de reparación daño de caja reductora de la línea de producción de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Durante los dos años de mantenimiento preventivo sumaría un total de \$824.000 pesos, costo total del mantenimiento preventivo sería el costo del mantenimiento preventivo más el costo de la reparación, por lo que tendríamos lo siguiente:

Costo del mantenimiento preventivo = costo de las actividades preventivas + costo de la
reparación

$$\text{Costo del mantenimiento preventivo} = \$824.000 + \$2.240.112$$

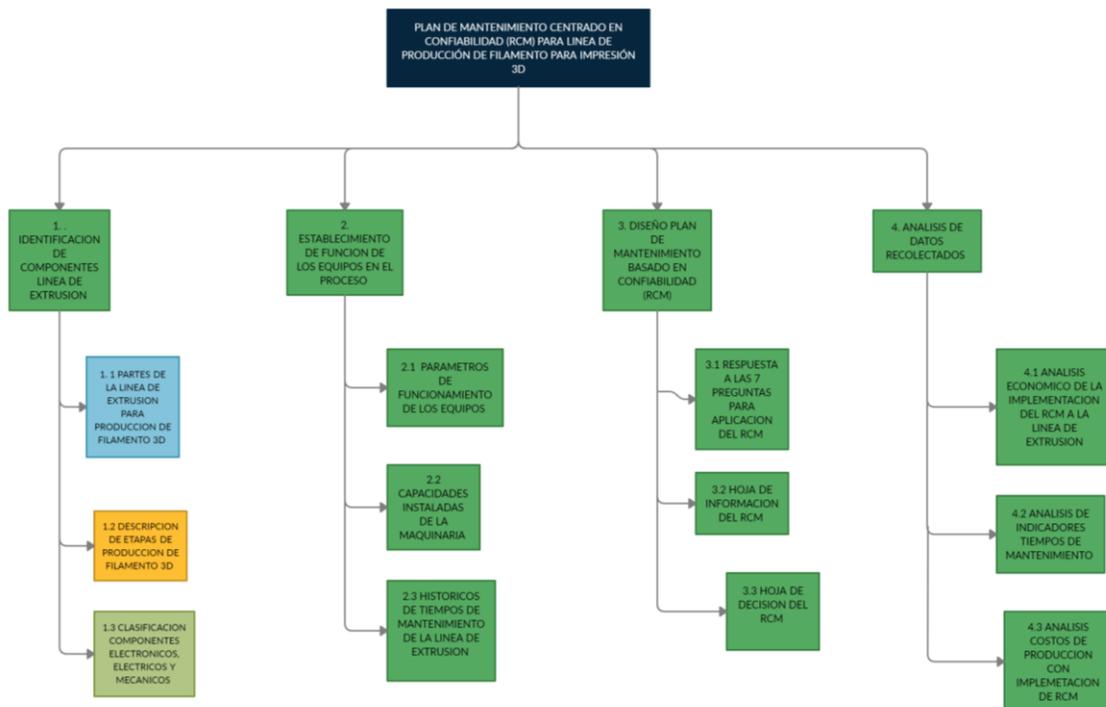
$$\text{Costo del mantenimiento preventivo} = \$ 3.064.112$$

Según los cálculos realizados se puede evidenciar un ahorro de \$18.676.000, por lo que se puede decir que el realizar actividades de mantenimiento preventivo es bastante significativo económica y operacionalmente para la empresa, esto teniendo en cuenta que se genera una cultura de orden y planificación en el mantenimiento que se va transfiriendo a las demás áreas de la empresa, esto para una empresa que está comenzando y busca posicionarse en el mercado le significa tener muchas más herramientas para seguir fortaleciéndose operacional y económicamente.

7. Estructura Detallada del Trabajo

Figura 18.

Estructura Detallada del Trabajo (EDT)



Nota. Esta figura muestra la estructura detallada de trabajo (EDT) para la propuesta del plan de mantenimiento basado en RCM de la planta de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

7.1 Secuencia de las Actividades red AON.

De acuerdo a la definición de las actividades en la EDT, se determinaron las actividades del proyecto en la siguiente secuencia.

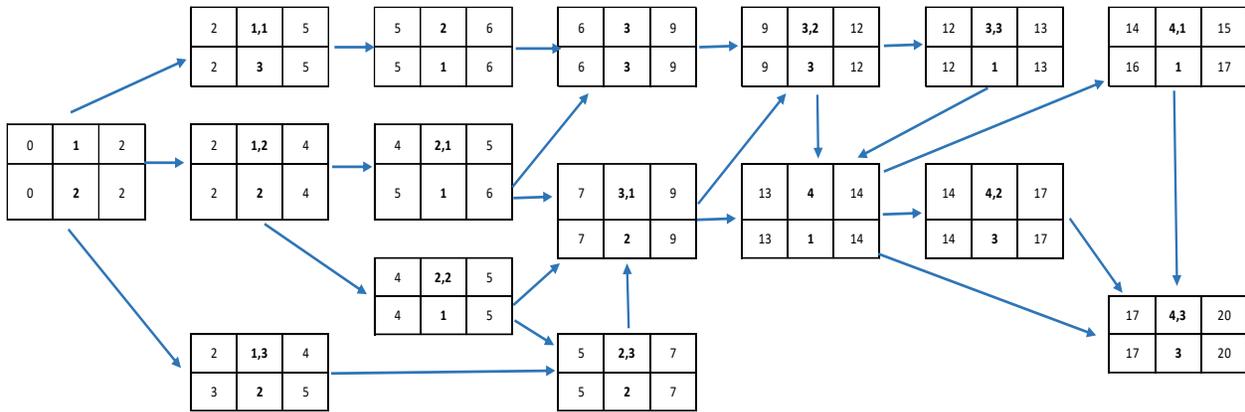
Figura 19.*Secuencia de las Actividades del Proyecto.*

ITEM	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	PREDECESORA	DURACION (SEMANAS)
1	IDENTIFICACION DE COMPONENTES LINEA DE EXTRUSION		2
1.1	PARTES DE LA LINEA DE EXTRUSION PARA PRODUCCION DE FILAMENTO 3D	1	3
1.2	DESCRIPCION DE ETAPAS DE PRODUCCION DE FILAMENTO 3D	1	2
1.3	CLASIFICACION COMPONENTES ELECTRONICOS, ELECTRICOS Y MECANICOS	1	2
2	ESTABLECIMIENTO DE FUNCION DE LOS EQUIPOS EN EL PROCESO	1.1	1
2.1	PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	1.2	1
2.2	CAPACIDADES INSTALADAS DE LA MAQUINARIA	1.2	1
2.3	HISTORICOS DE TIEMPOS DE MANTENIMIENTO DE LA LINEA DE EXTRUSION	1.3-2.2	2
3	DISEÑO PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	2-2.1	3
3.1	RESPUESTA A LAS 7 PREGUNTAS PARA APLICACION DEL RCM	2.1-2.2-2.3	2
3.2	HOJA DE INFORMACION DEL RCM	3.1-3	3
3.3	HOJA DE DECISION DEL RCM	3.2	1
4	ANALISIS DE DATOS RECOLECTADOS	3.1-3.2-3.3	1
4.1	ANALISIS ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION DEL RCM A LA LINEA DE EXTRUSION	4	1
4.2	ANALISIS DE INDICADORES TIEMPOS DE MANTENIMIENTO	4	3
4.3	ANALISIS COSTOS DE PRODUCCION CON IMPLMETACION DE RCM	4-4.1-4.2	3

Nota. Esta figura muestra la Secuencia de las actividades del proyecto para la propuesta del plan de mantenimiento basado en RCM de la planta de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

Figura 20.

