

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial**



Propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos críticos del área de producción de la fábrica de productos de polietileno Foliaplast, basado en la metodología RCM II.

Por

**Celeste Gamboa Pacheco
Rodrigo Valderrama Gaete**

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial.

Profesor guía: Erik Schulze González

Septiembre, 2017

Agradecimientos

Siempre me ha gustado viajar, y creo que éste ha sido el viaje más largo de mi vida, el cual culmina con este trabajo de título. Agradecida de haber conocido y compartido con muchas personas, incluso creando lazos de amistad. Privilegiada de haber sido formada por grandes profesores, que dejaron huella no tan solo en la formación como ingeniero, sino también dejando enseñanzas de vida y valores.

Hoy en esta etapa final de mi vida Universitaria, quiero agradecer y dedicar éste logro a Dios y a mis padres, Sandra Pacheco y Eduardo Gamboa quienes me han apoyado incondicionalmente y han confiado en mí siempre. A mis hermanos que los adoro.

En particular quiero agradecer al señor Carlos Ubilla por darnos la oportunidad de realizar este trabajo en su empresa, y confiar en nosotros. Como también a sus trabajadores quienes colaboraron de manera desinteresada en este proyecto.

Dejar un reconocimiento a nuestro profesor guía Erick Schulze por sus consejos disponibilidad y dedicación.

También quiero agradecer a cada una de las personas que nos brindaron su apoyo y que de alguna u otra manera nos ayudaron en este proceso, en especial a Cindy Bernal.

*Sin duda el esfuerzo y la perseverancia son la clave del éxito, y con mi partner Rodrigo lo logramos, hicimos un buen trabajo en equipo, así que debo agradecer tu paciencia, tiempo, compromiso. Gracias amigo – **Celeste Gamboa Pacheco.***

Quiero comenzar agradeciendo a mis padres Fabián y Claudia por darme el cariño, la ayuda y el apoyo en cada momento. También agradezco a mi novia Lizhbet por creer en mí, tener la paciencia y apoyarme hasta el final de este camino.

No quiero dejar de agradecer a la Universidad de entregarme todas las herramientas necesarias, al profesor guía Erik Schulze por orientarnos, enseñarnos y persistir para lograr esta memoria de tesis.

*Finalmente agradecer a mi amiga y compañera Celeste Gamboa, que nunca se rindió y me entregó todo el apoyo para finalizar la carrera. – **Rodrigo Valderrama Gaete.***

Índice

Glosario	7
Abreviaturas y siglas	9
Simbología.....	13
Lista de figuras	14
Lista de tablas	15
Resumen	16
Summary	18
Introducción	20
Capítulo 1. Antecedentes generales	21
1.1 Descripción de la empresa	21
1.1.1 Organigrama de la empresa	22
1.1.2 Ubicación geográfica.....	23
1.1.3 Misión, visión y valores	23
1.1.4 Ficha empresarial.....	24
1.1.5 Productos elaborados	24
1.1.6 Demanda de productos del año 2016.....	25
1.1.7 Participación de los productos en la venta del año 2016.....	26
1.2 Descripción general de procesos	27
1.2.1 Proceso del área comercial	27
1.2.2 Proceso del área de producción	27
1.3 Situación actual y definición del problema	29
1.3.1 Análisis del problema (causas – consecuencias).....	35
1.4 Objetivos y resultados esperados	39
1.4.1 Objetivo general	39
1.4.2 Objetivos específicos	39

1.4.3	Resultados esperados	39
1.4.4	Alcances y limitaciones	40
Capítulo 2. Marco teórico		41
2.1	Falla.....	41
2.1.1	Clasificación de fallas.....	41
2.2	Mantenimiento	42
2.2.1	Objetivos del mantenimiento.....	42
2.2.2	Clasificación del mantenimiento	42
2.2.3	Indicadores de gestión de mantenimiento	45
2.3	Costos del mantenimiento	50
2.3.1	Costos de mantenimiento correctivo v/s preventivo.....	50
2.3.2	Cálculo de costos de mantenimiento correctivo	52
2.3.3	Cálculo de costos de mantenimiento preventivo.....	54
2.4	Metodologías para mantenimiento de equipos	55
2.4.1	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	55
2.4.2	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	56
2.4.3	Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE)	57
2.4.4	Inspección Basada en Riesgos (RBI).....	57
2.5	Selección de la metodología	59
Capítulo 3. Metodología		60
3.1	RCM II	60
3.1.1	Diagrama de flujo del RCM II	60
3.1.2	Las siete preguntas básicas del RCM II	61
3.1.3	Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE)	62
3.1.4	Árbol lógico de decisión RCM II.....	63
3.1.5	Procedimiento operativo estándar (POE).....	66
Capítulo 4. Aplicación de la metodología.....		67
4.1	Análisis de criticidad	67
4.2	Descripción de los sistemas críticos	72

4.2.1	Análisis modos de falla y efectos (AMFE)	76
4.2.2	Árbol lógico de la decisión RCM II	76
4.2.3	Elaboración de los Procedimientos Operativo Estandar (POE).....	79
Capítulo 5. Análisis de resultados		81
5.1	Mantenimiento preventivo - correctivo	82
5.2	Reparaciones internas - externas.....	84
5.3	Carta Gantt.....	87
5.4	Tiempo de detención	90
5.5	Indicadores de gestión de mantenimiento	92
5.6	Costos	95
Capítulo 6. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias		99
6.1	Conclusiones.....	99
6.2	Recomendaciones y sugerencias.....	104
Bibliografía.....		106
Anexos.....		108
Anexo 1. Clientes		108
Anexo 2. Orden de Compra y trabajo		109
Anexo 3. Registro de detenciones inesperadas del año 2016.....		111
Anexo 4. Encuesta aplicada al personal.....		123
Anexo 5. Encuesta de ponderación de causales		124
Anexo 6. Las siete preguntas.....		125
Anexo 7. Registro de las consecuencias de fallas en la hoja de decisión.....		132
Anexo 8. Líneas críticas de producción.....		138
Anexo 9. Hojas de información RCM II.....		140
Anexo 10. Hojas de decisión RCM II		146

Anexo 11. Documento para el mantenimiento de los equipos críticos	157
Anexo 12. Comprobantes de trabajo	199
Anexo 13. Stock de repuestos, herramientas y materiales	202

Glosario

Bobina: Carrete utilizado para enrollar alrededor; hilo, cable, alambre, plástico u otro material flexible.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas. [Torres, 2005].

Defecto: Causa inmediata de una falla, desalineación, desajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros.

Equipo: Conjunto de componentes interconectados con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

Extrusor: Equipo mecánico que permite el moldeado por flujo continuo con presión y empuje. Hace pasar el material por un husillo que calentado derrite el material para al final ser expulsado a presión por la boquilla a un molde, obteniendo la forma deseada.

Falla: Incapacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado.

Herramental: Referente a las herramientas.

Husillo: Conocido también como tornillo de Arquímedes. Pieza importante de un extrusor, gira dentro del cilindro teniendo como función transportar, fundir, calentar y mezclar el material.

Jerarquización: Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.

Mantenimiento: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan continuar funcionando adecuadamente.

Mantenimiento correctivo: Consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. [Torres, 2005].

Materia prima: Elementos que se procesan en las máquinas para formar parte del producto elaborado.

Micra (μ): Unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro.

Outsourcing: Término en inglés, que significa subcontratación, externalización.

Pieza: Cada una de las partes de un conjunto o de un todo (en este caso de un equipo).

Polietileno: Es el plástico más común obtenido de la polimerización del etileno.

Preeminente: Que tiene un categoría o importancia superior a otra cosa o persona.

Troquelador: Equipo de operación mecánica que tiene como función el corte o estampado.

Pellet: Denominación genérica, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material, en este caso, polietileno proveniente del etileno, el cual es un gas solidificado obtenido de la destilación del petróleo y gas natural.

Abreviaturas y siglas

\$: Moneda en Peso Chileno.

%: Porcentaje.

AMFE: Análisis de modos de fallas y efectos.

ASIPLA: Asociación de industriales del plástico.

CA: Análisis de criticidad.

CA: Costo por falla o avería.

CDMC: Costo directo de mantenimiento correctivo.

CDMP: Costo directo de mantenimiento preventivo.

CDRP: Costo por deterioro de la producción.

CF: Costos financieros.

Cf: Costos fijos.

CH: Costo de herramientas.

CI: Costo por incumplimiento.

CLC: Costo por lucro cesante.

CM: Costo de los materiales e insumos.

CMC: Costo por mantenimiento correctivo.

CO: Costo de oportunidad por hora.

CR: Costo de repuesto.

C Stock: Costo de mantener el inventario de repuesto.

CT: Costo total de mantenimiento

CTMC: Costo total del mantenimiento correctivo.

CTMP: Costo total de mantenimiento preventivo.

CV: Costo variable.

D: Disponibilidad.

E: Consecuencias ambientales.

EPP: Equipos de protección personal.

F: Función principal.

FF: Falla funcional.

H: Consecuencia de falla oculta.

HDPE: High density polyethylene (Polietileno de alta densidad.)

HH: Hora hombre.

hr: Hora.

H1, S1, O1, N1: Factibilidad de realizar tareas a condición.

H2, S2, O2, N2: Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico.

H3, S3, O3, N3: Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas.

H4: Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.

H5: Factibilidad de daño al medio ambiente o a la seguridad de las personas.

HHDP: Horas hombre disponibles.

HHMC: Horas hombre gastadas en mantenimiento correctivo.

HHMP: Horas hombre gastadas en mantenimiento programado

ISO 9001: Norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad.

k: Número de fallas.

kg: Kilogramos.

lbf: Libra fuerza.

LDPE: Low density polyethylene (Polietileno de baja densidad).

LLDPE: Linear low density polyethylene (Polietileno lineal de baja densidad).

m: Metros.

MF: Modo de falla.

mm: Milímetros.

MODM: Costo de mano de obra de mantenimiento.

MOMP: Costo de mano de obra de mantenimiento preventivo.

MTBF: Mean time between failures (Tiempo medio entre fallas).

MTTF: Mean time to fail (Tiempo promedio para fallar).

MTTR: Mean time to repair (Tiempo medio para reparar).

N: Número de equipos.

O: Consecuencias operacionales.

Obs: Observación.

POE: Procedimiento operativo estándar.

R(t): Confiabilidad.

RCM: Reliability centered maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

RPM: Revoluciones por minuto.

S: Consecuencias en la seguridad.

S4: Factibilidad de realizar una combinación de tareas.

T°: Temperatura.

T: Tiempo total de operación.

t: Tiempo.

Tp: Tiempo total de paradas.

TBMP: Trabajo en mantenimiento programado.

TBMC: Trabajo en mantenimiento correctivo.

TPM: Total productive maintenance (Mantenimiento Productivo Total).

W: Watts.

Simbología

Simbología Bizagi



Evento de Inicio. Indica el inicio de un proceso.



Evento de Fin. Indica fin de un proceso.



Compuestas. Señala la toma de decisiones de 2 o más alternativas.



Actividad o Tarea. Es una actividad que es incluida dentro de un proceso.



Flujo de secuencia. Entrega dirección y sentido al flujo del proceso.



Flujo de mensaje. Se utiliza para mostrar el flujo de mensaje entre dos entidades o procesos que están preparadas para enviarlo y recibirlo.

Lista de figuras

Figura 1.1 - Organigrama Foliaplast.....	22
Figura 1.2 - Ubicación geográfica de Foliaplast.	23
Figura 1.3 - Productos elaborados por Foliaplast.....	24
Figura 1.4 - Demanda de productos en el año 2016.	25
Figura 1.5 - Participación de los productos en la venta del año 2016.	26
Figura 1.6 - Esquema del área comercial.	27
Figura 1.7 - Diagrama de proceso del área de producción de Foliaplast.	28
Figura 1.8 - Diagrama del mantenimiento actual.....	30
Figura 1.9 - Gráfico de las horas de detenciones en el mes, año 2016.	32
Figura 1.10 - Gráfico de tercerización de productos en el año 2016.....	33
Figura 1.11 - Diagrama de Ishikawa.	35
Figura 1.12 - Diagrama de consecuencias.....	36
Figura 2.1 - Clasificación del mantenimiento.....	42
Figura 2.2 - Factores de la confiabilidad operacional.....	46
Figura 2.3 - Relación entre indicadores.	48
Figura 2.4 - Curva de la bañera.	49
Figura 2.5 - Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo.	51
Figura 3.1 - Diagrama de flujo RCM II.....	60
Figura 3.2 - Las siete preguntas básicas.	62
Figura 3.3 - Hoja de Información de RCM II.....	63
Figura 3.4 - Árbol lógico de decisión.	64
Figura 3.5 - Hoja de decisión de RCM II.	65
Figura 3.6 - Procedimiento operativo estándar de RCM II.	66
Figura 4.1 - Equipos críticos según expertos.	68
Figura 4.2 - Esquema del equipo extrusor.	72
Figura 4.3 - Extrusora mayor (KWEENB, HA- 55).....	73
Figura 4.4 - Extrusora menor (GOLDEN MAY, SE/HD 45).	74
Figura 4.5 - Equipo de tónicas (J2M EQUIPOS, SPAT900).....	75
Figura 6.1 - Costo de mantenimiento correctivo 2016.....	99
Figura 6.2 - Mantenimiento propuesto.	101

Lista de tablas

Tabla 1.1 - Ficha empresarial de Foliaplast.	24
Tabla 1.2 - Reparaciones mensuales, año 2016.	31
Tabla 1.3 - Fallas funcionales con mayor tiempo de detención en el año 2016.	32
Tabla 1.4 - Costos por tercerización y sanciones por incumplimiento de contrato.	34
Tabla 1.5 - Casos de pérdida de cuota de mercado.	38
Tabla 2.1 - Selección de metodología.	59
Tabla 4.1 - Criticidad de equipos según tiempo de detención.	69
Tabla 4.2 - Costos adicionales del año 2016.	70
Tabla 4.3 - Cantidad de fallas por equipo en el año 2016.	71
Tabla 4.4 - Extracto de la hoja de información RCM II subsistema motor.	76
Tabla 4.5 - Consecuencias, tareas proactivas y acciones “a falta de”.	77
Tabla 4.6 - Extracto hoja de decisión RCM II subsistema motor.	78
Tabla 4.7 - Cuidados operativos, uso de EPP.	79
Tabla 4.8 - POE para subsistema motor.	80
Tabla 5.1 - Total equipos/ Mantenimiento preventivo – correctivo.	82
Tabla 5.2 - Extrusoras/ mantenimiento preventivo - correctivo.	83
Tabla 5.3 - Máquina de tónicas/ mantenimiento preventivo - correctivo.	83
Tabla 5.4 - Reparaciones interna - externas de la situación actual y propuesta.	84
Tabla 5.5 - Reparaciones internas - externas de la extrusora mayor.	85
Tabla 5.6 - Reparaciones internas - externas de la extrusora menor.	85
Tabla 5.7 - Reparaciones internas - externas de la máquina de tónicas.	86
Tabla 5.8 - Carta Gantt anual para máquina de tónica.	87
Tabla 5.9 - Carta Gantt anual para extrusora mayor.	88
Tabla 5.10 - Carta Gantt anual para extrusor menor.	89
Tabla 5.11 - Tiempo de detención.	91
Tabla 5.12 – Indicadores de mantenimiento del año 2016.	92
Tabla 5.13 - Indicadores de mantenimiento propuesta.	93
Tabla 5.14 - Costo de mantenimiento año 2016.	95
Tabla 5.15 - Costo de la propuesta de mantenimiento.	97
Tabla 5.16 - Costos de oportunidad año 2016 y propuesta.	98
Tabla 5.17 - Costo total de mantención de equipos año 2016 y propuesta.	98
Tabla 6.1 - Planificación de la propuesta.	102
Tabla 6.2 - Costo total año 2016 y propuesta.	103

Resumen

Palabras claves: Mantenimiento, Plan de mantenimiento, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento preventivo, Metodología RCM II, Confiabilidad, Disponibilidad.

El presente trabajo de título se desarrolló en el área de producción de la fábrica de productos de polietileno Foliaplast, ubicada en la región de Valparaíso. Esta empresa posee una participación del 30% del mercado regional, suministrando sus productos a grandes compañías de la zona.

El objetivo de este estudio se sustenta en la inestabilidad del proceso productivo, generado por las detenciones inesperadas de los equipos, los que provocan retrasos en las entregas y costos adicionales para la empresa. Para analizar el problema, se recabó información de la situación actual y se creó un formato de registro de fallas, donde los operarios registraron las detenciones ocurridas de enero a diciembre del año 2016. Estas paralizaciones se deben a la acción reactiva que presenta Foliaplast frente a las fallas de los equipos, por lo que se propone realizar un plan de mantenimiento que entregue confiabilidad y disponibilidad de estos.

Se estudió y describió diversas metodologías referidas al mantenimiento, según las bibliografías de los siguientes autores; Luis Amendola, Jhon Moubray y Luis Torres, donde se seleccionó el método RCM II (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para el desarrollo de la propuesta.

Realizando un análisis de criticidad a los diferentes equipos productivos de la fábrica, se seleccionaron aquellos de mayor incidencia en la producción. Este análisis consideró criterios como la opinión de expertos, tiempo de detención, costos y cantidad de fallas por equipo, dando como resultado; la extrusora mayor KWEENB, HA – 55, la menor GOLDEN MAY, SE/HD 45 y la máquina de tunicas J2M EQUIPOS, SPAT 900, pertenecientes a las líneas de extrusión y fabricación especial.

Para desarrollar un plan de mantenimiento idóneo, se utilizó el método AMFE (Análisis de modos de fallas y efectos), el que permitió desarrollar las Hojas de Información. Luego, con el árbol lógico de la decisión, se completó las Hojas de Decisión, donde se obtuvo información para crear los Procedimientos Operativos Estándar.

Estos documentos permitieron realizar una propuesta de plan de mantenimiento programado, dentro de un año, el cual considera realizar mantenciones preventivas y correctivas a los equipos críticos. Al organizar el mantenimiento se logra un mayor control de las paralizaciones, previendo y disminuyendo las fallas que provocan detenciones inesperadas.

Esta propuesta planteó aumentar la cantidad de detenciones y disminuir los tiempos de paralización de estas. Al realizar un análisis de los indicadores de gestión de mantenimiento y de los costos asociados, se compararon éstos con los resultados obtenidos del año 2016 y se determinó que el costo total se redujo en \$46.747.325, es decir, un 55%. Esto se debe en gran parte a la disminución del costo de oportunidad; eliminando el 100% las multas por incumplimiento de contrato, reduciendo en un 80% la tercerización y disminuyendo en un 87% la utilidad que se deja de percibir.

Además la disponibilidad de los equipos críticos aumentó de un 81% a un 96% en el proceso productivo. Este aumento de confiabilidad de los equipos incide directamente en la estabilidad de la producción, permitiendo un mayor cumplimiento a las obligaciones contractuales, mejorando las relaciones comerciales.

Summary

Keywords: Maintenance, Maintenance Plan, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Methodology RCM II, Reliability, Availability.