Esquema Red AON.



Nota. Esta figura muestra el esquema red AON del proyecto para la propuesta del plan de mantenimiento basado en RCM de la planta de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

7.2 Cronograma de Actividades

De acuerdo a la definición de las actividades en la EDT, y el esquema red AON se determina el cronograma de actividades para el proyecto.

Figura 21.

Cronograma de Actividades



Nota. Esta figura muestra el cronograma de actividades del proyecto para la propuesta del plan de mantenimiento basado en RCM de la planta de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

8. Presupuesto

Tabla 15.

Presupuesto para Monografía Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Línea de Producción de Filamento para Impresión 3d.

Concepto	Presupuesto	cantidad	total
Gastos Generales			
Horas de asesoría PhD	\$ 300.000	8	\$ 2.400.000
Horas profesionales autor	\$ 80.000	80	\$ 6.400.000
Gastos de oficina			
Horas computador	\$ 20.000	80	\$ 1.600.000
Gastos desplazamiento a Fabrica			
galones de gasolina	\$ 8.525	25	\$ 213.125
Total, Gastos			\$ 10.613.125

Nota. Esta figura muestra el Presupuesto para la monografía plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de la planta de filamento para impresión 3D, INDEMEC S.A.S. Realizado por Jhonatan Alejandro Escobar Fernández.

9. Conclusiones

Según el plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para la línea de producción de filamento para impresión 3D se concluye lo siguiente:

Se realizó una identificación necesaria en la compañía de todos los elementos que componen la línea de producción de filamento, esto con el fin de definir sus funciones y las fallas funcionales que pueden afectar la disponibilidad de los sistemas.

Se generó la hoja de información para la línea de producción de filamento, analizando los modos de falla y las consecuencias que se producen por las fallas funcionales. Esto gracias a la recopilación de información entregada por la empresa INDEMEC.

Se generó la hoja de decisión para la línea de producción de filamento, analizando cada modo de falla posible teniendo en cuenta la hoja de información y estableciendo tareas preventivas para cada uno de los sistemas que intervienen en la línea de producción.

Se realizó una comparación económica entre lo que representa para la empresa implementar un plan de mantenimiento preventivo y las pérdidas que se han generado por llevar un sistema totalmente correctivo, en el caso de estudio se evidencia un ahorro del 85.91% gracias a la implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM.

Se realizó un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM generando la descripción de actividades, el personal a cargo y la frecuencia de ejecución para una proyección anual al sistema de producción de filamento para impresión 3D.

10. Recomendaciones

Realizar la implementación del plan de mantenimiento lo más pronto posible ya que los tiempos en que los sistemas fallan y se deben hacer correctivos son relativamente cortos, lo que va a generar más pérdidas para la empresa a corto plazo.

Implementar capacitaciones y las herramientas necesarias para que la cultura del mantenimiento preventivo basado en RCM sea acogido y el personal tenga la información necesaria para la correcta ejecución de las actividades programadas esto con formación técnica en mecánica, electricidad y electrónica.

Con el paso del tiempo y la implementación del plan de mantenimiento, las frecuencias de las actividades de mantenimiento preventivo pueden ir cambiando, con forme a un personal más capacitado empiece a ser aportes e ir actualizando actividades y tiempos para beneficio de la operación.

Debido a la evaluación inicial de la empresa se evidencio la poca documentación que se tenía de la maquinaria siendo nueva e importada, está por la poca exigencia que tenía la compañía en cuanto a la solicitud de documentación técnica, por lo que se le recomienda a la empresa que al momento de adquirir maquinaria sea nueva o usada requiera toda la información técnica necesaria ya que es de vital importancia en la implementación y en la planificación de actividades preventivas.

Referencias Bibliográficas

- Tresde. (2020). *Todo lo que debes saber acerca del filamento pla – tresde*. Recuperado el 05 de agosto de 2021, de <https://tresde.pe/todo-lo-que-debes-saber-acerca-del-filamento-pla/>
- Carrión Nin, J. (2014). *Procesos de fabricación de productos plásticos*. Industrial Data, 3(1), 6. <https://doi.org/10.15381/idata.v3i1.6568>
- Aristegui Maquinaria. (2020). *Método de extrusión su proceso y aplicación*. Recuperado el 05 de agosto de 2021, de <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>
- Moubray, John. (2011). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. 1a ed. Gran Bretaña: Aladon Ltda., 2004.
- SAE JA1011. (1999). *Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*.
- Campos Barrientos, J., (2017). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Consultado el 16 de agosto de 2021, <https://www.slideshare.net/DiannaMagaaMtz/1-ing-josecampos-79449803>
- Locker, A., (2020). *Filamento PETG: todo sobre el filamento 3D*. Recuperado el 05 de agosto de 2021, de <https://all3dp.com/es/1/filamento-petg-impresion-3d/>

Apéndices

Apéndice A. Hoja de Información del RCM de la Línea de Producción de Filamento para Impresión 3D

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
Producir filamento para impresión 3D, de 1.75 mm de espesor, a una velocidad de 3Kg/h para obtener carretes de 1 kg con los	A No es capaz de procesar filamento	1	Falla del sistema a tierra de la extrusora	1,1	Perdidas mecánicas	1,1,1	conexiones entre el conductor de puesta a tierra y los electrodos flojos	Se genera una parada de la línea de extrusión, debido a la operación con corrientes peligrosas, dañando los elementos electrónicos como los variadores de velocidad Tiempo de paro de la línea: 15 días			
				1,2	Condiciones ambientales	1,2,1	Perdida de agarre de las derivaciones de los conectores de la línea de extrusión a tierra creando puntos de mal contacto eléctrico Presencia de humedad en el área	Al tener las conexiones eléctricas presencia de humedad o corrosión se generan cortos			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal colores requeridos por el área de producción.	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2 adversas	N	Modo de falla Nivel 3			Efecto de falla	
						1,2,2	Presencia de corrosión en los contactos de tierra			circuitos inhabilitando la línea de producción, generando daños en elementos electrónicos.	
						1,2,3	Reacc			Tiempo de paro de la línea: 20 días	
							iones químicas indeseadas de los elementos en donde se encuentra instalado la tierra				
				1,3	Pérdida de capacidad de trasiego de corrientes peligrosas	1,3,1	Paso de caminos con menor resistencia a la maquinaria			Al generarse caminos accidentales para la electricidad con menor resistencia eléctrica se ve afectado los componentes eléctricos de la maquinaria. Ocasionando parada de planta	
										Tiempo de paro de la línea: 20 días	
	A	No es capaz de procesar filamento	2	El display de la extrusora no permite accionar el parámetro de	2,1	Perdidas de energía eléctrica	2,1,1	Cable de alimentación en mal estado		Con cableados en mal estado el display no puede operar lo que genera que la maquina no pueda ser iniciada generando una parada de planta y no iniciar la producción.	
							2,1,2	Mala conexión en la fuente		Tiempo de paro de la línea: 3 días	