This work developed in the área of Factory production of polyethylene Foliaplast, located in Valparaíso. This company has a 30% of the regional market, supplying its products to big companies in the área.

The objective of this study is based on the volatility of the production process, generated by unexpected stoppage of the equipment, which cause delays in deliveries and additional costs to the company. To analyze the problem, information was collected on the current situation and was created a record format, where operators recorded the stoppage that occurred from January 2016 to December 2016. These stoppages are due to the Foliaplast reactive action that presents in front of the equipment failure, so it is proposed to carry out a maintenance plan that delivers reliability and availability of these.

We studied and described various methodologies relating to maintenance, according to the bibliographies of the following authors; Luis Amendola, Jhon Moubray and Luis Torres, where RCM II method (Reliability Centered Maintenance) for the development of the proposal was selected.

According to a criticality analysis of the different productive equipment of the factory, we selected those with the highest incidence in the production. This analysis considered criteria such as expert's opinion, detention time, costs and amount of equipment failures, giving as a result; the extruder big KWEENB HAS - 55, the little GOLDEN MAY, SE/HD 45 and the tunics machine J2M 900, SPAT 900, belonging to the extrusion lines and special manufacture.

FMEA method (analysis of failure modes and effects) was used to develop a suitable preventive maintenance plan, which enabled us to develop the Information Sheets. Then, with the logical decision tree, we full Decision Sheets, where information was obtained to create Standard Operating Procedures.

These documents allowed to realize a proposed plan of programmed maintenance, within a year, which it considers to perform preventive and corrective maintenance to critical

equipment. To organize the maintenance is achieved a greater control of the stoppages, foreseeing and decreasing the failures that cause unexpected detentions.

This proposal aimed to increase the number of stoppage and decrease the time of stoppage of these. When performing an analysis of the indicators of maintenance management and the associated costs, we compared this with the results of the year 2016 and it was determined that the total cost was reduced by \$46,747.325, equal to say, a 55%. This is due in big part to the decrease in the opportunity cost; eliminating the 100% penalty for breach of contract, reducing in a 80% outsourcing and decrease in a 87% the utility that is foregone.

In addition the availability of critical equipment increased from 81% to 96% in the productive process. This increase in reliability of the equipment directly affects the stability of production, allowing for greater compliance to contractual obligations, improving trade relations.

Introducción

Foliaplast es una empresa que se dedica a la fabricación de productos de polietileno. Ubicada en Valparaíso y con 22 años en el rubro tiene como principales clientes al sector hospitalario, agroindustrial y pesquero; los cuales conforman el 80% de la demanda actual.

Los altos estándares de calidad, que se encuentran respaldados por el desarrollo, implementación y mantención, conforme a los requisitos de la norma ISO 9001:2008, han permitido alcanzar un 30% del mercado regional, sin embargo, para sus clientes es primordial el cumplimiento oportuno de las entregas, las cuales se han visto afectadas por detenciones inesperadas del proceso productivo. Dado los eventos que han presentado los equipos, la empresa ha decidido realizar un plan de contingencia tercerizando los productos para no generar una mala imagen e incurrir en multas por parte del mandante, lo que finalmente se traduce en costos adicionales para la empresa.

Para conocer la situación actual de la empresa se consideraron los registros y antecedentes obtenidos in situ, como también las opiniones de expertos a través de focus group. Esta información permitió considerar diversas metodologías para abordar la situación, seleccionando la más idónea de acuerdo a los requerimientos del problema detectado.

En base al escenario actual que presenta la empresa, este trabajo de título tiene como finalidad realizar un plan de mantenimiento para los equipos críticos de Foliaplast, utilizando la metodología RCM II, la cual se basa en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, a través del control y la predicción de fallas, dando como resultado la disminución de las detenciones inesperadas como también los costos operacionales adicionales.

Capítulo 1. Antecedentes generales

En este capítulo se describirá la empresa, donde se conocerán los procesos y su situación actual, lo cual permitirá identificar el problema a abordar. Posteriormente se definirán los objetivos, los resultados esperados, los alcances y limitaciones de este trabajo de título.

1.1 Descripción de la empresa.

Foliaplast es una fábrica de la Quinta Región, ubicada en calle Victoria N° 2465, Valparaíso. Fundada hace 22 años, esta empresa se dedica a la producción y la comercialización mayorista y minorista de productos de polietileno. Sus principales clientes pertenecen al sector hospitalario, agroindustrial y pesquero, los cuales componen el 86% de la demanda y el 14% restante corresponde a la comercialización de menor escala (Véase Anexo 1. Clientes).

Operando de lunes a viernes, las 24 horas del día, en tres turnos; fabrica todo tipo de láminas, mangas, camisetas (alta y baja densidad), túnicas, entre otros.

Con el fin de incrementar su competitividad en el mercado, la empresa se ve con la necesidad de fomentar el mejoramiento continuo de sus procesos productivos y de comercialización; desarrollando, implementando y manteniendo la certificación de la norma ISO 9001:2008.

Para forjar lazos con sus potenciales clientes, Foliaplast tiene como prioridad la entrega oportuna de sus productos, siendo éste uno de los principales valores de la empresa. La calidad de sus productos y la responsabilidad en las entregas los ha llevado a posicionarse fuertemente en la industria, obteniendo una participación de mercado del 30% en la región.

Esta empresa tiene como política, marginar el 30% de su ingreso, donde las temporadas de mayor producción son los meses de marzo, abril, septiembre y diciembre, por motivo de festividades y los meses con menor demanda son enero y febrero.

El año 2015, Foliaplast inició relaciones comerciales con una importante empresa agroindustrial, con órdenes de compra de 40.000 unidades de túnicas mensuales, las cuales aumentaron en un 100% el segundo semestre. Obteniendo un ingreso anual de

aproximadamente de 520 millones de pesos. El año 2016, esta cifra aumentó a 560 millones de pesos, incremento que se espera mantener para los próximos años.

1.1.1 Organigrama de la empresa

En la Figura 1.1 se señala la estructura organizacional jerárquica de Foliaplast.

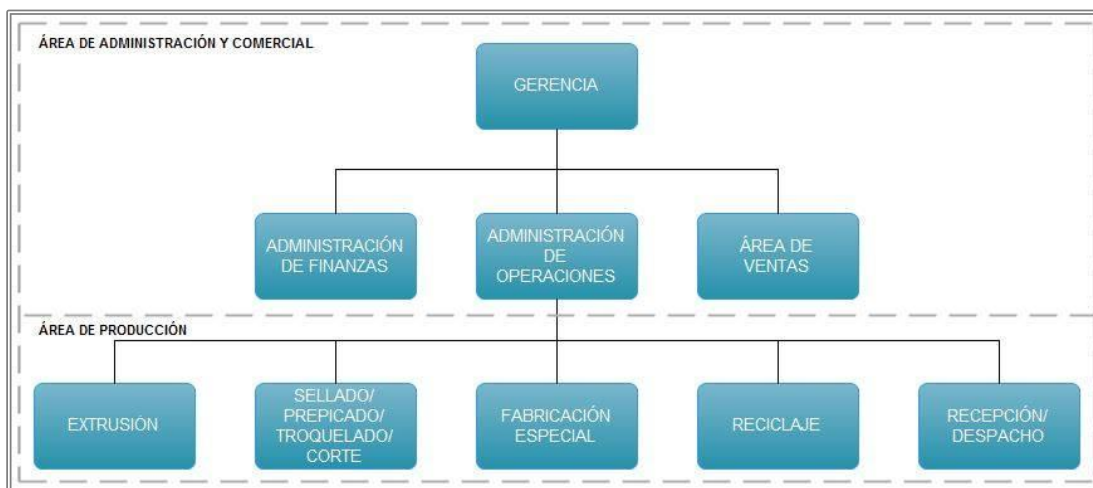


Figura 1.1 - Organigrama Foliaplast.
Fuente: Elaboración propia.

Esta empresa cuenta con tres áreas principales:

- **Área de administración:** En esta área se ubica la administración de finanzas y de operaciones, las cuales organizan y dirigen los recursos y las actividades de la empresa.
- **Área comercial:** Importante área en donde el departamento de venta se encarga de comercializar los productos de Foliaplast.
- **Área de producción:** Esta área se subdivide en cinco líneas, tres de fabricación (extrusión, sellado/prepicado/troquelado/corte, fabricación especial) y las restantes, encargadas de recepción/ despacho y de recuperación de material (reciclaje).

1.1.2 Ubicación geográfica

Esta empresa se encuentra ubicada en Valparaíso, calle Victoria N° 2465. El mapa con las coordenadas exactas se indica en la Figura 1.2.



Figura 1.2 - Ubicación geográfica de Foliplast.
Fuente: Google Maps.

1.1.3 Misión, visión y valores

- **Misión:** *“Nuestro compromiso es dar la atención y servicio que exceda sus necesidades y las de su negocio”.* [Fuente: Foliplast].
- **Visión:** La empresa no posee visión, por lo tanto, se propone una alternativa basada en la pregunta: ¿Cuál es la organización que se quiere llegar a ser? *“Ser reconocidos como la mejor y más completa alternativa de productos de polietileno en la quinta región”.* [Fuente: Elaboración propia].
- **Valores:** Foliplast, en su página web establecen lo siguiente: “Cumplimos todos sus requerimientos entregando nuestros productos en variados tamaños, colores, con o sin impresión.
 - Un proceso productivo eficaz
 - El control de los procesos productivos
 - Una atención personalizada
 - La entrega oportuna de los productos”.

1.1.4 Ficha empresarial

En la Tabla 1.1, se muestra la ficha empresarial de Foliaplast.

Nombre de fantasía	Foliaplast
Razón social	Violeta Salome Rodríguez Quiroz
Rut	6.427.809 - 6
Giro	Fabricación y comercialización de mangas y bolsas plásticas
Domicilio legal	Victoria #2465, Valparaíso
Fono	(56 - 32) 2238523
Fax	(56 - 32) 2254899
Correo electrónico	info@foliaplast.cl

Tabla 1.1 - Ficha empresarial de Foliaplast.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.5 Productos elaborados

A continuación, se presentan los productos fabricados por Foliaplast y en la Figura 1.3 se muestran algunas imágenes de los mismos.

- Bobinas de láminas
- Bolsa camiseta
- Bolsa camiseta impresa
- Bolsa camiseta colores
- Bolsa prepicada
- Cintas de seguridad y peligro
- Mantas
- Mangas prepicadas
- Sello fondo y lateral
- Túnica



Figura 1.3 - Productos elaborados por Foliaplast.
Fuente: Imagen extraída de la página Foliaplast.¹

¹ Foliaplast bajo la modalidad *outsourcing*, trabaja las medias cañas y algunas impresiones, debido a que no posee maquinaria especializada.

1.1.6 Demanda de productos del año 2016

En la Figura 1.4 se observa la demanda de los productos en el año 2016.

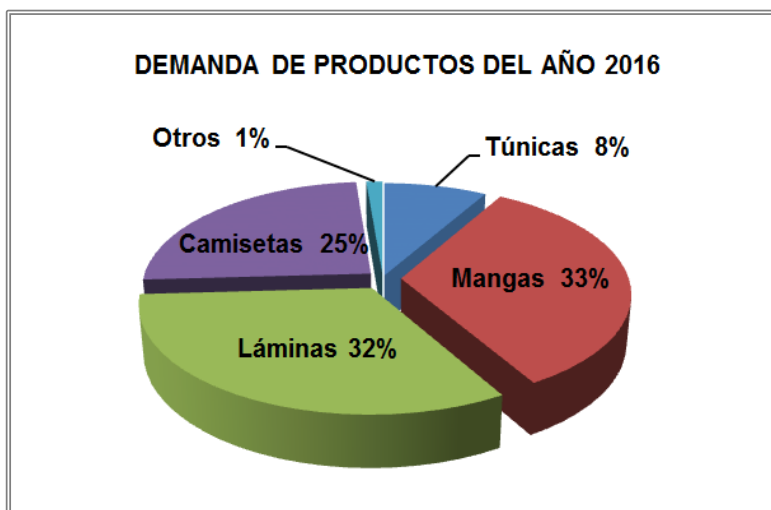


Figura 1.4 - Demanda de productos en el año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 1.4 es posible observar que existen tres tipos de productos que lideran la demanda, alcanzando el 90% de la producción, sin embargo las túnicas con sólo un 8% proporcionan los mayores ingresos para la empresa, por lo que los porcentajes anteriores describen la demanda en cuanto a producción, mas no la incidencia que estos tienen en los ingresos.

1.1.7 Participación de los productos en la venta del año 2016

En la Figura 1.5 se observan la participación de los ingresos por la venta de los productos comercializados en el año 2016.

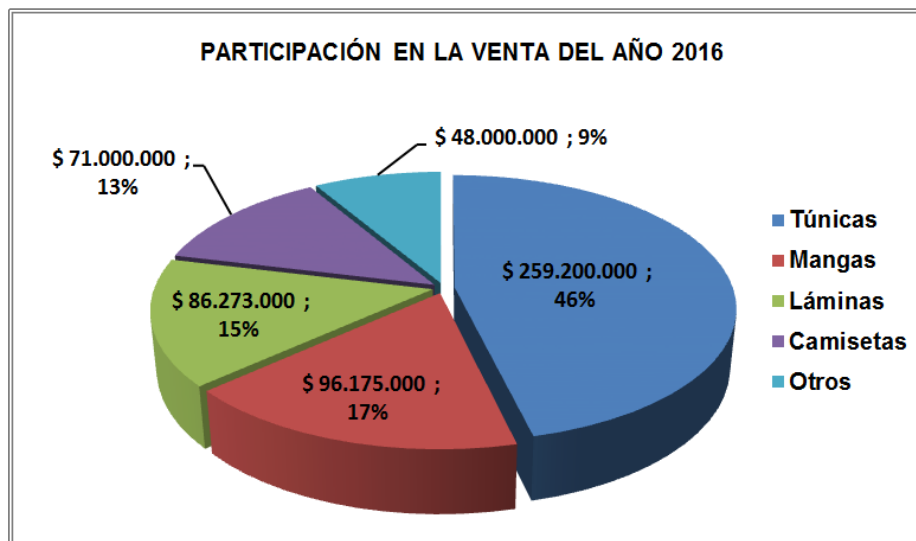


Figura 1.5 - Participación de los productos en la venta del año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede desprender de la Figura 1.5, que el producto estrella del año 2016 es la túnica con un 46% de los ingresos, sin embargo, representa tan sólo un 8% de la demanda según la Figura 1.4, por lo que se puede inferir que el precio de venta es el que incide en esta mayor participación. En cuanto a las mangas, láminas y camisetas, suman un 45%, alcanzando los ingresos percibidos por las túnicas en el año.

Los \$48.000.000 percibidos por "Otros", corresponden a productos como: cintas de seguridad y peligro, cañas, medias cañas, mantas, etc.

1.2 Descripción general de procesos

A continuación, se realizará una descripción de los procesos desarrollados en Foliaplast, correspondientes al área comercial y de producción.

1.2.1 Proceso del área comercial

En el área comercial ocurre el proceso de venta, donde el cliente realiza un pedido con una orden de compra seleccionando los productos requeridos. Posterior a esto, el encargado de ventas genera una orden de trabajo, la cual permite detallar las características de lo demandado. Este documento será enviado al área de producción, específicamente, a la línea de extrusión para comenzar la fabricación.

En la Figura 1.6 se visualiza de manera esquemática el proceso antes detallado.

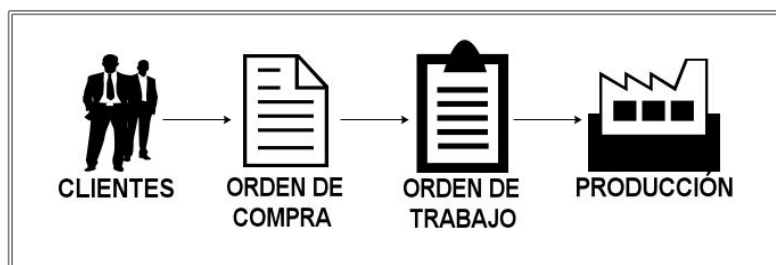


Figura 1.6 - Esquema del área comercial.
Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 2. Orden de Compra y trabajo se puede observar ambos documentos.

1.2.2 Proceso del área de producción

Para la fabricación de los productos que ofrece la empresa, se realizan diversos procesos, los cuales requieren de maquinaria, operarios, materia prima, entre otros.

A continuación en la Figura 1.7 se esquematizan, en un diagrama de piscina, las distintas líneas; de extrusión, de reciclaje, sellado/ prepicado/ troquelado/ corte, fabricación especial y recepción/ despacho.

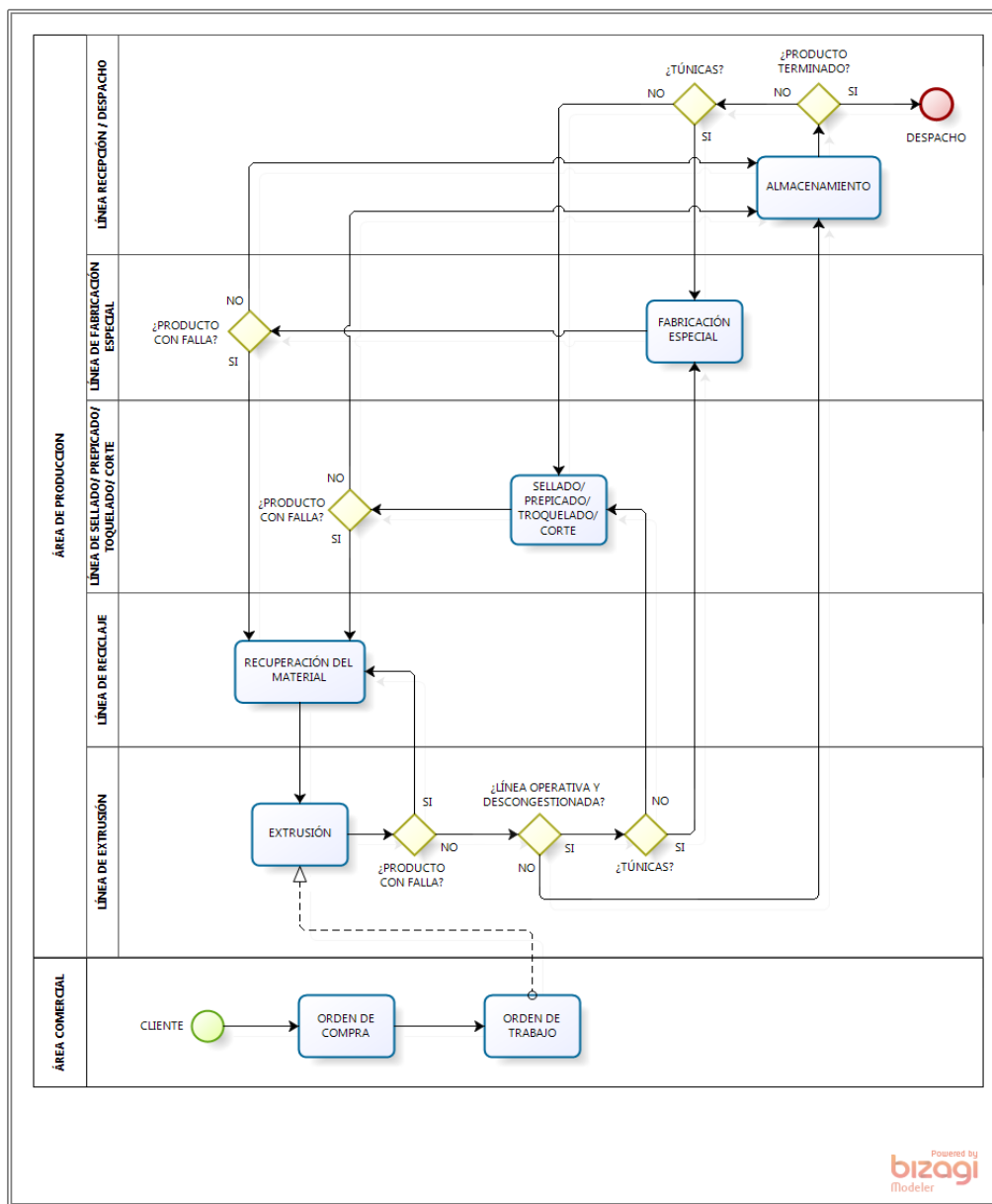


Figura 1.7 - Diagrama de proceso del área de producción de Folioplast.
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 1.7, el proceso se inicia en el área comercial con el cliente realizando una orden de compra, proceso explicado anteriormente en el ítem 1.2.1.

Todo producto fabricado comienza en la línea de extrusión, donde se genera la bobina de lámina de polietileno, que es la base para procesos posteriores. Dependiendo del producto requerido, puede continuar a la línea de sellado/ prepicado/ troquelado y corte o a la línea de fabricación especial. Si las líneas antes mencionadas se encuentran congestionadas o no operativas, la bobina es enviada a almacenamiento, correspondiente a la línea de recepción/ despacho, hasta que pueda continuar con su proceso final, para luego ser embalada, almacenada y despachada de acuerdo a la orden de compra. En el caso que la bobina o el producto en alguna de sus fases de elaboración presente anomalías, éste es llevado a la línea de reciclaje, donde será reprocesado.

1.3 Situación actual y definición del problema

Foliaplast tiene como principales clientes a importantes empresas de la zona, las cuales priorizan la entrega oportuna de sus pedidos, vale decir, el 86% de la producción está condicionada a contratos², los cuales establecen una fecha de entrega. Para cumplir con los pedidos es necesario que el proceso de producción sea constante y para ello se requiere disponibilidad y confiabilidad en los equipos.

El área de producción de esta fábrica cuenta con 17 equipos a los que se les realiza reparaciones de tipo mecánica, eléctrica, electrónica y neumática, de manera correctiva, por los mismos operarios, es decir, éstos reaccionan a fallas o detenciones que ocurren en las máquinas en que trabajan, sin embargo existen reparaciones que requieren de personal externo especializado, quintuplicando los tiempos, esto se debe al periodo que transcurre en contactar al especialista, la disponibilidad que éste tenga para dirigirse a la fábrica, diagnosticar el equipo, adquirir repuestos y realizar la reparación. El tiempo promedio de respuesta más la reparación interna es de 8 horas, en cambio una externa especializada tiene un promedio de 39 horas.

A continuación, se enumeran secuencialmente las acciones que se ejecutan cuando ocurre una falla o detención.

1. El equipo interrumpe su funcionamiento normal sin previo aviso o el operario lo detiene en caso de que esté fallando.
2. Se da aviso de falla al encargado del área de administración de operaciones.

² El 86% corresponde a las órdenes de compras con fecha de despacho de las grandes empresas y el 14% restante, a la venta minorista realizada en el local.

3. El encargado de operaciones en conjunto con el operario analizan la situación.
4. Dependiendo de la avería, el encargado de operaciones decide si la reparación es realizada por el mismo operario o es necesario un especialista externo.
5. Si es necesario un especialista, se contacta y se debe esperar hasta cuando éste pueda asistir a la fábrica. En cualquiera de las dos situaciones, la reparación puede requerir bastante tiempo o ser de rápida solución, dependiendo de la falla.
6. Después de realizada la reparación, se realizan pruebas, verificando que la máquina esté en perfectas condiciones.
7. Puesta en marcha, para volver a la producción.

En la Figura 1.8, se puede observar el diagrama de piscina del proceso de mantenimiento actual.

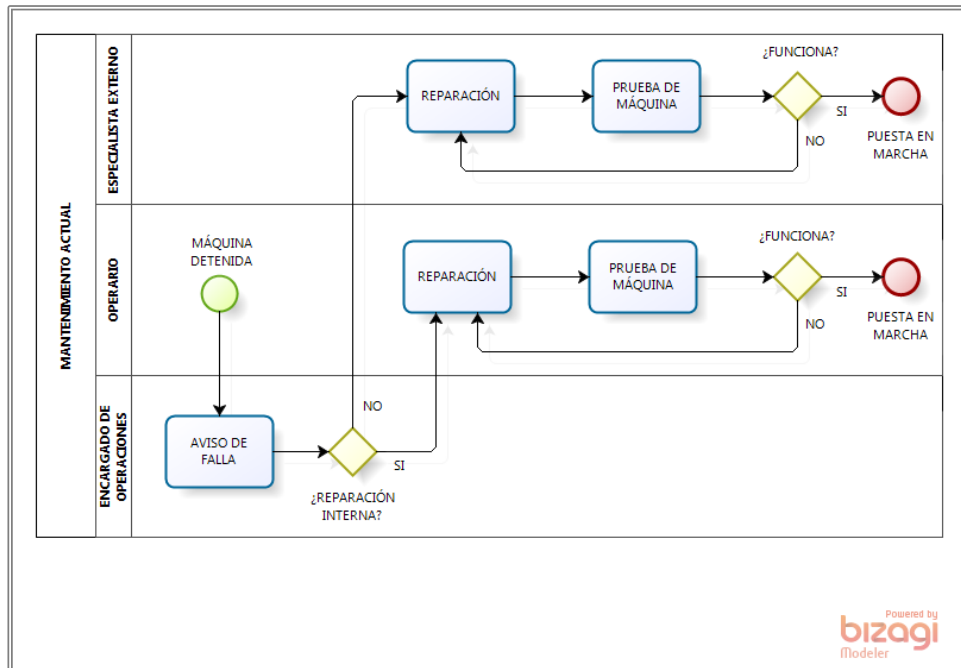


Figura 1.8 - Diagrama del mantenimiento actual.
Fuente: Elaboración propia.

Desde Enero del año 2016 se cuenta con un registro de las detenciones de los equipos, donde se consigna la fecha, hora, tiempo de paralización, falla funcional, entre otros. Este historial develó que las detenciones totales de este año fueron 259, de las cuales, 170 corresponden a reparaciones internas y 89 realizadas por especialistas externos. Véase Anexo 3. Registro de detenciones inesperadas del año 2016.

A continuación en la Tabla 1.2 se puede apreciar la cantidad de reparaciones internas y externas realizadas mensualmente en el año 2016.

CANTIDAD DE REPARACIONES POR MES PARA EL AÑO 2016														
REPARACIÓN	MES												Suma	%
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Interna	14	17	16	19	16	10	11	17	11	16	12	11	170	65%
Externa	6	6	11	10	7	6	4	8	7	6	9	9	89	34%
Equipos no operativos	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1%
TOTAL PARALIZACIONES	21	23	27	31	23	16	15	25	18	22	21	20	262	100%

Tabla 1.2 - Reparaciones mensuales, año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 1.2 se desprende que los meses de marzo, abril y agosto presentaron la mayor cantidad de detenciones, coincidiendo con los meses de mayor demanda expuestos en el ítem 1.1.

En la Figura 1.9 se observa la cantidad de horas mensuales de las paralizaciones ocurridas el año 2016. Las detenciones reparadas externamente tienen su peak en los meses de marzo, abril, noviembre y diciembre. En el caso de las detenciones por reparaciones internas, los meses de febrero y mayo fueron los que marcaron mayor cantidad de horas. Cabe destacar que las detenciones más prolongadas coinciden con los meses de mayor demanda, lo que es un precedente de un mantenimiento inadecuado.

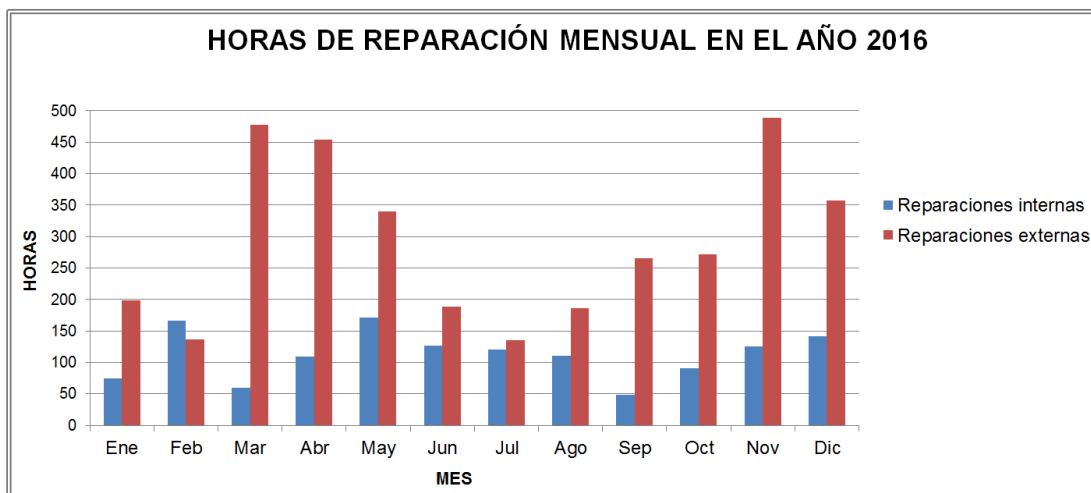


Figura 1.9 - Gráfico de las horas de detenciones en el mes, año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Los registros han permitido obtener información valiosa sobre las fallas funcionales de los equipos, como por ejemplo, conocer las de mayor tiempo de detención, la línea más afectada, entre otros (véase Tabla 1.3).

LÍNEA	EQUIPO (SISTEMA)	FALLA FUNCIONAL (SUBSISTEMA)	CANTIDAD DE FALLAS/ ANUAL	HORAS/ ANUAL	HORAS PROMEDIO/ ANUAL	TIPO DE REPARACIÓN
Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Camisa calefactora	1	73	73	Interna
Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Reductor de velocidad	3	292	97,3	Externa
Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Eléctrica	2	132	66	Externa
Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Motor	2	169	85	Externa
Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Transformador	1	74	74	Externa
Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Reductor de velocidad	1	116	116	Externa

Tabla 1.3 - Fallas funcionales con mayor tiempo de detención en el año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1.3 se puede observar un extracto del registro de fallas, utilizando el criterio “mayor tiempo de detención”, dando como resultado los subsistemas de la línea de extrusión, dos de la extrusora menor (*transformador y reductor de velocidad*) y cuatro de la mayor (*Camisa calefactora, motor, eléctrica y reductor de velocidad*), donde un 67% fueron

reparadas de manera externa y un 33% interna. Estos equipos afectan la producción completa debido a que la línea de extrusión genera las bobinas, que es el elemento principal para el desarrollo de cualquier producto.

La disponibilidad de los equipos está directamente relacionada con la producción debido a que no cuenta con un stock de seguridad de productos, por lo que para hacer frente a las detenciones inesperadas y no incurrir en sanciones por incumplimiento de contrato, la empresa ha debido tercerizar parcial o totalmente la producción de ciertos productos (véase Figura 1.10) teniendo como consecuencia un aumento en los costos operacionales como se puede observar en la Tabla 1.4.

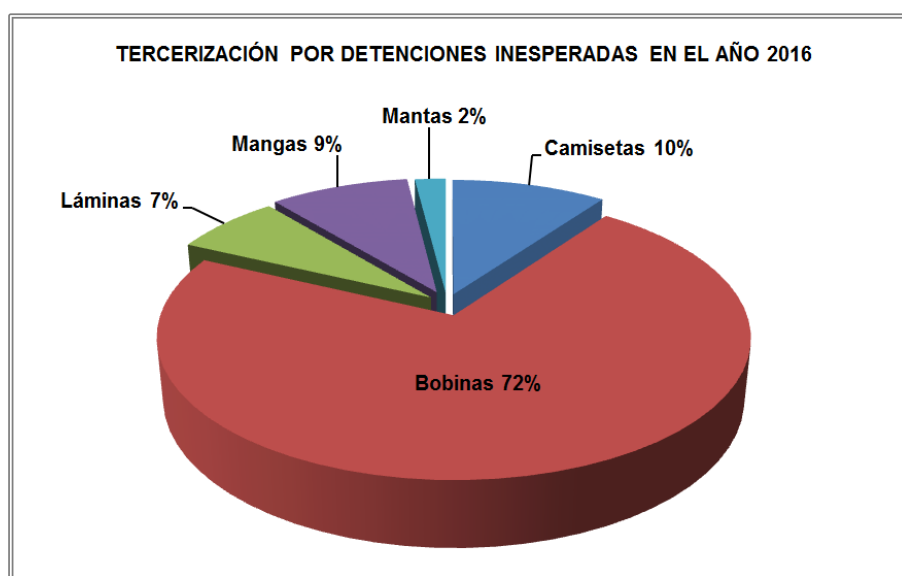


Figura 1.10 - Gráfico de tercerización de productos en el año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Figura 1.10 las bobinas son el producto con mayor porcentaje de tercerización, esto se debe a las fallas funcionales que afectaron a las extrusoras. En cambio para las camisetas, láminas, mangas, y mantas, los porcentajes son menores debido a que existen tres equipos en funcionamiento, que tienen la capacidad de fabricar estos productos, es decir, si uno falla, los otros pueden cumplir con la demanda.

La Tabla 1.4 detalla mensualmente los costos adicionales por tercerización y sanciones por incumplimiento de contratos, los cuales para el año 2015 tuvieron un costo total de \$46.884.852, aumentando el año 2016 a \$49.536.575.

	TERCERIZACIÓN DE PRODUCCION		INCUMPLIMIENTO DE CONTRATO	
	2015	2016	2015	2016
Enero	\$ 1.254.060	\$ 1.386.000	\$ -	\$ -
Febrero	\$ 985.430	\$ -	\$ -	\$ -
Marzo	\$ 3.655.930	\$ 3.637.580	\$ -	\$ 1.264.380
Abril	\$ 5.575.900	\$ 4.785.070	\$ 867.580	\$ 2.080.090
Mayo	\$ 2.659.608	\$ 3.674.305	\$ -	\$ 507.600
Junio	\$ 2.985.448	\$ 3.200.680	\$ -	\$ 340.000
Julio	\$ 2.549.865	\$ -	\$ 786.500	\$ -
Agosto	\$ 3.677.440	\$ 3.946.800	\$ -	\$ 879.000
Septiembre	\$ 4.555.960	\$ 4.808.090	\$ -	\$ 789.080
Octubre	\$ 2.837.584	\$ 3.240.050	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ 5.754.387	\$ 5.876.000	\$ 2.864.590	\$ 1.675.000
Diciembre	\$ 5.874.570	\$ 6.438.090	\$ -	\$ 1.008.760
TOTAL	\$ 42.366.182	\$ 40.992.665	\$ 4.518.670	\$ 8.543.910

Tabla 1.4 - Costos por tercerización y sanciones por incumplimiento de contrato.
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 1.4 se puede inferir que las multas por incumplimiento de contrato para el año 2016 aumentaron en un 89% con respecto a las incurridas el año anterior. Este aumento se debió a paralizaciones inesperadas de tres equipos (máquinas de túnicas, extrusora mayor y menor) de la cadena productiva, siendo los meses de abril, septiembre, noviembre y diciembre los de mayor costo para la empresa.

En cuanto a la tercerización de la producción el año 2016 disminuyó un 3,2% con respecto al año 2015, afectando directamente en el cumplimiento de contratos, forzando a la indemnización. Sin embargo, el total de estos costos adicionales (tercerización más multas) aumentó un 5,7% por año, equivalente a \$2.651.723.

Para la empresa el aumento de estos costos significó una disminución del 29% de las utilidades esperadas del año 2016.

En base a los datos recabados se ha logrado el primer objetivo específico, el cual consiste en conocer la situación actual del área de producción de Foliaplast, donde se puede comprender la directa relación que existe entre la disponibilidad de los equipos y la producción. El problema radica en las detenciones inesperadas de los equipos, donde el mantenimiento que se les realiza es de manera reactiva y poco controlable, impidiendo la predicción de fallas y detenciones, disminuyendo la confiabilidad operacional de los equipos, provocando incumplimiento de contratos, desconformidad del cliente, entre otros. Afectando tanto el aspecto económico como también la imagen corporativa de la empresa.

1.3.1 Análisis del problema (causas – consecuencias)

Para identificar las causas y las consecuencias que generan las detenciones inesperadas dentro del área de producción de Foliaplast, se realizó *focus group*, donde se aplicaron encuestas, entrevistas a los operarios y administrativos de operaciones de la fábrica, además de realizar visitas a terreno, entre otros (véase Anexo 4. Encuesta aplicada al personal). Estas técnicas permitieron generar una discusión en torno al problema, exhibiendo las causas y sus consecuencias.

En el siguiente diagrama de Ishikawa (Figura 1.11) se pueden observar las distintas causas que provocan las paralizaciones inesperadas de los equipos en la fábrica.³

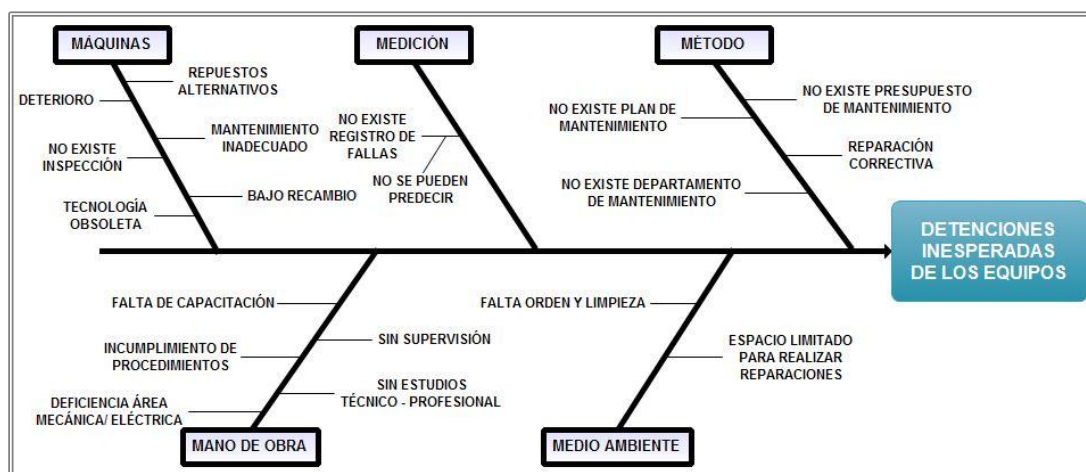


Figura 1.11 - Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

³ La causal de inexistencia de registros, se refiere a datos históricos, los cuales impiden prevenir y predecir las detenciones. No obstante, se comienza a registrar información desde inicios del año 2016.