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1 prendido y apagado	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3 de poder del display	Efecto de falla			
				2,2	Mal contacto de cable de información	2,2,1	Daño en el displayport	se genera una parada de la línea de extrusión, debido al daño del display port que puede iniciar la maquinaria y apagarla en el momento que pierda contacto eléctrico Tiempo de paro de la línea: 2 días			
						2,2,2	Suciedad en el cable de entrada VGA				
				2,3	Perdida de señal de la tarjeta de video con el display	2,3,1	Suciedad en los contactos del display	Se genera una parada de planta al tener suciedad el cable que comunica el display con el PLC de la línea de extrusión, por apagado provocado por perdida de continuidad eléctrica.			
						2,3,2	Perdida de señal con el PLC	Tiempo de paro de la línea: 4 horas			
	A	No es capaz de procesar filamento	3	El display de la extrusora no permite accionar el inicio del motor	3,1	Mal contacto de cable de alimentación del motor	3,1,1	Suciedad en el cable de alimentación del motor eléctrico	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar el movimiento del tornillo extrusor. Tiempo de parada: 3 horas		
						3,1,2	Cable roto o en mal estado perdiendo continuidad eléctrica				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
				3,2	Perdida de señal del variador de velocidad	3,2,1	Contacto del variador de velocidad en mal estado	Con un daño en el variador de velocidad no se puede generar las revoluciones a las que debe iniciar el motor de la extrusora, generando una parada de plana. Tiempo de parada: 5 días			
	A No es capaz de procesar filamento	4	La extrusora no funde el material	4,1	Perdida de temperatura en el barril de la Extrusora	4,1,1	Cables de las resistencias eléctricas en mal estado	Al no funcionar las resistencias eléctricas no se genera el aumento de calor necesario para fundir el material, por lo que la línea entrada en parada. Tiempo de parada: 2 horas			
						4,1,2	Fallo en los controles de temperatura				
						4,1,3	Resistencias eléctricas en corto circuito				
				4,2	perdida de presión en el barril de extrusión	4,2,1	Barril con presencia de corrosión	Se presenta fuga del material aumentando desperdicios y que sea imposible hilar el filamento. Por lo que es necesario una parada de planta.			
						4,2,2	Grietas en el barril de extrusión				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
								Tiempo de parada: 15 días			
				4,3	Desgaste mecánico del barril de la extrusora	4,3,1	Desgaste del barril por fricción con el tornillo sin fin	Debido al desgaste que se genera en el barril, el tornillo sin fin no puede transportar material, generando una acumulación en la zona de alimentación, esto genera una parada de planta. Tiempo de parada: 25 días			
						4,3,2	Desgaste del barril por acumulación de material				
						4,3,3	Desgaste del barril por fricción debido a partículas en el interior de la extrusora				
	A	No es capaz de procesar filamento	5	La extrusora no transporta el material	5,1	Desgaste mecánico en el tornillo de extrusión	5,1,1	Desgaste del tornillo por fricción con el barril de extrusión	Debido al desgaste que se produce en el tornillo sin fin no puede transportar material, generando una acumulación en la zona de alimentación, esto genera una parada de planta. Tiempo de parada: 25 días		
							5,1,2	Desgaste del tornillo por acumulación de material			
							5,1,3	Desgaste del tornillo por			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla				
							Fricción debido a partículas en el interior de la extrusora					
				5,2	atascamiento de alimentación en la tolva	5,2,1	desgaste en los rodamientos de compuerta de la tolva	Se presenta fuga del material aumentando desperdicios y la imposibilidad de entrada de material a la zona de alimentación de la extrusora. Por lo que es necesario una parada de planta. Tiempo de parada: 5 días				
						5,2,2	lamina con desgaste excesivo					
				5,3	obstrucción de contaminación en el barril de extrusión	5,3,1	materia prima acumulado	Se genera un flujo desigual en la salida de la extrusora, por lo que no es posible realizar el proceso de hilado. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 3 días				
						5,3,2	viruta o material metálico generando atascamiento					
	A	No es capaz de procesar filamento	6	La extrusora no varía velocidad en el motor.	6,1	Alto amperaje en el motor	6,1,1	baja temperatura en las resistencias eléctricas	Se presenta sobre amperaje en el motor lo que genera recalentamiento y activación de protección automática que deshabilita la maquinaria, generando una parada de planta.			
						6,1,2	atascamiento de material					

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
							en el barril de extrusión	Tiempo de parada: 5 días			
						6,1,3	desconfiguración de frecuencia de arranque en el variador de velocidad				
		6,2	Daño en el variador de velocidad	6,2,1	daño en tarjeta electrónica del variador			Se deshabilita la opción de variar los rpm del motor, generando la imposibilidad de producción de filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 10 días			
				6,2,2	mala conexión eléctrica entre el variador y el motor						
		6,3	daño en la caja reductora de la extrusora	6,3,1	desajuste del mecanismo tornillo sin fin – corona			Sin la operación de la caja reductora el tornillo sin fin queda con giro libre, deshabilitando totalmente la extrusora. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 35 días			
				6,3,2	desgaste en los rodamientos de salida de la caja reductora						
						6,3,3	fugas de aceite por los retenedores				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
A	No es capaz de procesar filamento	7	La extrusora no homogeniza el masterbatch o colorante con la materia prima	7,1	velocidades del motor inconstantes	7,1,1	daño de conexión eléctrica con el variador de velocidad	Al presentarse variaciones en los rpm del motor, no se garantiza la calidad de diámetro constante en el filamento, generando la imposibilidad de producción de filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
						7,1,2	desajuste en la caja reductora de la extrusora				
						7,1,3	falla de conexión eléctrica en el motor				
				7,2	fricción entre el tornillo y el barril de la extrusora	7,2,1	desgaste mecánico del tornillo	Con un aumento en la fricción del tornillo sin fin y el barril de la extrusora se presenta disminuciones de velocidad lo que no homogeniza correctamente el color del filamento. Se presenta una parada de planta tiempo de parada de planta: 15 días			
						7,2,2	desgaste mecánico del barril				
				7,3	atascamiento por contaminación en el barril	7,3,1	acumulación de materia prima en el barril	Al generarse atascamiento en la extrusora se presentan fugas de material y taponamientos. Se presenta una parada de planta tiempo de parada de planta: 15 días			
						7,3,2	presencia de contaminación metálica en el barril de la extrusora				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	A No es capaz de procesar filamento	8	La extrusora no genera un flujo constante de material para filamento	8,1	atascamiento de alimentación en la tolva	8,1,1	desgaste en los rodamientos de compuerta de la tolva	Se presenta fuga del material aumentando desperdicios y la imposibilidad de entrada de material a la zona de alimentación de la extrusora. Por lo que es necesario una parada de planta. Tiempo de parada: 5 días			
				8,2	daño en la caja reductora de la extrusora	8,2,1	desajuste del mecanismo tornillo sin fin – corona	Sin la operación de la caja reductora el tornillo sin fin queda con giro libre, deshabilitando totalmente la extrusora. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 35 días			
				8,3	desgaste mecánico en el tornillo de extrusión	8,3,1	desgaste del tornillo por fricción con el barril de extrusión	Debido al desgaste que se produce en el tornillo sin fin no puede transportar material, generando una acumulación en la zona de alimentación, esto genera una parada de planta. Tiempo de parada: 25 días			
						8,3,2	desgaste del tornillo por acumulación de material				
						8,3,3	desgaste del tornillo por				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
							fricción debido a partículas en el interior de la extrusora				
	A No es capaz de procesar filamento	9	El tanque de refrigeración no contiene el nivel necesario para la producción	9,1	perdida de flujo eléctrico en la bomba del tanque de refrigeración	9,1,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin la operación de la bomba de agua no se logra refrigerar el filamento y se genera una cristalización del material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
				9,2	obstrucción del fluido de los tanques de agua a la línea de refrigeración	9,2,1	mangueras con taponamiento por contaminación	Si se genera una obstrucción en las mangueras de alimentación de la piscina de refrigeración no se logra refrigerar el filamento y se genera una cristalización del material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
				9,2,2		9,2,2	manguera doblada en la alimentación de la línea de refrigeración				
				9,3	taponamiento de válvulas de regulación de	9,3,1	daño del empaque del vástago de la válvula	Sin la operación de las válvulas de regulación del agua de refrigeración, se genera una cristalización del material. Esto			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2 fluido	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
						9,3,2	acumulación de material particulado en las válvulas	provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
	A No es capaz de procesar filamento	10	El tanque de refrigeración no genera la temperatura de calentamiento de agua	10,1	perdida de flujo eléctrico en las resistencias eléctricas de los tanques de almacenamiento de agua	10,1,1	cableado eléctrico en mal estado	Si no se genera temperatura en el agua de refrigeración, el filamento sufrirá de choques térmicos lo que afectará la calidad de resistencia del filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 1 día			
				10,2	perdida de comunicación entre el panel de control y el PLC	10,2,1	cable de comunicación en mal estado	Si no se genera temperatura en el agua de refrigeración, el filamento sufrirá de choques térmicos lo que afectará la calidad de resistencia del filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 5 día			
				10,2,2		10,2,2	mal contacto de la entrada del panel de control				
	A No es capaz de procesar	11	El motor halador no	11,1	perdida de flujo eléctrico en el	11,1,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin la operación del motor eléctrico no se logra dar espesor al filamento por lo que no			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional filamento	N	Modo de falla Nivel 1 mueve los rodillos	N	Modo de falla Nivel 2 motor eléctrico	N	Modo de falla Nivel 3 embobinado quemado	Efecto de falla			
						11,1,2		se puede producir filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
				11,2	rodillos no transmiten velocidad del motor	11,2,1	rodamiento en mal estado	Sin la operación de los rodillos no se logra dar espesor al filamento por lo que no se puede producir filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 5 horas			
				11,3	perdida de comunicación entre el panel de control y el PLC	11,3,1	cable de comunicación en mal estado	Al no establecerse la comunicación del panel de control y el PLC el cual envía la señal al motor eléctrico encargado de mover el halador, no se puede dar un grosor establecido al filamento, por lo que no se puede producir y la planta entra en una parada. tiempo de parada: 4 días			
	A No es capaz	12	No se puede	12,1	Daño en el	12,1,1	daño en tarjeta electrónica	Se deshabilita la opción de variar las rpm			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	de procesar filamento		variar la velocidad del halador de filamento		variador de velocidad	12,1,2	del variador mala conexión eléctrica entre el variador y el motor	del motor, generando la imposibilidad de producción de filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 10 días			
				12,2	perdida de flujo eléctrico en el motor eléctrico	12,2,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin la operación del motor eléctrico no se logra dar espesor al filamento por lo que no se puede producir filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
						12,2,2	embobinado quemado				
A	No es capaz de procesar filamento	13	Las resistencias de la extrusora no generan temperatura	13,1	perdida de flujo eléctrico en las resistencias eléctricas	13,1,1	cableado eléctrico en mal estado	Si no se genera temperatura en la extrusora, el material no puede ser fundido. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 1 día			
						13,1,2	mal contacto eléctrico en los bornes de las resistencias				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	A	14	La tolva de secado no llega a 60°C	14,1	perdida de flujo eléctrico en la resistencia de la tolva	14,1,1	cableado eléctrico en mal estado	Si no se genera temperatura en la tolva, el material no tendrá la etapa de secado, por lo que se produce humedad en el material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 día			
				14,2	no se genera calor en la tolva	14,2,1	resistencias eléctricas quemadas	Si no se genera temperatura en la tolva, el material no tendrá la etapa de secado, por lo que se produce humedad en el material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 día			
				14,2,2		14,2,2	resistencia eléctrica con poco contacto eléctrico				
				14,3	perdida de flujo de aire caliente	14,3,1	el extractor no tiene flujo de corriente eléctrica	Si no se genera temperatura en la tolva, el material no tendrá la etapa de secado, por lo que se produce humedad en el material.			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
						14,3,2	perdida de área en las aspas del extractor	Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 día			
						14,3,3	motor del extractor quemado				
	A No es capaz de procesar filamento	15	La embobinadora no enrolla el filamento	15,1	perdida de movimiento del eje de la embobinadora	15,1,1	daño de los rodamientos del eje del embobinador	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar el movimiento del eje de la embobinadora. Tiempo de parada: 3 horas			
					15,1,2	daño del acople del eje al motor					
				15,2	perdida de flujo eléctrico	15,2,1	cableado eléctrico en mal estado	Con la pérdida del flujo eléctrico no se enciende el embobinador, sin esto no se pueden embobinar el filamento. Generando una parada de planta tiempo de parada: 4 horas			
						15,2,2	conexión al motor en corto circuito				
	A No es capaz de procesar filamento	16	El winder de la embobinadora no realiza su movimiento	16,1	perdida de movimiento del eje del winder	16,1,1	daño de los rodamientos del eje del embobinador	Sin el movimiento del winder no se puede embobinar distribuida mente el filamento, esto provoca que no se puedan enrollar filamentos de 1 kg. Generando una parada			
						16,1,2	daño del acople del eje al				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla de planta. tiempo de parada: 3 horas				
							motor					
					16,2	error del variador de velocidad del winder	16,2,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin el funcionamiento del variador de velocidad, no se logra regular la velocidad angular por lo que el filamento no podría embobinarse generando una parada de planta.			
							16,2,2	variador de velocidad en corto eléctrico	tiempo de parada: 4 horas			
					16,3	motor eléctrico del winder sin funcionamiento	16,3,1	motor eléctrico del winder con mala conexión eléctrica	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar el embobinado del filamento. Tiempo de parada: 3 horas			
							16,3,2	embobinado del motor eléctrico quemado				
							16,3,3	motor eléctrico sin señal con el variador de velocidad				
	B	No cumple	1	La extrusora no	1,1	Perdida de	1,1,1	daño en el piñón de la caja	Sin el movimiento correcto de la caja			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	con el valor de producción de 3KG/hora		opera a una velocidad de 1000 rpm		revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	1,1,2	reductora perdida de aceite de la caja reductora	reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				1,2	Atascamiento dentro del barril de la extrusora	1,2,1 1,2,2	materia prima acumulado viruta o material metálico generando atascamiento	Generándose atascamiento en el barril de la extrusora, el material no fluye de manera constante generando una parada de planta tiempo de parada: 10 días			
				1,3	sobrecalentamiento del motor eléctrico	1,3,1 1,3,2 1,3,3	elevada temperatura debido a falta de refrigeración sobre amperaje producido en el motor eléctrico falta de lubricación en la caja reductora	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar la extrusión de la materia prima. Tiempo de parada: 5 horas			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	B No cumple con el valor de producción de 3KG/hora	2	El halador no opera a más de 600 rpm	2,1	Perdida de revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	2,1,1	daño en el piñón de la caja reductora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				2,2	Atascamiento dentro del barril de la extrusora	2,2,1	materia prima acumulado	generándose atascamiento en el barril de extrusora, el material no fluye de manera constante generando una parada de planta tiempo de parada: 10 días			
				2,3	sobrecalentamiento del motor eléctrico	2,3,1	elevada temperatura debido a falta de refrigeración	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar la extrusión de la materia prima. Tiempo de parada: 5 horas			
						2,3,2	sobre amperaje producido en el motor eléctrico				
						2,3,3	falta de lubricación en la caja reductora				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	B No cumple con el valor de producción de 3KG/hora	3	El embobinador opera a una velocidad menor a 300 rpm	1,1	Perdida de revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	1,1,1	daño en el piñón de la caja reductora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				1,2	Atascamiento dentro del barril de la extrusora	1,2,1	materia prima acumulado	generándose atascamiento en el barril de la extrusora, el material no fluye de manera constante generando una parada de planta tiempo de parada: 10 días			
				1,2,2		1,2,2	viruta o material metálico generando atascamiento				
				1,3	sobrecalentamiento del motor eléctrico	1,3,1	elevada temperatura debido a falta de refrigeración	Debido a que el motor eléctrico no inicia la operación se genera una parada de planta ya que sin este no se puede generar la extrusión de la materia prima. Tiempo de parada: 5 horas			
						1,3,2	sobre amperaje producido en el motor eléctrico				
						1,3,3	falta de lubricación en la caja reductora				
	C El grosor del	1	Incorrecta	1,1	frecuencias	1,1,1	desajuste en el	Debido a un desajuste en las frecuencias			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1 parametrización	N	Modo de falla Nivel 2 elevadas en el variador de velocidad	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	filamento es inestable no mantiene 1.75 mm		de los variadores de velocidad	1,2	mala conexión eléctrica	1,2,1	potenciómetro del variador cable del variador quemado	del variador no se puede parametrizar correctamente la velocidad de extrusión lo que genera una parada de planta. Tiempo de parada: 4 horas			
						1,2,2	mal contacto eléctrico en los bornes del variador	Si se presenta una mala conexión eléctrica el variador comienza a fallar, generando un desequilibrio en la velocidad de extrusión por lo que se presenta una parada de planta. Tiempo de parada: 3 horas			
				1,3	componentes electrónicos quemados	1,3,1	sobre amperaje producido en el motor eléctrico	Debido a los sobre amperajes, la velocidad de la extrusora no se mantiene y se presenta una parada de planta. Tiempo de parada: 10 días			
	c El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm	2	La materia prima presenta humedad	2,1	resistencia de la tolva no genera calor	2,1,1	resistencia eléctrica con poco contacto eléctrico	Al no generar calor la tolva, la materia prima no pasa por su proceso de secado, generando una extrusión de un material con alta humedad, esto provoca una parada de planta. Tiempo de parada: 5 horas			
						2,1,2	cable de la resistencia quemado				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
				2,2	ventilador de aire caliente no tiene la velocidad adecuada	2,2,1	motor eléctrico quemado	Sin un flujo de entrada de aire caliente, se genera un material con altos contenidos de humedad. Por lo que la extrusión es deficiente generando una parada de planta. Tiempo de parada: 5 horas si se presenta una salida de flujo de aire caliente, se genera un material con altos contenidos de humedad. Por lo que la extrusión es deficiente generando una parada de planta. Tiempo de parada: 5 horas			
				2,3	fugas de aire caliente de la tolva	2,3,1	tapa superior de la tolva con fisuras				
						2,3,2	Platina de entrada de material inferior con fisuras				
	c El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm	3	El tornillo extrusor presenta problemas en la velocidad de arrastre	3,1	desgaste mecánico en el tornillo de extrusión	3,1,1	desgaste del tornillo por fricción con el barril de extrusión	Debido al desgaste que se produce en el tornillo sin fin no puede transportar material, generando una acumulación en la zona de alimentación, esto genera una parada de planta. Tiempo de parada: 25 días			
						3,1,2	desgaste del tornillo por acumulación de material				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
				3,2	Perdida de revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	3,2,1	daño en el piñón de la caja reductora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				3,3	obstrucción de contaminación en el barril de extrusión	3,3,1	desgaste del tornillo por fricción con el barril de extrusión	generándose atascamiento en el barril de la extrusora, el material no fluye de manera constante generando una parada de planta tiempo de parada: 10 días			
						3,3,2	viruta o material metálico generando atascamiento				
	c El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm	4	La extrusora no llega al parámetro de temperatura de 210 °C	4,1	perdida de temperatura en el barril de la extrusora	4,1,1	cables de las resistencias eléctricas en mal estado	Al no funcionar las resistencias eléctricas no se genera el aumento de calor necesario para fundir el material, por lo que la línea entrada en parada. Tiempo de parada: 2 horas			
						4,1,2	fallo en los controles de temperatura				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
				4,2	perdida de flujo eléctrico en las resistencias eléctricas	4,2,1	cableado eléctrico en mal estado	Si no se genera temperatura en la extrusora, el material no puede ser fundido. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 1 día			
	c El grosor del filamento es inestable no mantiene 1.75 mm	5	La temperatura del agua del tanque de refrigeración no alcanza los 60 °C	5,1	perdida de flujo eléctrico en la bomba del tanque de refrigeración	5,1,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin la operación de la bomba de agua no se logra refrigerar el filamento y se genera una cristalización del material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
				5,2	Perdida de flujo eléctrico en las resistencias	5,2,1	mala conexión eléctrica en los bornes de las resistencias	Sin tener el agua a una temperatura de 60 grados Celsius, se generan choques térmicos y una cristalización del material. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
						5,2,2	cable de conexión eléctrica con daño				
	D El embobinado es poco parejo y presenta	1	Asincronismo entre el variador del halador de la extrusora y el	1,1	Perdida de revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	5,1,1	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la extrusora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta.			
						5,1,2	daño en el rodamiento de				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	entrecruce del filamento		variador de velocidad de la embobinadora				acople entre la caja reductora y el eje del motor de la extrusora	tiempo de parada: 15 días			
		1,2			perdida de revoluciones en la caja reductora del motor de la embobinadora	5,2,1	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la embobinadora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la embobinadora no puede llegar a 600 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta.			
						5,2,2	daño en el rodamiento de acople entre la caja reductora y el eje del motor de la embobinadora	tiempo de parada: 15 días			
	D El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento	2	Incorrecta parametrización inicial de la embobinadora	2,1	tornillo sin fin de la embobinadora con daño	5,1,1	falta de lubricación en el tornillo sin fin	Debido al desgaste que se produce en el tornillo sin fin no puede embobinar, generando una acumulación de material con mal embobinado, esto genera una parada de planta.			
						5,1,2	desgaste del tornillo por incrustaciones de materiales	Tiempo de parada: 25 días			
				2,2	winder con alto porcentaje de	5,2,1	rodamiento del winder en mal estado	Sin el movimiento correcto del winder la embobinadora no logra embobinar el hilo			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2 fricción	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
						5,2,2	eje de desplazamiento del winder sin lubricación	de una manera pareja generando atascos en el hilo. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
	D El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento	3	El winder de la embobinadora presenta atascamiento	3,1	winder con alto porcentaje de fricción	5,1,1	rodamiento del winder en mal estado	Sin el movimiento correcto del winder la embobinadora no logra embobinar el hilo de una manera pareja generando atascos en el hilo. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				3,2	daño en la caja reductora del motor	5,2,1	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la embobinadora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la embobinadora no puede llegar a 600 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
	D El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce	4	Atascamiento del rodillo de embobinado	4,1	daño en los rodamientos del eje del winder	5,1,1	rodamiento del winder en mal estado por falta de lubricación	Sin el movimiento correcto del winder la embobinadora no logra embobinar el hilo de una manera pareja generando atascos en el hilo. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
						5,1,2	desgaste del rodamiento por ciclo de vida cumplido				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Función principal	Falla funcional del filamento	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla				
				4,2	perdida de alineación del eje del winder	5,2,1	desgaste por fricción del eje	Presencia de asincronismo en el winder lo que genera un mal embobinado y atascamientos del hilo. Esto provoca una parada de planta tiempo de parada: 10 días				
	D El embobinado es poco parejo y presenta entrecruce del filamento	5	El motor de la embobinadora no tiene una velocidad constante	5,1	daño en la caja reductora de la embobinadora	5,1,1	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la embobinadora	Con el daño de la caja reductora la embobinadora no logra embobinar el hilo de una manera pareja generando atascos en el hilo. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días				
					5,2	Fallo del variador de velocidad de la embobinadora	5,2,1	conexión eléctrica en mal estado	Sin el funcionamiento del variador de velocidad, no se logra regular la velocidad angular por lo que el filamento no podría embobinarse generando una parada de planta.			
						5,2,2	variador de velocidad en corto eléctrico	tiempo de parada: 4 horas				
	E El filamento	1	La materia	1,1	daño en la caja	1,1,1	daño en el mecanismo sin	Sin el movimiento correcto de la caja				