De esta herramienta se obtuvo dieciocho causales, las cuales fueron calificadas por los operarios según su incidencia en las detenciones inesperadas (véase Anexo 5. Encuesta de ponderación de causales).

Las cuatro causales más relevantes se presentan a continuación:

1. No existe un plan de mantenimiento.
2. Mantenimiento inadecuado de las máquinas.
3. Sólo reparación correctiva y no mantenciones.
4. No existe registro de fallas de máquinas.

Conocidas las causales, se procederá a analizar las consecuencias de las detenciones inesperadas, las cuales se pueden observar en el diagrama Figura 1.12.



Figura 1.12 - Diagrama de consecuencias.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se explican las consecuencias de las detenciones inesperadas.

- **Sanciones por incumplimiento:** Dependen de la negociación de cada contrato, pueden variar entre un 10% y un 30% del valor de la compra. El incumplimiento daña la imagen de la empresa y puede implicar, en su grado mayor, no tener utilidades en la operación.

- **Tercerizar productos:** Esta modalidad de fabricación corresponde a un plan de contingencia de la empresa, para cumplir con los contratos de forma oportuna. Se aplica cuando los equipos se detienen inesperadamente por fallas complejas, impidiendo dar respuesta a la demanda en los tiempos establecidos. La tercerización puede ser total o parcial dependiendo de la función del equipo en la fábrica y la falla en cuestión. Este plan de acción implica un aumento de los costos operacionales entre un 15% y un 30%.
- **Contratación de un especialista externo:** Foliaplast contrata los servicios de un externo cuando las fallas son complejas y en áreas que sus operarios son incompetentes. Los especialistas más solicitados son técnicos eléctricos - electrónicos, los cuales cobran entre \$40.000 y \$60.000 por visita y dependiendo de la falla, un valor adicional. También existen operaciones externas como por ejemplo de tornería, rectificado, entre otras, donde se debe llevar el componente o pieza a otro lugar para su posterior arreglo.
- **Costo de oportunidad por operario ocioso:** Es la utilidad que se deja de percibir por la indisponibilidad del equipo, por ejemplo, para el equipo de túnicas, el operario en una hora de producción, fabrica 606 unidades, a un precio unitario de \$270. Con una jornada laboral de ocho horas⁴, siendo sólo seis producciones netas, el ingreso diario por esta producción es de \$981.720, obteniendo como utilidad \$294.516. Para el año 2016 el equipo de túnicas estuvo detenido 332 horas netas de trabajo, lo que significó un costo por operario ocioso de \$16.296.552.
- **Reparaciones de alto costo:** Al actuar de manera reactiva ante la falla de un equipo, implica que la reparación de éste sea compleja y de costos elevados. Por ejemplo, realizar cambio de aceite a un motor, para lubricar sus piezas, tiene un costo de \$40.000, pero no realizar el cambio de éste y mantener los niveles en condiciones inferiores a las requeridas, conlleva a que el roce de las piezas aumente la temperatura y finalmente tranque el motor. El costo de esta reparación varía entre \$600.000 y \$1.500.000,

⁴ El equipo de túnicas sólo opera en un turno en el día.

dependiendo el daño ocurrido. En este caso conviene realizar acciones de mantenimiento preventivo para evitar costos mayores.

- **Pérdida de cuota de mercado:** El incumplimiento de contratos por parte de Foliaplast, no sólo afecta económicamente, sino que también tiene un impacto en la imagen, la confiabilidad y el prestigio de la empresa, trayendo como consecuencia la pérdida de clientes.

Para efectos de cálculos se utiliza un supuesto de un ingreso mensual de \$43.000.000, de los cuales el 80% está sujeto a contratos con grandes empresas de la zona; \$7.200.000 pertenecen a compras realizadas por el sector hospitalario, \$5.200.000 a la industria pesquera y \$22.000.000 a una empresa del sector agroindustrial. El 20% restante corresponde a la venta minorista efectuada en el local. En base a lo anterior se exponen en la Tabla 1.5 los siguientes casos y sus consecuencias.

CASOS	INGRESOS (\$)/MENSUAL	UTILIDADES (\$)/MENSUAL	CUOTA DE MERCADO (%)	DISMINUCIÓN DE UTILIDADES (%)	DISMINUCIÓN DE CUOTA DE MERCADO (%)
Condición actual (sin pérdida de clientes).	\$ 43.000.000	\$ 12.900.000	30%	0%	0%
Pérdida del sector hospitalario y el resto de clientes se mantiene constante.	\$ 35.800.000	\$ 10.740.000	25%	17%	5%
Pérdida del sector agroindustrial y el resto de clientes se mantiene constante.	\$ 21.000.000	\$ 6.300.000	15%	51%	15%
Pérdida del sector pesquero y el resto de clientes se mantiene constante.	\$ 37.800.000	\$ 11.340.000	26%	12%	4%
Cierre local, sin venta a minoritas. Sólo venta a las grandes empresas.	\$ 34.400.000	\$ 10.320.000	24%	20%	6%

Tabla 1.5 - Casos de pérdida de cuota de mercado.

Fuente: Elaboración propia.

Las detenciones de producción que conllevan retrasos en las entregas, han obligado a Foliaplast a tomar medidas compensatorias para sus clientes, como descuentos y pagos de multas. Sin embargo, el reiterado incumplimiento de contratos ha provocado molestias e insinuaciones de término de relaciones comerciales.

En la Tabla 1.5, es posible analizar el efecto pérdida de cliente y participación de mercado, la cual se puede observar que está condicionada principalmente por las empresas

agroindustrial, pesquera y hospitalarias, las que proporcionan el 80% de los ingresos de Foliaplast. Es por ello que dar cumplimiento a los contratos y mantener la certificación ISO 9001, es parte importante para la fidelización de los clientes. Para responder oportunamente a las obligaciones contractuales, la empresa ha realizado medidas de contingencia como la tercerización, la cual ha aumentado los costos operacionales. En general estas consecuencias (sanciones, tercerización, contratación de especialista externo, costo de oportunidad y reparaciones de alto costo) se han traducido en pérdidas económicas para Foliaplast, disminuyendo las utilidades esperadas en un 74%.

1.4 Objetivos y resultados esperados

En este punto se definirán los objetivos, resultados esperados, los alcances y limitaciones del presente trabajo de título.

1.4.1 Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento para los equipos críticos del área de producción de la fábrica de productos de polietileno Foliaplast, basado en la metodología RCM II.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa.
- Identificar los equipos críticos para definir el área de estudio.
- Establecer una propuesta que permita organizar y programar el mantenimiento utilizando el método RCM II.
- Evaluar la viabilidad de la propuesta a través de los costos.

1.4.3 Resultados esperados

Este trabajo de título, pretende realizar una propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos pertenecientes a la fábrica de productos de polietileno Foliaplast, programando de manera anticipada, las detenciones por mantención que permitan prevenir fallas inesperadas, con el fin de cumplir con los contratos oportunamente y reducir los costos operacionales.

1.4.4 Alcances y limitaciones

Considerando que el presente trabajo de título es una propuesta, se descarta la implementación y simulación de éste por parte de los autores suscritos. Este estudio analizará exclusivamente los equipos del área de producción de Foliaplast y para efectos de cuantificación, se considerarán casos reales y supuestos.

Debido a la inexistencia de registros históricos de detenciones de los equipos, se comienza a recopilar información desde Enero 2016 con el fin de generar una data que sustente la programación de mantenciones futuras. Dicha información es obtenida mediante focus group, encuestas a los trabajadores de la empresa y visitas a terreno.

Capítulo 2. Marco teórico

En este capítulo se describen las metodologías que se utilizan para elaborar un plan de mantenimiento, como también algunas definiciones y herramientas complementarias que permitirán dar solución al problema identificado.

2.1 Falla

Según Moubray (2004), es la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. Por otro lado Torres (2005), manifiesta que es el deterioro o desperfecto en las instalaciones o equipos que no permite su normal funcionamiento.

2.1.1 Clasificación de fallas

Según Torres (2005), los distintos aspectos que una actividad productiva permite clasificar las fallas de la siguiente manera:

- Fallas que afectan a la producción.
- Fallas que afectan a la calidad del producto.
- Falla que comprometen la seguridad de las personas.
- Fallas que degradan el ambiente.

Las dos primeras afectan directamente al producto, ya sea en cantidad y/o calidad, las otras dos afectan el entorno.

Otra clasificación importante de la fallas, es bajo la perspectiva del mantenimiento, que según el mismo autor se distinguen como sigue:

- **En función de la capacidad de trabajo de la instalación.**

Averías totales: Son aquellas que ponen fuera de servicio a todo el equipo [Torres, 2005].

Fallas parciales: Son aquellas que ponen fuera de servicio sólo una parte del equipo [Torres, 2005].

- **En función de la forma que aparece la falla.**

Fallas repentinas: Aparecen sin mediar un evento que pudiera anunciar la aparición de una falla, están asociadas a roturas de piezas o componentes de la instalación antes de lo previsto o una suma de circunstancias que no se pueden predecir [Torres, 2005].

Fallas progresivas: Tienen generalmente su origen en el desgaste paulatino de algún elemento, en la abrasión, falta de ajustes, etc. Este tipo de fallas da muchas señales antes de producirse, avisan la proximidad de una avería, y con un seguimiento se puede determinar con mucha exactitud el momento en que se producirá el desperfecto [Torres, 2005].

2.2 Mantenimiento

Según la Real Academia Española (2014) el mantenimiento es un conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente; por otra parte García Garrido (2010) establece que son un conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

2.2.1 Objetivos del mantenimiento

Según García Garrido (2010) el mantenimiento considera cuatros aspectos:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado.

2.2.2 Clasificación del mantenimiento

A continuación, en la Figura 2.1 se presenta la clasificación del mantenimiento según Torres, (2005).

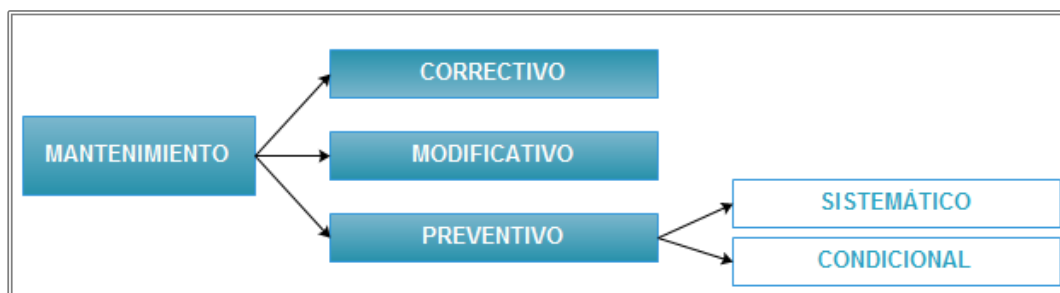


Figura 2.1 - Clasificación del mantenimiento.
Fuente: Torres, 2005.

La siguiente clasificación se describe a continuación.

Mantenimiento correctivo

Consiste en reparar las averías a medida que se van produciendo, sin embargo el principal inconveniente que tiene este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento en que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización. Este tipo de mantenimiento se caracteriza por:

- Estar basado en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conllevar discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tener una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Poseer un bajo nivel de organización [Torres, 2005].

Mantenimiento modificativo

Este mantenimiento modifica las características de las instalaciones o equipos, para lograr una mayor fiabilidad y/o mantenibilidad de los mismos. También es utilizado con el fin de obtener un mejor rendimiento, de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación [Torres, 2005].

Se puede realizar este tipo de mantenimiento en tres etapas de la vida útil de un equipo; es cuando se pone en funcionamiento por primera vez, la segunda es durante su funcionamiento y por último éste mantenimiento se utiliza cuando un equipo entra en la época de vejez [Torres, 2005].

Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar este tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de esta naturaleza, ya que al realizarlo se está rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica [Torres, 2005].

Mantenimiento preventivo

Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas. Se aplica a las instalaciones o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua [Torres, 2005].

Requiere implementar una política de mantenimiento preventivo eficaz, es decir, no se puede hacer sin un servicio de métodos que cuantifique el costo directo del mantenimiento y que a su vez permita:

- La gestión de documentación técnica.
- Preparar intervenciones preventivas.
- Organizar con producción paradas programadas [Torres, 2005].

Mantenimiento sistemático

Se efectúa de acuerdo a un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas. Requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que exista el conocimiento previo del comportamiento de los materiales. Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención. Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, y así contar con los datos históricos de cada equipo [Torres, 2005].

Mantenimiento condicional o predictivo

Consiste en el análisis de parámetros de funcionamientos cuya evolución permite detectar un fallo antes de que éste tenga consecuencias más graves. Su objetivo es reducir los tiempos muertos, inventarios, tiempos extras, de compras de piezas emergentes; lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos del departamento de mantenimiento. Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando [Torres, 2005].

Ventajas

- Reduce el tiempo de detención al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.

- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la detención de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

2.2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

En este ítem se presentan las principales variables e indicadores que permitirán ponderar la calidad de operación de los equipos, estableciendo métodos cuantitativos que medirán dicha calidad, aportando en el análisis y la gestión del mantenimiento [Torres, 2005].

Para interpretar la forma en que actúa el mantenimiento, es necesario analizar las distintas variables que repercuten en el desempeño de los sistemas, y éstas son:

- Confiabilidad o fiabilidad
- Mantenibilidad
- Disponibilidad [Torres, 2005].

2.2.3.1 Confiabilidad operacional

Es la confianza que se tiene de que un componente, equipo, sistema que desempeñe su función básica durante un periodo establecido, bajo condiciones estándares de operación [Mesa, Ortiz, & Pinzón, 2006].

Según Amendola (2006), la confiabilidad operacional depende de cuatro factores: confiabilidad de los procesos, humana, de los equipos y mantenibilidad, los cuales se pueden observar en la Figura 2.2 [Amendola, 2006].

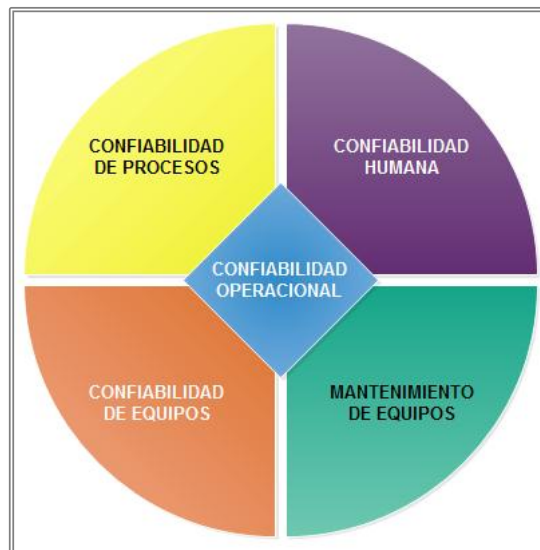


Figura 2.2 - Factores de la confiabilidad operacional.
Fuente: Amendola, 2006.

La confiabilidad de un equipo, de acuerdo a Torres (2005) puede ser expresada a través de la siguiente fórmula:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Fórmula 1

Dónde:

- $R(t)$: Confiabilidad de un equipo en el tiempo "t" dado.
 e : Constante Neperiana (2,303...).
 λ : Tasa de falla (número total de fallas por periodo de operación).
 t : Tiempo.

- La confiabilidad implica tiempo, por lo que decir que un equipo es un x % confiable, carece de mayor significado si no se especifica con respecto a qué periodo. Por lo que más indicativo y útil es el tiempo medio entre fallas como medida de confiabilidad [Torres, 2005].

2.2.3.2 **Tiempo medio entre fallas (MTBF)**

De acuerdo a Amendola (2006), este parámetro estadístico es el principal indicador de la confiabilidad, mide el tiempo promedio que un equipo funcionará correctamente entre dos fallas consecutivas. Para un determinado periodo de tiempo de vida de un equipo, el MTBF, es la razón entre el tiempo total acumulado y el número de fallas ocurridas durante ese transcurso [Amendola, 2006].

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación}}{\textit{Número de fallas}} = \frac{T}{k} [\textit{Hrs}] \quad \text{Fórmula 2}$$

Mientras mayor es el MTBF, mayor es la confiabilidad del equipo, sin embargo, mientras más extenso es el periodo de misión del equipo, la confiabilidad disminuye.

2.2.3.3 **Mantenibilidad**

Es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza a una máquina en cuanto a su facilidad a realizarle el mantenimiento, depende del diseño y pueden ser expresados en términos de frecuencia, duración y costo [Torres, 2005].

2.2.3.4 **Tiempo medio para reparar (MTTR)**

Variable principal que corresponde a la mantenibilidad. Es aquel que indica la media de los tiempos técnicos de reparación o de intervención de un equipo.

El MTTR incide en la disponibilidad y no en la confiabilidad. Su fórmula se expresa en el tiempo total detenido por el número de fallas en un periodo de tiempo determinado [Amendola, 2006].

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de parada}}{\textit{Número de fallas}} = \frac{T_p}{k} [\textit{Hrs}] \quad \text{Fórmula 3}$$

2.2.3.5 Disponibilidad

Según Torres (2005), la disponibilidad es la proporción de tiempo durante el cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

La disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas.
- El tiempo que demanda reanudar el servicio.

Por lo que la disponibilidad por avería se define mediante los parámetros mencionados anteriormente MTBF y MTTR, es decir, en función de la confiabilidad y mantenibilidad, expresada en la siguiente fórmula:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Fórmula 4}$$

Por otra parte, según García Garrido (2003), la *disponibilidad total* es equivalente a las horas totales menos las horas por mantenimiento, dividido las horas totales.

D, es un valor entre cero y uno, el que expresa el grado de certeza o seguridad que se tiene con respecto a un equipo.

En la Figura 2.3 se observa de forma esquemática la relación que existe entre los indicadores con respecto a la vida útil de un equipo.

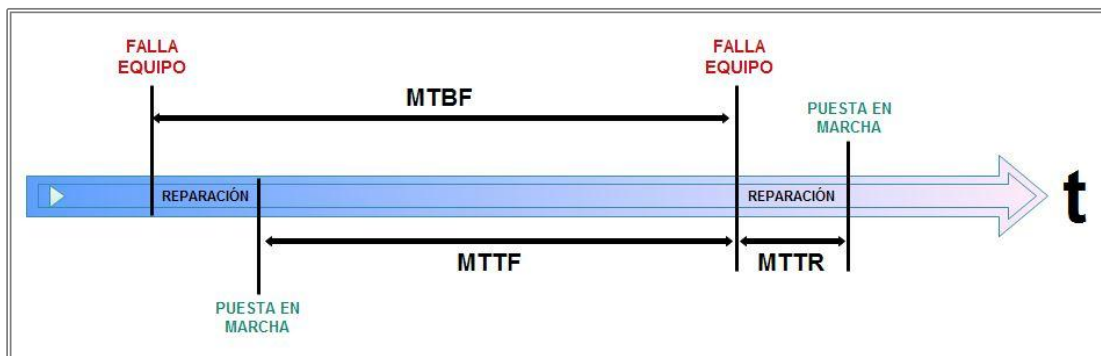


Figura 2.3 - Relación entre indicadores.
Fuente: Amendola, 2006.