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	presenta un color inestable con mala calidad		prima fue mal premezclada por el mixer		reductora del mixer	1,1,2	fin corona de la caja reductora del mixer daño en el rodamiento de acople entre la caja reductora y el eje del motor del mixer	reductora del mixer el material no se puede mezclar homogéneamente presentando inestabilidad en el material. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
				1,2	daño del rodamiento de acople del eje del motor	1,2,1 1,2,2	rodamiento del mixer en mal estado por falta de lubricación desgaste del rodamiento por ciclo de vida cumplido				
	E El filamento presenta un color inestable con mala calidad	2	La tolva de la extrusora no está precalentando a 60 °C	2,1	las resistencias eléctricas no están generando calor	2,1,1 2,1,2	cables de las resistencias eléctricas en mal estado resistencias eléctricas en corto circuito	Al no funcionar las resistencias eléctricas no se genera el aumento de calor necesario para secar el material, por lo que la línea entrada en parada. Tiempo de parada: 2 horas			
	E El filamento	3	Los rodillos del	3,1	rodillos no	3,1,1	conexión eléctrica en mal	Sin la operación del motor eléctrico no se			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
	presenta un color inestable con mala calidad		halador no tienen la velocidad requerida		transmiten velocidad del motor	3,1,2	estado embobinado quemado	logra dar espesor al filamento por lo que no se puede producir filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 3 horas			
				3,2	rodillos no tranmiten velocidad del motor	3,2,1 3,2,2	rodamiento en mal estado desacople entre eje del motor y eje de rodillos	Sin la operación de los rodillos no se logra dar espesor al filamento por lo que no se puede producir filamento. Esto provoca una parada de planta. tiempo de parada: 5 horas			
	E El filamento presenta un color inestable con mala calidad	4	Se presentan variaciones de velocidad indeseada en el equipo embobinador	4,1	Perdida de revoluciones en la caja reductora del tornillo extrusor	4,1,1 4,1,2	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la extrusora daño en el rodamiento de acople entre la caja reductora y el eje del motor de la extrusora	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la extrusora no puede llegar a 1000 rpm la cual es la velocidad para generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 10 días			
				4,2	perdida de revoluciones en la caja reductora del	4,2,1	daño en el mecanismo sin fin corona de la caja reductora de la	Sin el movimiento correcto de la caja reductora la embobinadora no puede llegar a 600 rpm la cual es la velocidad para			

Hoja de información del RCM	Sistema	Línea de Extrusión de Filamento						Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
"INDEMEC"								1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Función principal	Falla funcional	N	Modo de falla Nivel 1	N	Modo de falla Nivel 2	N	Modo de falla Nivel 3	Efecto de falla			
					motor de la embobinadora		embobinadora	generar la máxima capacidad de la máquina. Generando una parada de planta. tiempo de parada: 15 días			
						4,2,2	daño en el rodamiento de acople entre la caja reductora y el eje del motor de la embobinadora				
	E El filamento presenta un color inestable con mala calidad	5	El carrete de filamento tiene un peso menor o mayor a 1000 gramos	5,1	sensor de revoluciones tiene variaciones de medida	5,1,1	corto eléctrico en el sensor de revoluciones	Sin el embobinado correcto y el peso para salir a venta no se asegura la calidad del producto, generando mala calidad en el producto final. Se produce una parada de planta. tiempo de parada: 20 días			
						5,1,2	sensor quemado por sobrevoltaje				

Apéndice B. Hoja de decisión del RCM de la línea de producción de producción de filamento para impresión 3D

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							Q1	Q2	2	N	4	5	4				
							N1	N2	2								
1	A	1,1,1	N				S							A condición	verificar el estado de los bornes de puesta a tierra de la línea de extrusión	Semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	1,1,2	N				S							A condición	verificar el estado de las conexiones de las diferentes derivaciones a tierra de la línea de extrusión	Semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	1,2,1	N				S							A condición	verificar bajo inspección visual que no se presente humedad o presencia de líquidos en la zona	Semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	1,2,2	N				S							A condición	verificar que no se presente corrosión en los bornes de las conexiones de puesta a tierra de la línea de extrusión	Semanal	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O								
1	A	1,2,3	N				S			A condición	verificar bajo inspección visual que no se presente reacciones químicas (sulfatos) en los bornes de las conexiones de puesta a tierra de la línea de extrusión	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	1,3,1	N				S			A condición	verificar que no se encuentren uniones eléctricas indeseadas donde se pierda la conexión de puesta a tierra de la línea de extrusión	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	2,1,1	S	N	N	S	S			A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable de alimentación del display	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	2,1,2	S	N	N	S	S			A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable de alimentación a la fuente de poder de alimentación del display	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja				
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H	H	S					
										4	5	4					
1	A	2,2,1	N				S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable de alimentación del DisplayPort	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	2,2,2	N				S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable VGA del display de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	2,3,1	N				S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable VGA del display de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	2,3,2	N				S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmonte y Limpieza del interior de los contactos electrónicos de la tarjeta del display de la línea de extrusión	trimestral	Técnico electrónico	
1	A	3,1,1	N				S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmonte y Limpieza del interior de las conexiones eléctricas de los motores eléctricos de la línea de extrusión	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico	

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O			H	H	S				
									4	5	4				
1	A	3,1,2	N				S					A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	3,2,1	N				S					A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la extrusora	mensual	Técnico electrónico
1	A	3,2,2	N				S					A condición	revisar el estado de los componentes electrónicos y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la extrusora	mensual	Técnico electrónico
1	A	4,1,1	S	N	N	S	S					A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la extrusora	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,1,2	S	N	N	S	S					A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los controles de activación de las resistencias eléctricas	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	S2	Q	H	H	S				
										2	4	5	4				
1	A	4,1,3	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la extrusora	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,2,1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,2,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el barril cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,3,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el barril cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,3,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el barril cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	4,3,3	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el barril cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	5,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el tornillo extrusor cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"										Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q						
							N1	N2	N	H	H	S			
									2	4	5	4			
1	A	5,1,2	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionamient	Desmontaje y limpieza general del	anual	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	tornillo de la extrusora		eléctrico		
1	A	5,1,3	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionamient	Desmontaje y limpieza general del	anual	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	tornillo de la extrusora		eléctrico		
1	A	5,2,1	N				N	N	N	N	N				
										Ningún	Cambiar del rodamiento de la tolva	al falló	Técnico Mecánico -		
										mantenimiento	cuando falle		eléctrico		
										programado					
1	A	5,2,2	N					S							
										Reacondicionamient	Desmonte, lubricación y limpieza	semestral	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	de la lámina de compuerta de la		eléctrico		
											tolva				
1	A	5,3,1	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionamient	Desmontaje y limpieza general del	anual	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	barril de la extrusora		eléctrico		
1	A	5,3,2	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionamient	Desmontaje y limpieza general del	anual	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	barril de la extrusora		eléctrico		
1	A	6,1,1	S	N	N	S	S								
										A condición	revisar el estado y continuidad	bimensual	Técnico Mecánico -		
											eléctrica de los cables de las		eléctrico		
											resistencias eléctricas de la				
											extrusora				
1	A	6,1,2	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionamient	Desmontaje y limpieza general del	anual	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	barril de la extrusora		eléctrico		