El MTTF (Tiempo promedio para fallar) mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo sin interrupciones dentro del periodo considerado, es decir entre que se reparó el equipo y falló nuevamente [Amendola, 2006].

2.2.3.6 Tasa de fallas

Según Torres (2005), esta tasa se define como el número de fallas por unidad de tiempo. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de equipos} * \text{tiempo de operación}} = \frac{K}{N * t} = \frac{K}{T} \quad \text{Fórmula 5}$$

Durante el tiempo de explotación de un equipo, éste exhibe variaciones de la tasa de fallas, las cuales se representan en la “curva de la bañera”, gráfica que distingue tres etapas, en la vida útil de un equipo, tal como se muestra en la Figura 2.4.

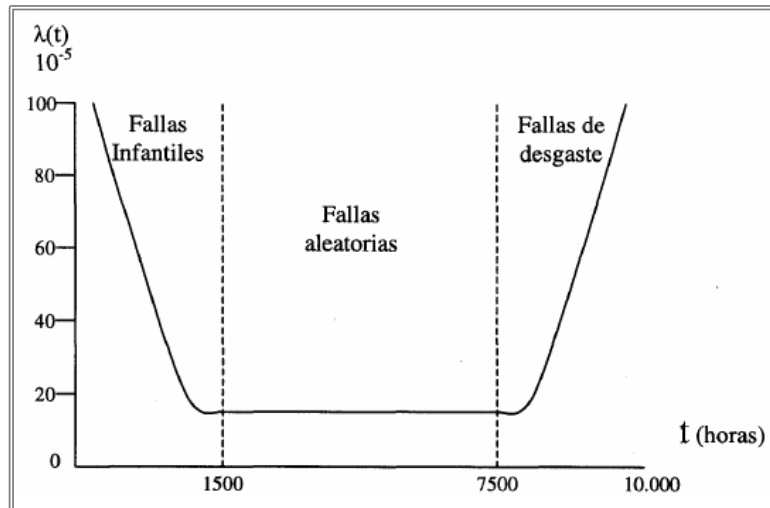


Figura 2.4 - Curva de la bañera.
Fuente: Torres, 2005.

Según Torres (2005), las siguientes zonas se definen como sigue:

- **Zona de mortalidad infantil:** este es el periodo inicial, usualmente están relacionadas a procesos de calidad y manufactura defectuosos, por ejemplo

errores de armado, instalación, almacenamiento, suciedad, entre otros. En esta etapa la tasa de falla es decreciente [Torres, 2005].

$$\lambda < 1$$

- **Zona de fallas aleatorias:** En este periodo se asume una tasa de falla constante, las fallas son aleatoria o independiente del tiempo de vida del equipo [Torres, 2005].

$$\lambda = cte.$$

- **Zona de desgaste por envejecimiento:** La razón de fallas aumenta progresivamente, a medida que pasa el tiempo y los mecanismos de desgaste se aceleran (efectos de edad y desgaste por uso) [Torres, 2005].

$$\lambda > 1$$

2.3 Costos del mantenimiento

El costo de mantenimiento es el precio pagado por las acciones realizadas para conservar o restaurar equipos, infraestructuras, herramientas, entre otras. Lo ideal es que estos costos sean mínimos, utilizando los recursos disponibles de la mejor manera, para ello es importante medir la ejecución y el desempeño, sin que esto implique pérdidas de producción [Torres, 2005].

2.3.1 Costos de mantenimiento correctivo v/s preventivo

Según Tavares (1996), la implantación de la planificación y control, que busca la prevención o predicción de fallas, presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables, que pueden representar en el cómputo total, un ahorro de 300% a 500% siendo más de la mitad de este ahorro debido a la facturación cesante, considerando el costo total de una parada de equipo, como la suma del costo del mantenimiento, que incluye el costo de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles, lubricante y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas) debido a: mala calidad del trabajo; falta de equipos, costos por emergencia; costos extras para reorganizar la producción; costos por repuestos de emergencia; penalidades comerciales e imagen de la empresa. Experiencias de evaluación

del costo de indisponibilidad muestran que éste representa más de la mitad del costo total de la parada [Tavares, 1996].

En la Figura 2.5, se puede observar el comportamiento del costo del mantenimiento a lo largo del tiempo.

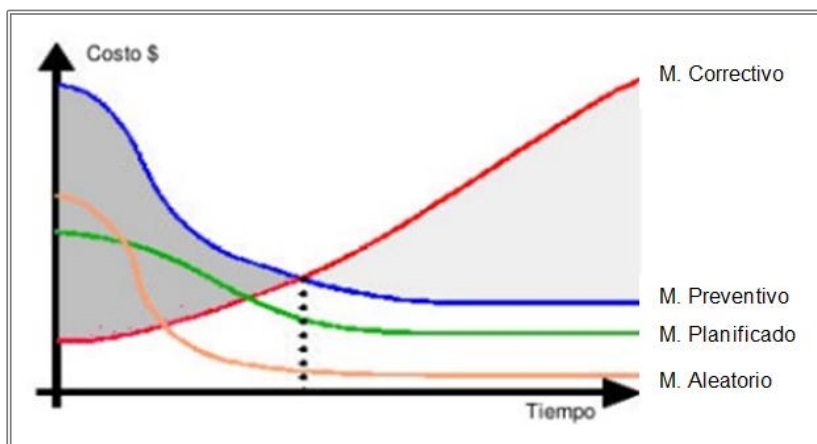


Figura 2.5 - Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo.
Fuente: Tavares, 1996.

El mantenimiento correctivo es representado en la curva color rojo, la cual es ascendente debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento de stock de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgo de accidente. El mantenimiento preventivo representado por la curva de color azul es descendente y tiende a estabilizarse en costos menos elevados [Tavares, 1996].

La inversión inicial en mantenimiento planeado, es mayor que el mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento, que al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento planeado y aleatorio, identificado como mantenimiento preventivo, a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al mantenimiento correctivo. En el aspecto de

disponibilidad y confiabilidad, la planeación y control del mantenimiento disminuye las interrupciones imprevistas de producción y mejora la distribución de la ocupación de la mano de obra, reduciendo las colas de espera de los equipos que aguardan mantenimiento [Tavares, 1996].

Consecuentemente los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curva de mantenimiento por ruptura (correctivo) y con prevención, antes y después de ese punto sean iguales. Si la vida útil de los equipos de instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La preparación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los costos iniciales del mantenimiento aleatorio restante, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo no genera grandes cambios en el resultado económico [Tavares, 1996].

Aparentemente la reparación o sustitución de un componente averiado puede parecer más rápida, sin embargo en un análisis global, se verifica que ésta es una concepción falsa, pues generalmente una avería perturba la homogeneidad de los equipos, cuyos resultados acarrearán otras necesidades de intervención [Tavares, 1996]

2.3.2 Cálculo de costos de mantenimiento correctivo

Según Torres (2005), el costo directo asociado con cada tarea de mantenimiento correctivo, CTMC, está relacionado con el costo de los recursos de mantenimiento necesarios para la conclusión con éxito de la tarea. La expresión general del costo de cada tarea de mantenimiento correctivo tendrá la forma siguiente:

$$CTMC = CDMC + CLC$$

Fórmula 6

Dónde:

CTMC : Costo total del mantenimiento correctivo.

CDMC : Costo directo de mantenimiento correctivo.

CLC : Costo por lucro cesante.

A su vez el costo directo de mantenimiento correctivo (CDMC), se obtiene:

$$\text{CDMC} = \text{MODM} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} \quad \text{Fórmula 7}$$

Dónde:

MODM : Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de HH de mantenimiento correctivo por el costo unitario de la HH.

CR : Es el costo de repuestos utilizado en el momento de las reparaciones.

CM : Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento.

CH : Indica el costo de herramental para mantenimiento.

Por otro lado, los costos por lucro cesante (CLC), se obtiene:

$$\text{CLC} = \text{CO} + \text{CI} + \text{CDRP} \quad \text{Fórmula 8}$$

Dónde:

CLC : Costo por lucro cesante.

CO : Costo de oportunidad por hora, el cual se interpreta como la utilidad que se deja de percibir por no producir piezas. Este costo se estima por hora.

CI : Este costo es denominado costo por incumplimiento y representa el valor de la multa que el cliente cobra a la empresa.

CDRP : Este término es denominado costo por deterioro de la producción, representa todas las erogaciones debido a materiales inmovilizados, personal en espera, tiempos necesarios para retomar la marcha de la producción, piezas deterioradas, etc.

2.3.3 Cálculo de costos de mantenimiento preventivo

Estos costos están compuestos por los costos directos de mantenimiento preventivo y por los costos de mantenimiento correctivo asociados a los eventos no controlables.

$$\text{CTPM} = \text{CDMP} + \text{CMC}$$

Fórmula 9

Dónde:

CTMP : Costo total de mantenimiento preventivo.

CDMP : Costo directo de mantenimiento preventivo.

CMC : Costo por mantenimiento correctivo.

A su vez, el costo directo de mantenimiento preventivo se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{CDMP} = \text{MOMP} + \text{CR} + \text{CM} + \text{CH} + \text{C stock} + \text{CO}$$

Fórmula 10

Dónde:

MOMP : Es el costo de mano de obra de mantenimiento preventivo y surge de multiplicar el total de HH.

CR : Es el costo de los repuestos cambiados.

CM : Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento preventivo.

CH : Indica el costo de herramientas para mantenimiento preventivo.

CO : Costo de oportunidad por parada para mantenimiento preventivo.

C stock : Es el costo de mantener el inventario de repuestos.

2.4 Metodologías para mantenimiento de equipos

Este ítem menciona las diferentes metodologías aplicables al mantenimiento de las máquinas, con el objetivo de proponer una solución adecuada al problema en cuestión. Por medio de tablas de comparación, se ponderará y se seleccionará el método indicado que permitirá realizar este trabajo de título.

2.4.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

De acuerdo a Torres (2005), TPM es un sistema japonés, desarrollado a partir del concepto del mantenimiento preventivo. Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implementada ayuda a maximizar la efectividad total de los sistemas productivos. Con la participación de todos los integrantes de la compañía, a través de actividades de pequeños grupos, la meta final es cero averías y cero defectos, mejorando así las tasas de operación de los equipos, minimizando stocks y costos.

Ventajas

- Reducción de los costos del mantenimiento.
- Mejora la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Eliminar pérdidas que afecten a la productividad.
- Mejor control de las operaciones.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad [Torres, 2005].

Desventajas

- El proceso de implementación requiere de varios años.
- Cambio de cultura general.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa.
- Para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición [Torres, 2005].

2.4.2 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Moubray (2004) expresa que el RCM es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. Identificando las circunstancias que llevaron a la falla y luego se pregunta, qué eventos pueden causar que el activo falle.

Amendola (2002) plantea que esta metodología permite identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción. En otras palabras, el mantenimiento debe asegurar que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados, es decir, debe estar centrado en la confiabilidad operacional.

Según estos autores, el RCM presenta ventajas importantes sobre otras técnicas.

Ventajas

- Disminuye los costos de mantenimiento y mejora el funcionamiento de los equipos y sistemas.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos de inspección que tratan de evitarlos.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será una menor carga de trabajo que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de esta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo [García Garrido, 2010].

Desventajas

- Dificultad en el manejo de gran cantidad de información.
- Requerimiento de un equipo de trabajo fijo.
- Dificultad al definir los límites de aplicación de la metodología [García Garrido, 2010].

2.4.3 Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE)

Según Grima & Tort Martorell (1995), las primeras referencias de su aplicación son de los años sesenta en la industria aeroespacial de EE.UU., pero fue el sector del automóvil el que divulgó su utilización.

Esta herramienta persigue resolver los problemas que puedan surgir en un proceso de producción antes de que éstos lleguen a aparecer. Consiste en enumerar cada uno de los posibles fallos que se pueden producir y a través de la valoración de la gravedad de los efectos producidos y la frecuencia de aparición de las causas que los producen, establecer un ranking de acciones a desarrollar para la mejora del diseño [Grima & Tort Martorell, 1995].

De acuerdo a lo anterior, la Asociación de la Industria Navarra (1991), dice que las ventajas y desventajas del AMFE son:

Ventajas

- Identifica todos los modos fallos potenciales y define sus efectos.
- Evalúa los modos de fallos en cuanto a las peores consecuencias posibles que puedan producirse (Jerarquiza los diferentes modos de fallos).
- Identifica métodos de detección de fallos y las medidas de compensación para cada modo de fallo.
- Identifica medidas correctoras de diseño u otras acciones requeridas para eliminar el fallo o controlar el riesgo asociado.

Desventajas

- Se debe entender claramente y aplicar por personal con suficiente experiencia.
- Debe ser particular y específico para cada instalación.

2.4.4 Inspección Basada en Riesgos (RBI)

De sus siglas en inglés RBI (Risk – Based Inspection), es una metodología que utiliza al riesgo como base para gestionar y priorizar los esfuerzos de un plan de inspección. Implica normalmente una reducción en los costos de inspección sin sacrificar seguridad.

El método de Inspección Basada en Riesgo consiste básicamente en combinar la evaluación de:

- Probabilidad de falla: Se obtiene de analizar todas las formas de degradación que puedan ser razonablemente esperadas y que afectan a un recipiente en un servicio particular.
- Consecuencia de falla: Debe considerar los potenciales incidentes que pueden ocurrir como resultado de pérdidas de fluido, explosiones, fuego, exposición tóxica, impacto ambiental y efectos sobre la salud, derivadas de la falla de un equipo [Otegui & Rubertis, 2008].

Ventajas

- Examina unidades de operación dentro de la planta para identificar áreas de alto riesgo.
- Estima un valor de riesgo asociado con la operación de cada ítem de equipamiento basado en una metodología consistente.
- Diseña un programa de inspección apropiado.
- Gestiona sistemáticamente el riesgo de fallas de los equipos.

2.5 Selección de la metodología

En este punto se procederá a seleccionar mediante una tabla de ponderación la metodología más adecuada, considerando los antecedentes expuestos en la descripción de cada una, según los antecedentes de la empresa y la definición del problema.

En la Tabla 2.1 se calificó las metodologías definidas en el ítem 2.4, de acuerdo a siete factores que influyen en el problema, según las causas y sus consecuencias. Éstos fueron ponderados (0,20 – 0,15 – 0,10 – 0,05) según su relevancia. La calificación de estos factores fue 1 – 5 – 10 (siendo 1 bajo, 5 medio, 10 alto) según el cumplimiento en cada metodología. Para conseguir el puntaje de cada método, se ha multiplicado la ponderación con la calificación de cada factor, siendo la sumatoria de éstos el resultado final. El de mayor valor permitirá dirimir la técnica más adecuada.

FACTORES	PONDERACIÓN	METODOLOGÍAS			
		RCM II	TPM	FMEA	RBI
Aumenta la disponibilidad y la confiabilidad operacional	0,20	10	10	5	5
Análisis de fallos	0,10	10	10	10	5
Desarrollo de mecanismo de inspección	0,15	10	10	5	5
Disminuye costo de mantenimiento	0,10	10	10	5	1
Previene fallas	0,20	10	5	10	1
Crea registro de fallas	0,20	10	5	10	1
Disminuye riesgos	0,05	1	1	1	10
RESULTADOS	1	9,55	7,55	7,3	3,25

Tabla 2.1 - Selección de metodología.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la Tabla 2.1, fueron logrados mediante la sumatoria de la ponderación de cada factor por la calificación obtenida en cada metodología, dando como conclusión la técnica más idónea para la solución del problema, el RCM II.

Con base en lo anterior, la metodología RCM II es la técnica más adecuada para abordar el problema actual que presenta la fábrica Foliaplast. El conjunto de todos los factores de relevancia, permiten desarrollar un plan de mantenimiento idóneo para cada equipo, mediante un análisis de falla, logrando prevenir y disminuir las detenciones inesperadas, con el fin de reducir los costos del mantenimiento correctivo actual.

Capítulo 3. Metodología

En este capítulo se describirá los principios y aplicaciones de la metodología RCM II, la cual permitirá cumplir con los objetivos propuestos y dar solución al problema detectado.

3.1 RCM II

El RCM II identifica las formas en las cuales el sistema puede fallar en el cumplimiento de esas expectativas (estados de fallas), seguidos por el análisis de los modos de fallas y efectos, para identificar los eventos que son las probables causas de cada estado de falla [Pérez Jaramillo, 1992].

3.1.1 Diagrama de flujo del RCM II

Según Pérez Jaramillo (1992), para determinar cuáles son las tareas adecuadas y el programa de mantenimiento a realizar para los activos físicos, la Figura 3.1 muestra el diagrama de flujos de manera estructurada, que consta en identificar el sistema, definir funciones, las consecuencias y los modos de fallas.

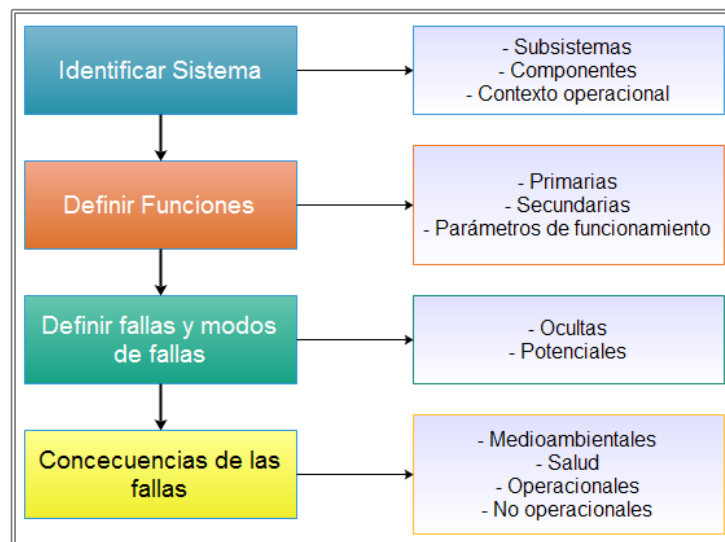


Figura 3.1 - Diagrama de flujo RCM II.
Fuente: Pérez Jaramillo, 1992.

Con base en la imagen anterior, se definirán los conceptos:

- **Identificar sistemas:** Es donde se selecciona el objeto de estudio, definición de frontera e interfaces [Pérez Jaramillo, 1992].

- **Definir funciones:** Parámetros de funcionamiento, es donde se define las funciones básicas de cada activo en su contexto operacional, o sea determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga y asegurar que es capaz de realizarlo, se dividen en:
 - **Funciones primarias:** Razón de ser del activo o para qué se adquirió [Pérez Jaramillo, 1992].
 - **Funciones secundarias:** Funciones adicionales que cumple el activo, relacionadas con seguridad, protección, apariencia, regulaciones ambientales, etc [Pérez Jaramillo, 1992].

- **Definir fallas y modo de fallas:** Esta se presenta cuando el activo no cumple una función primaria o secundaria de acuerdo al parámetro de funcionamiento. Dentro de estos modos de fallas se incluye las causadas por deterioro o desgaste, por error humano y/o de diseño [Pérez Jaramillo, 1992].