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O			H 4	H 5	S 4				
1	A	6,1,3	N				S					A condición	revisar el estado de los componentes electrónicos y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la extrusora	mensual	Técnico electrónico
1	A	6,2,1	S	N	N	S	N	S				Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y verificación de los circuitos electrónicos de la tarjeta del variador de velocidad de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	6,2,2	N				S					A condición	verificar la correcta conexión eléctrica entre los variadores de velocidad y los motores eléctricos del sistema de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	6,3,1	N				S					A condición	verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora y el tornillo extrusor	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	6,3,2	S	N	N	S	N	S				Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y cambio del rodamiento de acople del eje del motor con la caja reductora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q							
							N1	N2	N2	N	H	H	S				
										2	4	5	4				
1	A	6,3,3	N				S							A condición	verificar bajo inspección visual que no se encuentre fugas de aceite por los retenedores de la caja reductora de la extrusora	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	7,1,1	N				S							A condición	verificar la correcta conexión eléctrica entre los variadores de velocidad y los motores eléctricos del sistema de extrusión	mensual	Técnico electrónico
1	A	7,1,2	N				S							A condición	verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora y el tornillo extrusor	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	7,1,3	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	7,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el barril cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"							Sistema	Línea De Extrusión De Filamento					Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
													1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							Q1	Q2	2	N	4	5	4				
							N1	N2	2	N							
1	A	8,3,1	N				N	N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambiar el tornillo extrusor cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	8,3,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	8,3,3	N				N	N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambiar el tornillo extrusor cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	9,1,1	N					S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmante y cambio de cableado en estado de deterioro o mala conductividad eléctrica	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	9,1,2	N				N	N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambio de la bomba eléctrica de refrigeración cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	9,2,1	N					S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmante y limpieza de las mangueras del sistema de refrigeración	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	9,2,2	N				S							A condición	verificar el correcto acople y estado de las mangueras del sistema de refrigeración	diario	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema			Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
								1	Jhonatan Escobar		11/10/2021		1				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q	H	H	S					
							N1	N2	N2	2	4	5	4				
1	A	9,3,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar las válvulas del sistema de refrigeración cuando presenten fallo	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	9,3,2	N					S						Reacondicionamiento o cíclico	verificar la apertura y cierre de las válvulas y realizar limpieza	diario	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	10,1,1	N					S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmante y cambio de cableado en estado de deterioro o mala conductividad eléctrica	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	10,1,2	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas del sistema de refrigeración	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	10,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el cable de comunicación cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	10,2,2	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado que entra al panel de control	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja			
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1			
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q							
							N1	N2	N	H	H	S				
									2	4	5	4				
1	A	11,1,1	N					S					Reacondicionamiento cíclico	Desmonte y cambio de cableado en estado de deterioro o mala conductividad eléctrica	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	11,1,2	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambio de la bomba eléctrica de refrigeración cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	11,2,1	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambiar el rodamiento del halador cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	11,2,2	N					S					A condición	verificar el correcto acople entra el eje del motor y eje de los rodillos	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	11,3,1	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado	Cambiar el cable de comunicación del PLC al display cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	11,3,2	N					S					A condición	revisar el estado de las conexiones al panel de control	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	12,1,1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y verificación de los circuitos electrónicos de la tarjeta del variador de velocidad de la extrusora	anual	Técnico electrónico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento				Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja	
													1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1	
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							N1	N2	N	2	4	5	4				
1	A	12,1,2	N				S							A condición	revisar el estado de las conexiones eléctricas entre los variadores y los motores eléctricos	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	12,2,1	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	12,2,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio de bobinado cuando el motor eléctrico falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	13,1,1	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la extrusora	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	13,1,2	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado de los bornes y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la extrusora	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	13,2,1	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cable de alimentación del display	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H	H	S					
										4	5	4					
1	A	13,2,2	N				S						A condición	revisar el estado de las conexiones al panel de control	semanal	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	14,1,1	S	N	N	S	S						A condición	revisar el estado de los bornes y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	14,1,2	S	N	N	S	S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	14,2,1	S	N	N	S	S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	14,2,2	N				S						A condición	verificar que se encuentren las uniones eléctricas con un buen contacto en el sistema de la tolva secadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	A	14,3,1	N				S						A condición	verificar el estado del cableado eléctrico para el funcionamiento de la tolva secadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja					
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1					
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q1	Q2	Q2	H	H	S				
							N1	N2	N	N	N	4	5	4				
1	A	14,3,2	N				N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	cambio de aspas del extractor de la tolva secadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	14,3,3	N				N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	cambio de motor del extractor de la tolva secadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	15,1,1	N				N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	Cambiar del rodamiento de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	15,1,2	N				S								A condición	Verificar el correcto acople entra el eje de la embobinadora al motor eléctrico.	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	15,2,1	N				S								A condición	verificar que se encuentren las uniones eléctricas con un buen contacto en el variador de velocidad de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	15,2,2	N				S								A condición	revisar el estado de los componentes electrónicos y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja				
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q1	Q2	N1	N2	N	H	H	S	
														2	4	5	4
1	A	16,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	N			
														Ningún	Cambiar del rodamiento de la	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
														mantenimiento programado	embobinadora cuando falle		
1	A	16,1,2	N				S							A condición	Verificar el correcto acople entra el eje de la embobinadora al motor eléctrico.	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	16,2,1	N				S							A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del variador de velocidad de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	16,2,2	N				S							A condición	revisar el estado de los componentes electrónicos y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	16,3,1	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico del motor eléctrico de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	A	16,3,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún	cambio de bobinado cuando el motor eléctrico falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
														mantenimiento programado			

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q	H	H	S					
							N1	N2	2	2	4	5	4				
1	A	16,3,3	N				S							A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del variador de velocidad de la embobinadora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora de la extrusora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,1,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,2,1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,2,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,3,1	N				S							A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del ventilador de refrigeración del motor eléctrico de la extrusora	diario	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	1,3,2	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"										Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q						
							N1	N2	N	H	H	S			
									2	4	5	4			
de extrusión															
1	B	1,3,3	S	N	N	S	N	S		Reacondicionamiento cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico		
1	B	2,1,1	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico		
1	B	2,1,2	S	N	N	S	N	S		Reacondicionamiento cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico		
1	B	2,2,1	S	N	N	S	N	S		Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico		
1	B	2,2,2	S	N	N	S	N	S		Reacondicionamiento cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico		
1	B	2,3,1	N				S			A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del ventilador de refrigeración del motor eléctrico de la extrusora	diario	Técnico Mecánico - eléctrico		

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"							Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja			
											1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1			
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q	H	H	S					
							N1	N2	2	2	4	5	4				
1	B	2,3,2	N				S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea de extrusión	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	2,3,3	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	3,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	3,1,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	3,2,1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	B	3,2,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del barril de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q					
							N1	N2	N2	N	H	H	S		
											2	4	5	4	
1	B	3,3,1	N				S				A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del ventilador de refrigeración del motor eléctrico de la embobinadora	diario	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	B	3,3,2	N				S				A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado eléctrico de los motores eléctricos de la línea de embobinado	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	B	3,3,3	S	N	N	S	N	S			Reacondicionamiento cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la embobinadora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	C	1,1,1	N				S				A condición	revisar el estado de los componentes electrónicos y continuidad eléctrica del variador de velocidad de la extrusora	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico	
1	C	1,2,1	N				S				A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del variador de velocidad de la embobinadora	diario	Técnico Mecánico - eléctrico	