- **Consecuencias de las fallas:** Se determinan las fallas que más afectan a la organización. Aquellas que afecten las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Las consecuencias se dividen en cuatro grupos, las consecuencias por fallas ocultas, ambientales y para la seguridad, operacionales y no operacionales [Pérez Jaramillo, 1992].

Al conocer los modos de fallas y sus consecuencias, se puede determinar si es necesaria la prevención, realizar esfuerzos para predecirla, tipos de intervención periódica para evitar, rediseño para eliminar o ninguna acción [Pérez Jaramillo, 1992].

3.1.2 Las siete preguntas básicas del RCM II

De acuerdo Moubray (2004), el RCM II se basa en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Esta metodología permite saber qué equipos existen en la empresa y decidir cuáles están sujetos a ser revisados por medio de esta técnica. En la

mayoría de los casos, esto significa que se debe realizar un registro de equipos completos si no existe ya uno.

La Figura 3.2 muestra cómo se puede identificar las necesidades de mantenimiento para cada equipo, por lo tanto, RCM II propone siete de preguntas básicas:

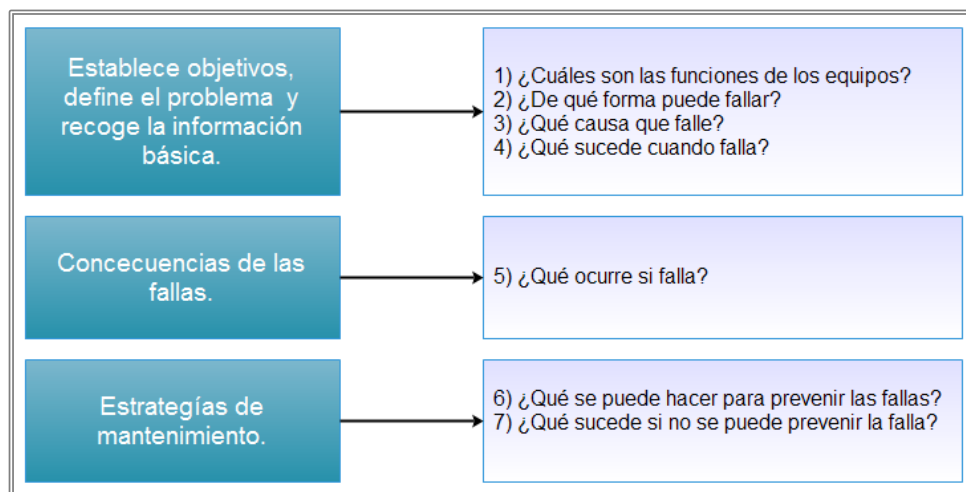


Figura 3.2 - Las siete preguntas básicas.
Fuente: Moubray, 2004.

Para mayor información véase Anexo 6. Las siete preguntas.

3.1.3 Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMFE)

Este análisis permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallas de los equipos, logrando dar respuesta a las preguntas uno, dos, tres y cuatro, de la Figura 3.2, las cuales serán registradas posteriormente en la hoja de información RCM II. Las preguntas cinco, seis y siete serán respondidas en el ítem 3.1.4.

Hoja de información RCM II

En la Figura 3.3 se puede observar el formulario típico de una hoja de información RCM II. Este consta de cuatro columnas donde se registra: las funciones, las fallas funcionales (total o parcial), los modos de fallas (causas) y sus efectos. Las funciones son enumeradas en orden de importancia y las fallas funcionales son registradas mediante letras mientras que los modos de falla son registrados numéricamente.

Hoja de Información RCM II		Sistema:		
		Subsistema:		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1	A	1		
		2		

Figura 3.3 - Hoja de Información de RCM II.
Fuente: Moubray, 2004.

3.1.4 Árbol lógico de decisión RCM II

La herramienta que se observa en la Figura 3.4 permite encontrar cuáles son las tareas y el programa adecuado de mantenimiento a realizar, ya que integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica que se aplica a cada uno de los modos de falla que se encuentran en la hoja de información RCM II. Dando respuesta a las preguntas; cinco, seis y siete de la Figura 3.2, para luego ser registradas en la hoja de decisión RCM II (véase Figura 3.5).

Hoja de decisión de RCM II

A continuación se puede observar la Hoja de Decisión de RCM II, en la Figura 3.5. Ésta cuenta con dieciséis columnas, las cuales serán definidas posteriormente. Las nomenclaturas F, FF y MF ya han sido identificadas anteriormente en la hoja de información (Figura 3.3), por lo tanto, la hoja de decisión es la correlación de ésta.

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora					Sistema N° 001			Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha:		
		Subsistema: Cabezal y boquilla					Subsistema N° 006			Auditor: Jefe de operaciones		Marzo 2017		
Referencia de información		Evaluación de la consecuencia				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
1	A	1												
		2												
	B	1												

Figura 3.5 - Hoja de decisión de RCM II.
Fuente: Moubray, 2004.

De la figura anterior las nomenclaturas son las siguientes:

- **F** : Función principal.
- **FF** : Falla funcional.
- **MF** : Modo de falla.
- **H** : Consecuencia de falla oculta.
- **S** : Consecuencias en la seguridad.
- **E** : Consecuencias ambientales.
- **O** : Consecuencias operacionales.
- **H1, S1, O1, N1**: Factibilidad de realizar tareas a condición.
- **H2, S2, O2, N2**: Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico.
- **H3, S3, O3, N3**: Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas.
- **H4** : Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.
- **H** : Factibilidad de daño al medio ambiente o a la seguridad de las personas.
- **S4** : Factibilidad de realizar una combinación de tareas.

Véase Anexo 7. Registro de las consecuencias de fallas en la hoja de decisión.

3.1.5 Procedimiento operativo estándar (POE)

En este ítem se desarrollará un documento donde se describe de forma detallada y secuencial los procedimientos y actividades de mantenimiento que se deben realizar a un equipo, como también especificar el encargado y la periodicidad de su ejecución. El procedimiento operativo estándar está basado en las hojas de información y decisión de la metodología RCM II.

A continuación en la Figura 3.6 se puede observar el formato de documento POE.

	Procedimiento Operativo Estándar Subsistema (Extrusora) Modo de falla Intervalos: Ext. Mayor / Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: X hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por:
		Página 1 de XX
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Figura 3.6 - Procedimiento operativo estándar de RCM II.
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4. Aplicación de la metodología

En este capítulo se aplicará la metodología RCM II, la cual permitirá desarrollar una propuesta de mantenimiento para los equipos críticos del área de producción de Foliaplast.

Se analizarán las formas en que los equipos pueden fallar (estado de falla), se identificará el sistema, se definirán funciones, consecuencias y modos de fallas. Luego por medio del AMFE se obtendrán las probables causas de cada estado de falla, para completar las hojas de información y decisión, finalizando con el procedimiento operativo estandar (POE).

Antes de aplicar la metodología RCM II, es necesario realizar un análisis de criticidad a los equipos para definir el área de estudio. Una vez seleccionados se describirán cada uno de éstos.

4.1 Análisis de criticidad

Este análisis permite acotar el área de estudio mediante una selección de los equipos críticos, por lo que para revelar los de mayor incidencia en la producción y en el problema detectado, se considerarán cuatro criterios, analizados según la opinión de los expertos⁵, la inspección visual y la situación actual.

A continuación se definirán los equipos críticos bajo los siguientes criterios:

- i) **Equipos que afectan a la producción (Opinión de expertos).** Utilizando la pregunta: ¿Según su experiencia, qué equipos afectan la producción cuando se detienen inesperadamente? De la respuesta a esta pregunta se concluyó que existen cuatro equipos de alta criticidad. En la Figura 4.1 se puede observar los equipos críticos según expertos.

⁵ Se entiende por experto a las personas involucradas directamente en la operación de los equipos.

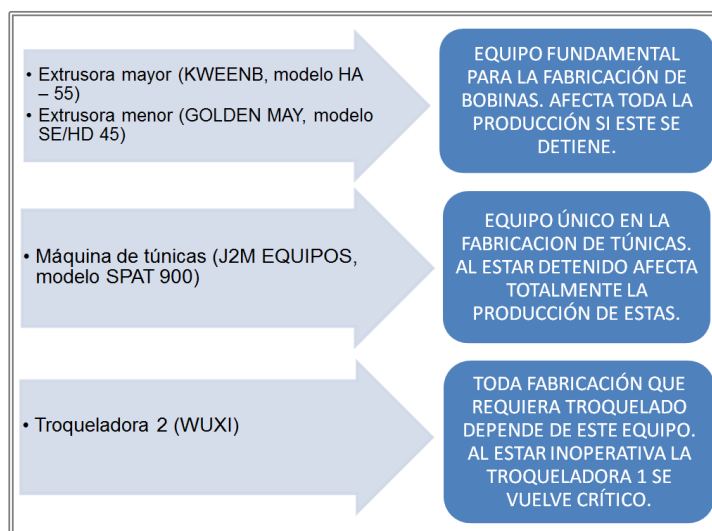


Figura 4.1 - Equipos críticos según expertos.

Fuente: Elaboración propia.

ii) **Criticidad por tiempo de detención.**⁶ Para corroborar la criticidad que señalaron los expertos, se realizó una tabla donde se agruparon de manera jerárquica los distintos tipos de fallas funcionales, considerando el tiempo promedio de paralización⁷ de éstas. Luego se evaluó si el modo de falla afectaba o no al equipo.

⁶ Se discriminó por tiempo de detención de la falla funcional y no por frecuencia, ya que no refleja la incidencia en la producción, es decir, afecta más una paralización de mayor tiempo que varias detenciones con periodos cortos, por lo que el tiempo es un factor preponderante en la producción y la entrega oportuna.

⁷ Este promedio de paralización es obtenido independiente del equipo afectado, es decir, se consideró por falla funcional y no por equipo.

En la Tabla 4.1 se puede observar las ocho fallas funcionales que presentan los mayores tiempos de detención y los equipos que se ven afectados por éstas.

FALLAS FUNCIONALES	Tiempo promedio de reparación [hr]	Extrusora mayor (KVEENB, modelo HA-55)	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SEHD 45)	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Troqueladora 2 (WUXI)	Selladora fondo - preplacadora - corte 3 (TAWMAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS - 3248H2)	Selladora fondo - preplacadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 - 32X48)	Selladora lateral - preplacadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS - 3248H2)
Reductor de velocidad	72	X	X					
Transformador	60	X	X					
Carnisa calefactora	54	X	X					
Motor	50	X	X					
Falla electrónica	49			X				
Husillo	44	X	X					
Rodamientos	43	X	X	X	X	X	X	X
Falla eléctrica	33	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 4.1 - Criticidad de equipos según tiempo de detención.
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 4.1 se observó que los equipos afectados por estas fallas coincidirían con los mencionados por los expertos en la Figura 4.1, siendo las extrusoras los sistemas que se ven involucrados con la mayor cantidad de fallas funcionales.

iii) **Costos.** En la Tabla 4.2 se exponen los costos de reparación, tercerización e incumplimiento de contrato efectuados el año 2016 por las detenciones inesperadas de los equipos preseleccionados anteriormente en la Figura 4.1.

EQUIPO	COSTO DE REPARACIONES (\$)/ ANUAL	COSTO POR TERCERIZACIÓN (\$)/ ANUAL	COSTO POR INCUMPLIMIENTO DE CONTRATO (\$)/ ANUAL
Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	6.346.405	13.580.105	1.439.740
Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	5.821.000	15.860.220	1.836.110
Máquina de túnicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	3.978.558	0	3.068.060
Troqueladora 2 (WUXI)	1.050.030	280.500	0
TOTAL COSTOS	17.195.993	29.720.825	6.343.910

Tabla 4.2 - Costos adicionales del año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Tabla 4.2 que los equipos de extrusión presentan los mayores costos de reparación y tercerización, sin embargo también afectan en el cumplimiento de los contratos. En el caso de la máquina de túnicas, ésta no posee costos por tercerización, ya que no subcontrata el producto, viéndose reflejado en un alto desembolso por multas. De estos tres costos, los más bajos lo tiene la Troqueladora 2 (WUXI), ya que es un equipo menor en cuanto a la operación que realiza y a las reparaciones que necesita. No presenta incumplimiento de contrato, ya que ha respondido a la demanda tercerizando su producción con un costo menor en comparación a las extrusoras.

iv) **Cantidad de fallas por equipo.** Ya obtenida la criticidad en cuanto al efecto en la producción y al tiempo de detención, es posible considerar este nuevo criterio como un factor de discriminación. A continuación en la Tabla 4.3 es posible observar la cantidad de detenciones inesperadas de cada equipo ocurridas el año 2016.

EQUIPOS	CANTIDAD DE DETENCIONES/ ANUAL
Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	34
Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	29
Máquina de túnicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	31
Troqueladora 2 (WUXI)	14

Tabla 4.3 - Cantidad de fallas por equipo en el año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Considerando los valores de la Tabla 4.3 se puede inferir que la Troqueladora 2 (WUXI) es el equipo con menor cantidad de detenciones, aproximadamente la mitad de las que presentaron cada uno de los otros equipos.

De acuerdo a los criterios iii y iv, el equipo Troqueladora 2 (WUXI) presenta la menor cantidad de costos y detenciones, minimizando la relevancia de éste. Por lo tanto, de acuerdo a este análisis, se ha cumplido con el segundo objetivo específico, identificar los equipos críticos para definir el área de estudio, los cuales son:

- Máquina de túnicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)
- Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)
- Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45).

Para conocer los procesos donde operan estos equipos, véase Anexo 8. Líneas críticas de producción.

4.2 Descripción de los sistemas críticos

Extrusoras

La extrusora es un equipo mecánico que permite el moldeado, por flujo continuo con presión y empuje. Su labor comienza cuando el pellet es alimentado a la tolva, donde se mezcla con el aditivo LLDPE (Polietileno Lineal de Baja Densidad), el cual otorga resistencia y color al material. Esta materia prima es empujada, fundida y direccionada por un husillo (tornillo de Arquímedes) que gira a través de una cavidad cilíndrica. El material se homogeniza a medida que aumenta su temperatura debido a la fricción y compresión del tornillo y los inductores magnéticos. Antes de llegar a la boquilla, pasa por un filtro, el cual retiene las impurezas que contaminan el producto y dañan el molde. A la preforma obtenida se le inyecta aire por medio de unas mangueras conectadas a un compresor modelo MSV 10 VL/ 200, formando una burbuja que posteriormente es aplastada por rodillos, la cual es enrollada hasta formar una bobina [ASIPLA, 2015].

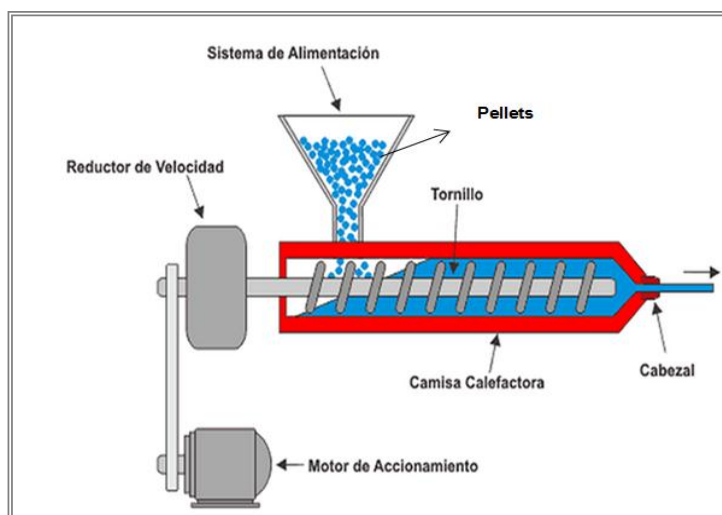


Figura 4.2 - Esquema del equipo extrusor.
Fuente: ASIPLA, 2015.

Extrusora mayor

En la Figura 4.3 se puede observar el equipo extrusor de fabricación taiwanesa marca KWEENB, modelo HA – 55, que procesa polietileno de alta y baja densidad. Sus dimensiones son aproximadamente de 7 m de altura, con un largo de 4 m y un ancho de

3 m. Posee un tornillo de 0.055 m de diámetro y un rodillo de presión de 0,12 m de largo, con un diámetro de 0,016 m.

Este equipo trabaja generalmente a una T° de 125°C al inicio de la cavidad cilíndrica, a medida que avanza el material, éste aumenta su T° hasta llegar a los 230°C aproximadamente.

La capacidad de producción; en baja densidad, es de 75 – 85 kg/hr con un espesor de película de 0,008 ~ 0,1 mm y en alta densidad 65 – 75 kg/hr con un espesor de película de 0,01 ~ 0,2 mm. Las bobinas pueden llegar a tener 1,10 m de ancho.



Figura 4.3 - Extrusora mayor (KWEENB, HA- 55).
Fuente: Foliplast.

Extrusor menor

En la Figura 4.4 se puede observar el equipo taiwanés marca GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45, que procesa polietileno de alta y baja densidad. Sus dimensiones son 3 m de altura, con un largo de 2,5 m y 1,4 m de ancho. Posee un rodillo de presión de 0,65 m de largo, un cabezal de matriz y un husillo de 0,06 m y 0,044 m respectivamente.

Este equipo trabaja a distintas temperaturas, generalmente a 160°C al inicio de la cavidad cilíndrica, aumentando a medida que avanza el material hasta llegar alrededor de los 240°C en la boquilla.

La capacidad de producción, depende del ancho y las micras de espesor, variando de 25 a 40 kg/hr, con un ancho máximo de 0,6 m, lo que limita el uso de éstas para productos de mayor tamaño.



Figura 4.4 - Extrusora menor (GOLDEN MAY, SE/HD 45).
Fuente: Foliplast.

Máquina de tónicas

Este equipo fabricado en Chile el año 2013, marca J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900, es de programación digital, con características similares a una máquina de sellado, prepicado y corte. Su función en Foliaplast es elaborar tónicas para la industria de alimentos. Las dimensiones de éste son: 3,5 m de largo, 2,2 m de alto y 1,2 m de ancho. La potencia a la cual trabaja es de 1400 w.

En la Figura 4.5 se puede observar éste equipo en funcionamiento.

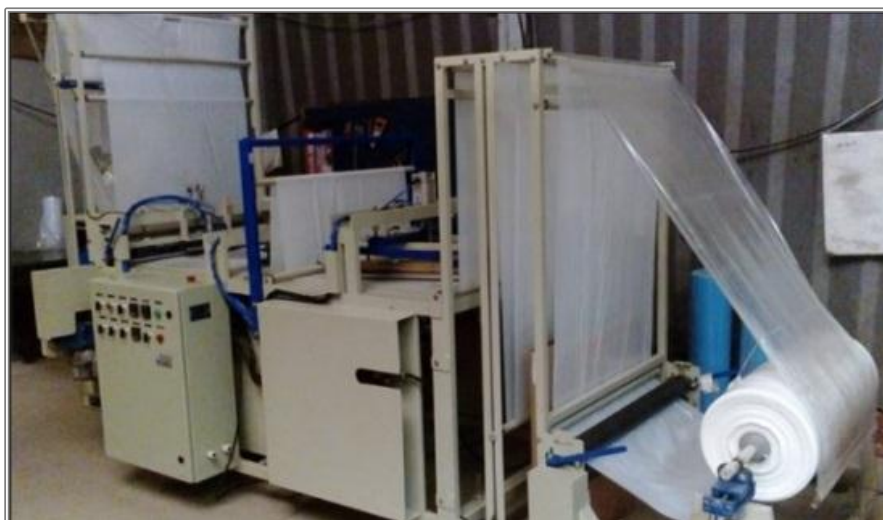


Figura 4.5 - Equipo de tónicas (J2M EQUIPOS, SPAT900).
Fuente: Foliaplast.