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja			
										1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1			
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1 S1 Q1 N1	H2 S2 Q2 N2	H 2 S2 Q 2 N 2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H	H	S				
										4	5	4				
1	C	1,2,2	N				S						A condición	revisar el estado de los contactos eléctricos de las conexiones eléctricas del variador de velocidad de la extrusora	diario	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	1,3,1	N				S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmonte y Limpieza del interior de las conexiones eléctricas de los motores eléctricos de la línea de extrusión	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	2,1,1	S	N	N	S	S						A condición	revisar el estado de los bornes y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	2,1,2	S	N	N	S	S						A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	2,2,1	N				S						A condición	revisar el estado de las conexiones eléctrica del ventilador del motor eléctrico de la tolva secadora	diario	Operador

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							N1	N2	2	2	4	5	4				
1	C	2,2,2	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado de los bornes y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	2,3,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio de la tapa superior de la tolva cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	2,3,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio de la platina de entrada de material de la tolva cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	3,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar el tornillo extrusor cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	3,1,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del tornillo de la extrusora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	3,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	3,2,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la extrusora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							N1	N2	N	2	4	5	4				
1	C	5,1,1	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas del sistema de refrigeración	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	5,1,2	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambio de la bomba eléctrica de refrigeración cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	5,2,1	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los bornes de las resistencias eléctricas de la línea de refrigeración	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	C	5,2,2	S	N	N	S	S							A condición	revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas del sistema de refrigeración	bimensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	1,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							Q1	Q2	Q2	N	4	5	4				
1	D	1,1,2	N				S							A condición	verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora y el tornillo extrusor	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	1,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	1,2,2	N				S							A condición	Verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora de la embobinadora.	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	2,1,1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	cambio de aceite de la caja reductora de la embobinadora	semestral	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	2,1,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del tornillo de la embobinadora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	2,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar del rodamiento del winder de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	2,2,2	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento o cíclico	lubricación con aceite del eje del winder de la embobinadora	quincenal	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"							Sistema	Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
											1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q1	Q2	Q2				
							N1	N2	N2	N	N	N	4	5	4	
1	D	3,1,1	N				N	N	N	N	N	N				
													Ningún mantenimiento programado	Cambiar del rodamiento del winder de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	3,1,2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento o cíclico	lubricación con aceite del eje del winder de la embobinadora	quincenal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	3,2,1	N				N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	4,1,1	N				N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del eje del winder de la bobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	4,1,2	N				N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	Cambiar del rodamiento del winder de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	4,2,1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento o cíclico	lubricación con aceite del eje del winder de la embobinadora	quincenal	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	4,2,2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento o cíclico	Desmontaje y limpieza general del tornillo de la embobinadora	anual	Técnico Mecánico - eléctrico
1	D	5,1,1	N				N	N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado	cambio del piñón de la caja reductora de la embobinadora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"										Sistema	Línea De Extrusión De Filamento	Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q						
							N1	N2	N	H	H	S			
									2	4	5	4			
1	D	5,1,2	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionam	lubricación con aceite del eje del	quincenal	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	winder de la embobinadora		eléctrico		
1	D	5,2,1	N				S								
										A condición	revisar el estado de los contactos	diario	Técnico electrónico		
											eléctricos de las conexiones				
											eléctricas del variador de velocidad				
											de la bobinadora				
1	D	5,2,2	N				S								
										A condición	revisar el estado de los	mensual	Técnico electrónico		
											componentes electrónicos y				
											continuidad eléctrica del variador				
											de velocidad de la extrusora				
1	E	1,1,1	N				N	N	N	N					
										Ningún	cambio del piñón de la caja	al falló	Técnico Mecánico -		
										mantenimiento	reductora del mixer		eléctrico		
										programado					
1	E	1,1,2	N				N	N	N	N					
										Ningún	Cambiar del rodamiento de acople	al falló	Técnico Mecánico -		
										mantenimiento	de la caja reductora y el motor		eléctrico		
										programado	eléctrico del mixer cuando falle				
1	E	1,2,1	S	N	N	S	N	S							
										Reacondicionam	lubricación con aceite del eje de las	quincenal	Técnico Mecánico -		
										o cíclico	aspas del mixer		eléctrico		
1	E	1,2,2	N				N	N	N	N					
										Ningún	Cambiar del rodamiento de acople	al falló	Técnico Mecánico -		
										mantenimiento	de la caja reductora y el motor		eléctrico		

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema			Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
														1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2	Q	H	H	S				
							N1	N2	N2	2	4	5	4				
											programado		eléctrico del mixer cuando falle				
1	E	2,1,1	S	N	N	S	S				A condición		revisar el estado y continuidad eléctrica de los cables de las resistencias eléctricas de la tolva secadora	trimestral		Técnico Mecánico - eléctrico	
1	E	2,1,2	N				S				A condición		verificar el estado del cableado eléctrico para el funcionamiento de la tolva secadora	mensual		Técnico Mecánico - eléctrico	
1	E	3,1,1	N				S				A condición		revisar el estado y continuidad eléctrica del cableado del motor eléctrico del sistema del Halador	mensual		Técnico Mecánico - eléctrico	
1	E	3,1,2	N				N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		cambio de bobinado cuando el motor eléctrico del sistema del halador falle	al falló		Técnico Mecánico - eléctrico	
1	E	3,2,1	N				N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		Cambiar del rodamiento de los rodillos del halador cuando falle	al falló		Técnico Mecánico - eléctrico	
1	E	3,2,2	N				S				A condición		verificar el correcto acople entra el eje del motor, y los rodillos del	mensual		Técnico Mecánico - eléctrico	

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"							Sistema		Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja		
												1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1		
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H2	Acción a Falta de			Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	Q1	Q2	N1	N2					N
sistema del halador																	
1	E	4,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
									Ningún mantenimiento programado			cambio del piñón de la caja reductora de la extrusora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico			
1	E	4,1,2	N				S										
									A condición			verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora y el tornillo extrusor	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico			
1	E	4,2,1	N				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
									Ningún mantenimiento programado			cambio del piñón de la caja reductora de la extrusora cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico			
1	E	4,2,2	N				S										
									A condición			verificar el correcto acople entra el eje del motor, la caja reductora y el tornillo extrusor	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico			
1	E	5,1,1	N				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
									Ningún mantenimiento programado			cambio del sensor de movimiento cuando falle	al falló	Técnico Mecánico - eléctrico			
1	E	5,1,2	N				S										
									A condición			verificar el estado y conductividad del cableado eléctrico para el funcionamiento del sensor de moviente del sistema de	mensual	Técnico Mecánico - eléctrico			

Hoja de Decisión del RCM "INDEMEC"								Sistema		Línea De Extrusión De Filamento			Sistema No	Elaboró	Fecha	No de hoja
													1	Jhonatan Escobar	11/10/2021	1
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias					H1	H2	H2	Acción a Falta de	Tipo de Tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S2							
							Q1	Q2	Q							
							N1	N2	N	H	H	S				
									2	4	5	4				
embobinado																

Hoja de firmas

A large, bold, handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Director

A smaller, handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Escobar', positioned above a horizontal line.

____ Jhonatan Alejandro Escobar Fernández

c.c 1020792381

Nombre estudiante