De los equipos descritos anteriormente, las extrusoras son de similares características, las cuales sólo difieren del modelo. De acuerdo a los registros del año 2016, las fallas funcionales y los modos de falla que presentan ambos equipos son los mismos, por lo que para efectos de evitar duplicidad en la hoja de información y decisión, se presentará un solo documento para ambos equipos.

Para dar inicio al desarrollo de la hoja de información, llamaremos SISTEMA a los equipos críticos a analizar y SUBSISTEMAS a los componentes o piezas principales de cada uno de éstos.

4.2.1 Análisis modos de falla y efectos (AMFE)

En este ítem se analizaron los modos de fallas y efectos de los equipos críticos en estudio por medio de la hoja de información.

A continuación en la Tabla 4.4 se presenta un extracto de la hoja información RCM II para el subsistema motor de los equipos extrusores.

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Motor		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Transforma la energía eléctrica en energía mecánica, la cual permite realizar los trabajos.	A Motor trabado (no arranca).	1	Problema de cableado.	No suministra la energía necesaria para realizar trabajos mecanizados.
		2	Rodamientos en mal estado.	
		3	Problema en la placa de bornes.	
		4	Cambio motor quemado.	
	B Chaveta dañada.	1	Desgaste y cizalle de la chaveta.	La chaveta se desgasta o se rompe por cizalle.
	C Daños en el bobinado.	1	Cables de alimentación largos y/o de sección inferior a la necesaria.	Sobrecalentamiento, corto entre fases y desequilibrio de tensión.

Tabla 4.4 - Extracto de la hoja de información RCM II subsistema motor.
Fuente: Elaboración propia.

Las hojas de información correspondientes a los demás sistemas y sus subsistemas se pueden observar en el Anexo 9. Hojas de información RCM II.

4.2.2 Árbol lógico de la decisión RCM II

Una vez elaboradas las hojas de información de los sistemas, se utilizó el árbol lógico de la decisión RCM II (ver Figura 3.4), para clasificar cada efecto de falla, de acuerdo al tipo y gravedad de las consecuencias que tengan.

El siguiente paso en la metodología RCM II, es la toma de decisiones de las tareas o acciones que se realizarán para prevenir y/o reducir a un nivel aceptable las fallas. Para ello, primero se debe identificar la consecuencia de la falla funcional, luego identificar la tarea

proactiva que se realizará o en su defecto, las acciones “a falta de” para tratar directamente el estado de falla.

En la Tabla 4.5 se muestra un resumen de las categorías fundamentales que para aplicar el árbol lógico de la decisión.

CONCEPTO	CATEGORÍAS
Consecuencias	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas ocultas • Ambientales y seguridad • Operacionales • No operacionales
Tareas proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Tarea a condición • Reacondicionamiento cíclico • Sustitución cíclica
Acciones a falta de	<ul style="list-style-type: none"> • Busquedas de fallas • Ningún mantenimiento programado • Rediseño

Tabla 4.5 - Consecuencias, tareas proactivas y acciones “a falta de”.
Fuente: Elaboración propia.

Para establecer el intervalo de tiempo de cada POE, se consideró la cantidad de detención por cada modo de falla según registro 2016, opinión de expertos y manuales de mantenimiento.

Los resultados obtenidos en esta etapa, se registran en la hoja de decisión RCM II, las cuales se pueden observar en el Anexo 10. Hojas de decisión RCM II. A continuación se muestra un extracto de estas en la Tabla 4.6.

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor										Sistema Nº 001		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017	
Subsistema: Motor		Subsistema: Motor										Sistema Nº 001		Auditor: Jefe de operaciones		A realizarse por	
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1	H2	H3	Acción a falta de					Tarea propuesta	Intervalo inicial		A realizarse por				
					O1	O2	O3	H4	H5		S4	Extrusora mayor		Extrusora menor			
F	FF	FM	H	S	E	O	M1	M2	M3								
1	A	1	S	N	N	S					A condición: Revisión general de cables.	Semestral	Semestral	Operario			
		2	S	N	N	S		S		Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de redamientos del motor.	Trimestral	Trimestral	Operario				
		3	S	N	N	S		N	S		Sustitución cíclica: Sustitución de rodamientos del motor.	Anual	Anual	Operario			
		4	S	N	N	S		S			Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de la placa de bomes.	Trimestral	Trimestral	Mecánico			
B	1	S	N	N	S		N	N		A condición: Monitorear motor.	Semestral	Semestral	Mecánico				
		S	N	N	S		N	N		Ningún mantenimiento programado.							
C	1	S	N	N	S		N	N		Sustitución cíclica: Realizar sustitución de la chaveta.	Anual	Semestral	Operario				
		S	N	N	S		N	N		Sustitución cíclica: Realizar sustitución de bobinado	_____	Anual	Mecánico				

Tabla 4.6 - Extracto hoja de decisión RCM II subsistema motor.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Elaboración de los Procedimientos Operativo Estandar (POE).

En el punto anterior se han analizado los equipos, utilizado la herramienta del árbol lógico de decisión, determinando las necesidades reales de mantenimiento para cada activo, la frecuencia de realización y el encargado responsable de llevarlas a cabo. El resultado se presenta en un procedimiento operativo estándar (POE) para cada equipo.

Cabe mencionar, que actualmente la empresa no posee manuales de procedimiento, por lo que mediante investigación y reuniones con operarios de la fábrica, mecánicos y especialistas externos fue posible elaborar los POE.

Como complemento a los POE, es necesario asegurar que tanto los operarios como los responsables de cada procedimiento, al momento de trabajar y realizar mantenciones, cuenten con los siguientes EPP (véase Tabla 4.7) y las respectivas charlas de seguridad.

CUIDADOS OPERATIVOS	
USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
CARÁCTER OBLIGATORIO	
1	Protección auditiva.
2	Protección ocular.
3	Ropa gruesa y adecuada para proteger de posibles lesiones.
4	Guantes resistentes para proteger de cortes, quemaduras, entre otros.
5	Calzado industrial.
6	Casco de protección.
<p>Los equipos de protección personal son unos de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo. Es su deber utilizarlos, ya que la ley 16.744 sobre Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, en su artículo nº 68 establece: "Las empresas deben proporcionar a sus trabajadores, los equipos e implementos de protección necesarios, no pudiendo en caso alguno cobrarles su valor".</p>	

Tabla 4.7 - Cuidados operativos, uso de EPP.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.8 se presenta un extracto de los POE realizados.


	Procedimiento Operativo Estandar Motor (Extrusora) Sustitución de bobinado Intervalo: Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 6 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 8 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo		
3	Aflojar tornillos para desmontar la carcasa trasera, retirar la chaveta y la hélice del ventilador. Aflojar los tornillos para quitar tapa frontal y polea. Finalmente retirar el rotor para poder trabajar en el estator.		
4	Observar y considerar para su posterior reemplazo: El paso de bobinado de arranque, los grupos de bobinas, la formas y la posición. Tener en cuenta las entradas y salidas de cada bobina para sus conexiones.		
5	Retirar todo el alambre del estator con la ayuda de un alicate, limpiar para luego aislar las ranuras.		
6	Considerando la información del paso 4, sustituir las bobinas en las ranuras, las cuales deben ir en dirección del debanado, para que queden bien polarizadas, poner separador entre cada cabeza, conectar y coser.		

Tabla 4.8 - POE para subsistema motor.
Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, se ha confeccionado un plan de mantenimiento, que estandariza los procedimientos de mantención preventiva y de restauración programada. Lo cual permite lograr el tercer objetivo específico propuesto en este trabajo de título, el cual consideraba realizar una propuesta de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM II, documento que se puede observar de forma completa en el Anexo 11. Documento para el mantenimiento de los equipos crítico.

Con la implementación de los procedimientos de mantención propuestos, se pretende entregar confiabilidad y disponibilidad de los equipos, asegurando la operatividad de los meses con mayor demanda, logrando de esta manera disminuir las detenciones inesperadas en la producción.

Paralelo a estos procedimientos (POE), se crearon planillas de registros con el fin de comprobar los mantenimientos y las inspecciones, las cuales se pueden observar en el Anexo 12. Comprobantes de trabajo.

Capítulo 5. Análisis de resultados

En el siguiente capítulo se realizará un análisis de la situación actual versus la propuesta de mantenimiento, la que fue desarrollada para los equipos críticos de la fábrica de productos de polietileno, Foliaplast.

Tras conocer la situación actual, se utilizaron criterios como; opinión de expertos, tiempo de detención, cantidad de fallas por equipo y costos, donde se obtuvieron tres equipos como los de mayor incidencia en las detenciones inesperadas, la extrusora mayor (KWEENB HA – 55), extrusora menor (GOLDEN MAY SE/HD 45) y la máquina de tunicas (J2 EQUIPOS SPAT 900).

De acuerdo al problema planteado, se escogió y desarrolló la metodología RCM II para realizar el plan de mantenimiento a estos equipos, entregando confiabilidad y disponibilidad al proceso productivo.

Para ello, la propuesta contempla realizar una programación del mantenimiento, con un stock de repuestos y capacitaciones a los operarios de la fábrica.

Con el fin evaluar esta propuesta y validar su implementación, se comparó indicadores de gestión y los costos asociados al mantenimiento de los equipos críticos. Sin embargo, considerando los alcances y limitaciones estipulados en el ítem 1.4.4, este trabajo de título no contempla la implementación de la propuesta, por lo que dificulta la comparación de datos, es decir, para analizar esta proposición, se consideraron los tiempos estimados de la realización de los procedimientos operativos estándar para cada equipo, como tiempo de detención. Para cuantificar el mantenimiento correctivo considerado en la propuesta, se utilizó el número de detenciones ocurridas el año 2016 a consecuencia de las acciones reactivas realizadas a los modos de falla, que en la propuesta no son programados.

Cabe destacar, que independiente del método utilizado para elaborar un plan de mantenimiento, siempre existirán fallas repentinas que son impredecibles, por lo tanto, deberán ser abordadas de manera reactivas por el operario, mecánico o un especialista externo según se requiera.

5.1 Mantenimiento preventivo - correctivo

De acuerdo a los antecedentes expuestos en los ítems anteriores, la propuesta programa una serie de acciones para disminuir las detenciones inesperadas de los equipos críticos⁸. Este plan de mantenimiento implica un 77% de acciones preventivas y un 23% correctivo, de un total de 204 detenciones (véase Tabla 5.1). La decisión de realizar acciones programadas o no, depende del tiempo que demora la reparación y el costo de la intervención, contemplando mano de obra, repuestos y costos de oportunidad. Si el costo total de realizar el mantenimiento preventivo es menor al costo de reparación correctiva, incluyendo consecuencias, es viable programar detenciones preventivas para mantener los equipos en buenas condiciones para su funcionamiento y evitar detenciones inesperadas.

Mediante los registros de las detenciones del año 2016, se identificó que las mantenciones realizadas en el periodo, fueron de manera correctiva en su totalidad, debido a que Foliplast no contaba con un plan de mantenimiento y no realizaba acciones preventivas a sus equipos. En la Tabla 5.1 es posible visualizar el tipo de mantenimiento realizado a los equipos en estudio, el año 2016 y de la propuesta realizada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO - CORRECTIVO				
Total equipos	Año 2016		Propuesta	
Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Preventivo	0	0%	158	77%
Correctivo	94	100%	46	23%
Total mantenimientos	94	100%	204	100%

Tabla 5.1 - Total equipos/ Mantenimiento preventivo – correctivo.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.1, se observa que el plan de mantenimiento propuesto, duplica las paralizaciones totales del año 2016, contemplando acciones correctivas y preventivas para cada equipo. El detalle de éstas, se expone en las siguientes tablas:

⁸ Para determinar la cantidad, el tipo de mantenimiento y reparación (interna – externa) del plan de mantenimiento propuesto, se consideró los modos de fallas y sus efectos (Hoja de información), como también los registros 2016, opinión de expertos y manuales para desarrollo de la hoja de decisión, la que finalmente propone tareas a realizar, intervalos y el encargado de ejecutarlas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO - CORRECTIVO								
Tipo de mantenimiento	Extrusora menor				Extrusora mayor			
	Año 2016		Propuesta		Año 2016		Propuesta	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Preventivo	0	0%	74	85%	0	0%	41	73%
Correctivo	34	100%	13	15%	29	100%	15	27%
Total mantenimiento	34	100%	87	100%	29	100%	56	100%

Tabla 5.2 - Extrusoras/ mantenimiento preventivo - correctivo
Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5.2 se puede inferir que para ambas extrusoras el plan de mantenimiento propuesto anual es en su mayoría preventivo, sin embargo la extrusora menor propone una mayor cantidad de detenciones para el periodo.

La propuesta para la extrusora menor, propone 74 detenciones por reparaciones preventivas al año, equivalentes al 85% del plan de mantenimiento propuesto para el equipo, el 15% restante, corresponde a 13 detenciones por mantención reactiva.

En el caso de la extrusora mayor, es posible observar 41 detenciones por mantenimiento preventivo en el año, equivalentes a un 73% del total programado para el equipo, el 27% restante, corresponde a 15 detenciones contempladas para acciones correctivas.

El equipo de tónicas, como refleja la Tabla 5.3, también presenta mantenimiento preventivo, el cual considera 43 detenciones programadas equivalentes al 70% de la propuesta de mantenimiento para éste equipo y donde el 30% corresponde a detenciones por acciones correctivas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO - CORRECTIVO				
Máquina de tónicas	Año 2016		Propuesta	
Mantenimiento	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Preventivo	0	0%	43	70%
Correctivo	31	100%	18	30%
Total mantenimientos	31	100%	61	100%

Tabla 5.3 - Máquina de tónicas/ mantenimiento preventivo - correctivo.
Fuente: Elaboración propia

Como ha quedado de manifiesto, la cantidad de detenciones por mantenimiento preventivo y correctivo estimado en la propuesta para los equipos críticos, es mayor a las que registraron estos el año 2016. Más adelante en el ítem 5.4 se comprenderá esta decisión.

5.2 Reparaciones internas - externas

En este punto se expondrán y compararán las detenciones totales por reparaciones internas - externas del modelo actual de la empresa y la propuesta de mantenimiento realizada. Para ello se utilizó los registros de las detenciones del año 2016 y los procedimientos del mantenimiento sugerido.

En la Tabla 5.4 es posible observar que en el año 2016, dos de cada tres reparaciones eran realizadas por personal externo, lo que significó un 64% de las reparaciones totales y un 36% internas. Sin embargo, la propuesta plantea sólo un 2% de reparaciones externas y un 98% internas, es decir, realizada por los operarios y mecánicos de la fábrica. Para lograr esto, el plan de mantenimiento contempla una capacitación del personal para realizar mantenciones a los equipos y un stock de repuestos para su realización (véase Anexo 13. Stock de repuestos, herramientas y materiales).

REPARACIONES INTERNAS - EXTERNAS				
Total equipos	Año 2016		Propuesta	
Reparaciones	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Internas	34	36%	200	98%
Externas	60	64%	4	2%
Total reparaciones	94	100%	204	100%

Tabla 5.4 - Reparaciones interna - externas de la situación actual y propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación en las siguientes tablas se puede observar y comparar las reparaciones internas y externas de cada equipo como también el promedio de detención por reparación, tanto en la propuesta como el año 2016.

REPARACIONES INTERNAS - EXTERNAS				
Extrusora mayor	Año 2016		Propuesta	
Reparaciones	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]
Internas	10	15	56	3
Externas	19	54	0	0
Total reparaciones	29	-	56	-

Tabla 5.5 - Reparaciones internas - externas de la extrusora mayor.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.5 se puede observar que para el equipo extrusor mayor, la propuesta plantea 56 detenciones por mantenimiento al año, efectuadas en su totalidad por el personal interno, con un promedio de reparación de 3 horas. No obstante, el año 2016 el equipo realizó 29 detenciones por este concepto, de las cuales 10 fueron interna con un promedio de reparación de 15 horas y las externas detuvieron al equipo 19 veces con un promedio de reparación de 54 horas por detención.

REPARACIONES INTERNAS - EXTERNAS				
Extrusora menor	Año 2016		Propuesta	
Reparaciones	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]
Internas	14	17	83	3
Externas	20	48	4	11
Total reparaciones	34	-	87	-

Tabla 5.6 - Reparaciones internas - externas de la extrusora menor.
Fuente: Elaboración propia.

En la extrusora menor, como se puede apreciar en la Tabla 5.6, la propuesta considera 83 reparaciones realizadas por internos, con un promedio de 3 horas de paralización y 4 reparaciones realizadas por externos, con un promedio de 11 horas por detención. Sin embargo, el año 2016 las reparaciones totales fueron menos, pero con tiempos promedios de detención mayores (20 reparaciones externas con un promedio de reparación de 48 horas y 14 reparaciones realizadas por internos con un promedio de 17 horas).

REPARACIONES INTERNAS - EXTERNAS				
Máquina de tónicas	Año 2016		Propuesta	
Reparaciones	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]	Cantidad [veces]	Tiempo promedio de reparación [hr]
Internas	10	8	61	1
Externas	21	37	0	0
Total reparaciones	31	-	61	-

Tabla 5.7 - Reparaciones internas - externas de la máquina de tónicas.
Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 5.7 se puede desprender que el equipo de tónicas el año 2016, presentó 31 detenciones, de las cuales 21 fueron realizadas por externos a la fábrica, con un promedio de reparación de 37 horas, y las realizadas por internos promediaron 8 horas. De acuerdo al plan de mantenimiento planteado, se propone realizar la totalidad de las mantenciones de manera interna, es decir, 61 detenciones en el año, con un promedio de intervención de 1 hora por reparación.

5.3 Carta Gantt

Para programar las detenciones por mantenimiento se realizaron tres cartas Gantt, planificando la ejecución de los procedimientos operativos estándar para cada equipo según su necesidad, es decir, de acuerdo a los modos de fallas, la cantidad de detenciones que presentaron el año 2016, otros planes de mantenimiento, manuales, y la opinión de expertos.

Esta planificación consideró los meses de mayor y menor demanda en la realización del mantenimiento, por lo que se evitó realizar grandes detenciones en los meses de marzo, abril, septiembre y diciembre, para no afectar la producción.

En la Tabla 5.8, Tabla 5.9 y Tabla 5.10 se interpreta con color azul las mantenencias preventivas programadas y de color naranja a las NO programadas, es decir, el mantenimiento correctivo.

CARTA GANTT MÁQUINA DE TÚNICAS													
Procedimientos operativos estándar		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Monitoreo de los cuchillos de corte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Rectificar filo de la hoja del cuchillo de corte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Sustitución de la hoja del cuchillo de corte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Ajuste de posición de la hoja del cuchillo de corte y apriete de tornillos de sujeción.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Sustitución de luces led en el panel de control	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Revisar conexiones de terminales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Sustituir relevador del panel eléctrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Sustituir fusibles del panel eléctrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Revisión de cableado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10	Sustitución de sensores del panel electrónico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	Revisión de conectores de la tarjeta procesadora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	Revisión de terminales de tarjeta electrónica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	Revisión de soldaduras de tarjeta electrónica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	Revisión de capacitores de tarjeta electrónica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
15	Monitorear estado de los rodamientos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16	Limpieza de rodamientos de los rodillos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
17	Sustitución de rodamientos de los rodillos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
18	Relleno del depósito de aceite para lubricación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
19	Sustitución de resistencia de la barra selladora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
20	Sustitución de la barra de silicona selladora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 5.8 - Carta Gantt anual para máquina de túnica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.8 se observa la carta Gantt de la máquina de tónicas, de la cual se desprende que el plan de mantenimiento propuesto tiene 20 procedimientos operativos estándar para aplicar al equipo, de los cuales 11 son para realizar de manera correctiva y 9 de manera preventiva, los que serán ejecutados de acuerdo a esta planificación, según el intervalo propuesto.

CARTA GANTT EXTRUSORA MAYOR													
Procedimientos operativos estándar		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Limpeza del husillo		■						■				
2	Sustituir rodamiento del eje del husillo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Monitorear presión y temperatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Limpeza de rodamiento del eje del husillo		■										
5	Revisión de la configuración entre equipos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Monitorear voltaje del regulador		■						■				
7	Sustituir fusibles del panel eléctrico		■						■				
8	Sustituir condensadores del panel eléctrico		■						■				
9	Limpeza de tablero eléctrico		■						■				
10	Sustituir relevador del panel eléctrico		■						■				
11	Monitorear desgaste de piñón		■			■			■			■	
12	Sustitución piñón	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	Monitorear filtración de aceite		■										
14	Sustituir cojinete		■										
15	Limpeza de la boquilla		■		■		■		■		■		■
16	Revisión de la termocupla de la camisa calefactora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
17	Sustitución de las termocuplas	■											
18	Sustitución de resistencias	■											
19	Monitorear las condiciones del filtro rompedor								■				
20	Sustitución del filtro rompedor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21	Limpeza del filtro para remover incrustaciones								■				
22	Revisión de cables general	■						■					
23	Limpeza de rodamientos del motor				■			■			■		
24	Sustitución de rodamientos del motor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25	Limpeza de la placa de bornes	■			■			■			■		
26	Monitorear motor							■					
27	Sustitución de motor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
28	Sustitución de chaveta	■											

Tabla 5.9 - Carta Gantt anual para extrusora mayor.

Fuente: Elaboración propia.

De la carta Gantt de la Tabla 5.9 se puede inferir que la extrusora mayor en el plan de mantenimiento propuesto tiene 28 POE para aplicar al equipo, de los cuales 8 son para

realizar de manera correctiva y 20 preventiva, los que serán ejecutados de acuerdo a la planificación, según el intervalo propuesto.

CARTA GANTT EXTRUSORA MENOR													
Procedimientos operativos estándar		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Limpeza del husillo		■			■			■			■	
2	Sustituir rodamiento del eje del husillo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Monitorear presión y temperatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Limpeza de rodamiento del eje del husillo		■			■			■			■	
5	Revisión de la configuración entre equipos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Monitorear voltaje del regulador		■						■				
7	Sustituir fusibles del panel eléctrico		■						■				
8	Sustituir condensadores del panel eléctrico		■						■				
9	Limpeza de tablero eléctrico		■						■				
10	Sustituir relevador del panel eléctrico		■						■				
11	Monitorear desgaste de piñón		■			■			■			■	
12	Sustitución piñón	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	Sustituir cojinete		■										
14	Limpeza de la unión camisa - cabezal		■			■			■			■	
15	Ajustar unión camisa - cabezal		■			■			■			■	
16	Limpeza de la boquilla		■		■		■		■		■		■
17	Revisión de la termocupla de la camisa calefactora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
18	Sustitución de resistencias	■											
19	Inspección visual y acústica de pernos y tuercas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
20	Limpeza de rodamientos		■			■			■			■	
21	Sustitución de rodamientos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22	Rectificado de rodillos		■										
23	Monitorear las condiciones del filtro rompedor								■				
24	Sustitución del filtro rompedor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25	Limpeza del filtro para remover incrustaciones								■				
26	Revisión de cables general	■						■					
27	Limpeza de rodamientos del motor				■						■		
28	Sustitución de rodamientos del motor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
29	Limpeza de la placa de bornes	■			■			■			■		
30	Monitorear motor	■						■					
31	Sustitución de motor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
32	Sustitución de chaveta	■						■					
33	Sustitución de bobinado	■						■					
34	Reparar componentes críticos del transformador	■											
35	Análisis físicos químicos del aceite	■						■					

Tabla 5.10 - Carta Gantt anual para extrusor menor.

Fuente: Elaboración propia.

Para la extrusora menor se crearon 35 POE, los cuales serán aplicados de acuerdo a la planificación expuesta en la Tabla 5.10, donde 9 de los procedimientos son para realizar de manera reactiva y 26 preventivas, según la planificación de la carta Gantt.

5.4 Tiempo de detención

El problema que da origen a este trabajo de título son las detenciones inesperadas de los equipos, sin embargo, los elevados tiempos de paralización son los que afectan la productividad de la empresa, es por esto, que el presente ítem es de gran importancia para el análisis y validación de la propuesta.

Según Tabla 5.11 y el registro del año 2016, el promedio de detención total de estos tres equipos fue de 903 horas a diferencia de la propuesta, que tiene como promedio de detención total anual 184 horas, es decir, el plan de mantenimiento propone disminuir un 80% los tiempos de detención. Para esto, la propuesta considera que:

- La extrusora menor, se detenga 260 horas (11 días⁹) para realizar mantenimiento preventivo y estima 45 horas (2 días) para realizar acciones correctivas, deteniéndose sólo 304 horas (13 días) al año y disponiendo de 898 horas (37 días) adicionales de producción en comparación al año 2016.
- La extrusora mayor, se detenga 177 horas (7 días) en el año, 125 horas (5 días) preventivos y 52 horas (2 días) correctivos, disminuyendo 999 horas (42 días) de paralización en comparación a las detenciones ocurridos el año 2016.
- El equipo de tónicas¹⁰, se detenga 70 horas (9 días), de los cuales 47 horas (6 días) son para mantenimiento preventivo y 24 horas (3 días) para correctivo, evitando 262 horas (33 días) de paralización en comparación al año 2016 donde se detuvo 332 horas (42 días) en total.

⁹ Los días presentados en esta tabla NO son seguidos, es decir, no es una sola paralización de X días, si no que están programados, como se puede observar en el ítem 5.3.

¹⁰ Para este equipo, se utilizaron las horas OPERACIONALES NO DISPONIBLES.

TIEMPO DE DETENCIÓN									
AÑO 2016					PROPUESTA				
Considerando 253 días hábiles	TIEMPO DE OPERACIÓN ANUAL [hr]	DETENCIÓN MANT. PREVENTIVO [hr]	DETENCIÓN MANT. CORRECTIVO [hr]	DETENCIÓN TOTAL AÑO 2016 [hr]	TIEMPO DISPONIBLE PARA PRODUCIR [hr]	DETENCIÓN MANT. PREVENTIVO [hr]	DETENCIÓN MANT. CORRECTIVO [hr]	DETENCIÓN TOTAL DE LA PROPUESTA [hr]	TIEMPO DISPONIBLE PARA PRODUCIR [hr]
Extrusora MENOR (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	6072	0	1202	1202	4870	260	45	304	5768
Extrusora MAYOR (KWEENB, modelo HA – 55)	6072	0	1176	1176	4896	125	52	177	5896
Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	2024	0	332	332	1692	47	24	70	1954
MEDIA		0	903	903	3819	144	40	184	4539

Tabla 5.11 - Tiempo de detención.

Fuente: Elaboración propia.

Las horas de detención calculadas en la propuesta, fueron extraídas de los tiempos estimados de realización de los POE. Sin embargo, existen procedimientos como el MONITORÉO que detienen el equipo sólo cuando es necesario. Por lo tanto, se utilizó el peor escenario, es decir, que siempre se detuvo.

5.5 Indicadores de gestión de mantenimiento

A continuación se analizarán los equipos de acuerdo a los indicadores de gestión de mantenimiento¹¹ vistos en el Capítulo 2, ítem 2.2.3.

De acuerdo a los registros obtenidos del año 2016 es posible realizar la Tabla 5.12 con los indicadores de gestión de mantenimiento para analizar el comportamiento de los equipos críticos.

INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 2016						
EQUIPO	Total de fallas	Tiempo NO disponible [hr]	Tasas de fallas [λ]	MTBF [hr]	MTTR [hr]	Disponibilidad [%]
Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	34	1202	0,007	143	35	80
Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	29	1176	0,006	169	41	81
Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	31	332	0,018	54	11	84
MEDIA	31	903	0,010	122	29	81

Tabla 5.12 – Indicadores de mantenimiento del año 2016
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.12 se puede observar que para el año 2016 la extrusora menor (GOLDEN MAY, SE/HD 45) presentó la mayor cantidad de fallas, con 1202 horas, equivalentes a 50 días de detención, representando una disponibilidad del 80% del equipo en el proceso productivo. El tiempo promedio entre fallas (MTBF) fue de 143 horas aproximadamente 6 días y las reparaciones tuvieron un tiempo medio de 35 horas, 1,5 días (MTTR).

En cuanto a su par mayor (KWEENB, HA – 55) presentó 29 fallas en el año, deteniéndose 1176 horas correspondientes a 49 días con una disponibilidad del 81% en la producción. El tiempo medio entre fallas y de reparación fueron de 169 y 41 horas, 7 y 2 días respectivamente.

¹¹ Para el análisis de esta tabla es necesario recordar que las extrusoras operan tres turnos al día. Sin embargo, el equipo de tónicas opera sólo un turno, por lo que no es posible hacer algún tipo de comparación entre ellas.

El equipo de tunicas (J2M EQUIPOS, SPAT 900), al operar sólo un turno al día, las horas de detención (850 horas) son distintas a las horas OPERACIONALES NO DISPONIBLES (332 horas), por lo que para obtener los indicadores se utilizaron éstas últimas, debido al efecto directo que tienen en la producción, por lo tanto, la disponibilidad que tuvo este equipo el año 2016 fue de un 84%, deteniéndose 31 veces, con un tiempo medio entre fallas de 54 horas y un tiempo medio de 11 horas por reparación.

Según los resultados entregado en la Tabla 5.12, las tasas de falla de estos equipos son menor a 1, por lo que de acuerdo a la curva de la bañera (véase ítem 2.2.3.6), estos equipos presentan fallas infantiles, lo cual significa que existen errores de armado, instalación, almacenamiento, suciedad, entre otros. Mediante la inspección visual y las entrevistas realizadas a los operarios, se concluyó que las conductas de reparación alternativas es un hábito recurrente en la fábrica.

Para cuantificar la propuesta y analizar los indicadores, se consideraron 253 días hábiles y se utilizó la cantidad de detenciones (correctivas) como símil de cantidad de fallas. Para estimar el tiempo NO disponible por mantenimiento correctivo se contabilizó las veces que ocurrió el modo de falla en el año 2016, por las horas estimadas de realización del procedimiento operativo estándar correspondiente para esa falla.

INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA PROPUESTA							
EQUIPO	Total de fallas	Tiempo NO disponible [hr]	Tasas de fallas [λ]	MTBF [hr]	MTTR [hr]	Disponibilidad por avería [%]	Disponibilidad total [%]
Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	13	44,5	0,002	443	3	99,2%	95%
Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA - 55)	15	51,5	0,003	394	3	99,1%	97%
Máquina de tunicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	18	23,5	0,009	108	1	98,8%	96%
MEDIA	15	40	0,005	315	3	99%	96%

Tabla 5.13 - Indicadores de mantenimiento propuesta.
Fuente: Elaboración propia

La propuesta representada por lo indicadores en la Tabla 5.13 tiene como resultado una mayor disponibilidad de los equipos en el proceso productivo en comparación al año 2016. Esto se debe a la aplicación del plan de mantenimiento que disminuyó la cantidad de detenciones por fallas correctivas y las horas de reparación.

Analizando, la propuesta consideró para cada equipo lo siguiente:

La extrusora menor, debe detenerse 13 veces en el año para realizar acciones correctivas con un *tiempo NO disponible* total de 44,5 horas, significando un tiempo medio entre detención de 443 horas, es decir, 18 días entre una y otra. Las acciones reactivas consideradas en esta propuesta serán ejecutadas de acuerdo a los procedimientos operativos estándar sin programación, realizados con un tiempo medio de reparación de 3 horas por cada evento. Considerando lo anterior, el mantenimiento correctivo propuesto al equipo, aumenta su disponibilidad por avería a un 99%, sin embargo, la disponibilidad total del equipo para el proceso productivo, aplicando el mantenimiento preventivo y correctivo es de un 95%, esto en comparación al año 2016, aumentó en 15 %.

La extrusora mayor, considera 15 detenciones al año para realizar acciones correctivas con un *tiempo NO disponible* total de 51,5 horas, representando un tiempo medio entre detención de 394 horas, es decir, 16 días entre una y otra. Las acciones reactivas consideradas en esta propuesta serán ejecutadas de acuerdo a los POE, realizados con un tiempo medio de reparación de 3 horas. De acuerdo a esta información, el mantenimiento correctivo propuesto al equipo, aumenta su disponibilidad por avería a un 99%, sin embargo la disponibilidad total del equipo para el proceso productivo, aplicando ambos mantenimientos (preventivo y correctivo) es de un 97%, aumentando un 16% en comparación al año 2016.

Para la máquina de tónicas, la propuesta considera 18 detenciones al año, con un *tiempo NO disponible* total de 23,5 horas para realizar acciones correctivas, con un tiempo medio entre detención de 108 horas (13 días). Al igual que los otros dos equipos, las acciones reactivas consideradas en esta propuesta serán ejecutadas de acuerdo a los POE, realizados con un tiempo medio de reparación de 1 horas. Por lo tanto, el mantenimiento correctivo propuesto al equipo, aumenta su disponibilidad a un 98,8%, no obstante, la disponibilidad total del equipo para el proceso productivo, aplicando ambos mantenimientos (preventivo y correctivo) es de un 96%, aumentando un 15% en comparación al año 2016.

Considerando que los porcentajes de disponibilidad total de cada equipo para la producción aumentaron, el plan de mantenimiento propuesto es efectivo para resolver el problema, sin embargo, aún se debe calcular el costo de realizar esta propuesta, para considerar su viabilidad.

5.6 Costos

En este punto se expondrán los costos totales de mantenimiento realizado a los equipos críticos de la fábrica, utilizando las fórmulas del ítem 2.3, los registros contables del año 2016 y el de la propuesta.

Para simplificar el cálculo de los costos de mantenimiento correctivo, se utilizó el nombre *costo de repuestos y herramientas*, para costear lo antes mencionado incluyendo el costo por materiales. También se consideró el *costo de oportunidad* como el costo por lucro cesante (CLC), sin contemplar el costo por deterioro de producción, debido a que no se logró tener acceso a este, tomándose como constante.

En la Tabla 5.14 es posible observar el costo total de mantenimiento de los equipos críticos del periodo 2016, el cual fue en su totalidad proveniente de las acciones correctivas realizadas por la empresa.

COSTO DE MANTENIMIENTO AÑO 2016			
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO 2016		\$	84.874.518
COSTO MANT. PREVENTIVO	\$		-
COSTO DE MANT. CORRECTIVO	\$	84.874.518	
	Mano de obra externa	\$	9.739.840
	Costo de repuestos y herramientas	\$	6.406.123
	Costo de oportunidad	\$	68.728.555
		Utilidad que se deja de percibir	\$ 32.944.320
		Costos de tercerización	\$ 29.440.325
		Costos de incumplimiento	\$ 6.343.910

Tabla 5.14 - Costo de mantenimiento año 2016.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los componentes del mantenimiento correctivo, el de mayor incidencia es el costo de oportunidad, representando un 81% del costo total, esto se debe:

- A la utilidad que se deja de percibir al no poder producir la cantidad demandada, la que tuvo un costo aproximado de 33 millones.

- Los costos por tercerización, representó el desembolso que tuvo la fábrica el año 2016 por aplicar la *medida de contingencia* para cumplir con las órdenes de compra, significando un costo de 30 millones aproximadamente.
- El costo por incumplimiento se debe a las multas provenientes de cláusulas compensatorias por infringir los contratos (menor cantidad de productos entregados y retrasos). Este concepto representa el 9% del costo de oportunidad.

Los costos mencionados anteriormente son parte de las consecuencias operacionales de las fallas.

La propuesta al realizar mantenimiento preventivo y correctivo, se calculara sus costos por separado. En el mantenimiento preventivo se consideró el costo de oportunidad total del plan y para cuantificar éste, se utilizaron los costos pertenecientes a los días de detención del año 2016 y se calcularon proporcionalmente a los días de detención de la propuesta. Se consideró de esta manera debido a que el costo depende de las órdenes de compra, la cantidad, el valor de lo *no producido*, entre otros, por lo que se requiere de datos específicos con los que no se cuenta en este trabajo de título. Por otra parte, cuando se menciona el *costo de inventario de repuestos* está incluido el costo de mantener dicho inventario.

En la Tabla 5.15 se puede observar que el costo del mantenimiento preventivo es prácticamente el triple de lo considerado por mantenimiento correctivo, permitiendo inferir que la propuesta:

- Utiliza un total de \$1.300.000 por mano de obra externa, considerada solamente en el mantenimiento preventivo.
- Adiciona un costo por capacitación de \$4.500.000, concepto inexistente el año 2016.
- Tiene un costo por piezas cambiadas en el mantenimiento preventivo de 3 millones aproximadamente, disminuyendo en un 53% en comparación al año 2016.
- Cuenta con un stock de repuestos con un costo aproximado de 6 millones, el que no fue considerado en las acciones reactivas del año 2016.

- Considera un costo de herramientas, insumos y materiales para realizar el mantenimiento preventivo, avaluado en \$4.500.000.
- Tiene un costo de oportunidad menor al incurrido el año 2016.

El mantenimiento correctivo de la propuesta observado en la Tabla 5.15 no considera mano de obra externa, a diferencia de los \$9.739.840 del año 2016, sin embargo, cuenta con un fondo de reserva de mantenimiento, para el caso que existan fallas eventuales que necesiten de un especialista externo o algún repuesto no considerado en el inventario. El *costo de repuestos y herramientas* de la propuesta es menor a los costos registrados por este concepto en el año 2016.

COSTO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO			
COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO			\$ 38.127.193
COSTO MANT. PREVENTIVO	\$	29.227.193	
	M. obra externa preventiva	\$	1.300.000
	Costo de capacitación	\$	4.500.000
	Costo de los repuestos cambiados	\$	2.986.500
	Costo de inventario de repuestos	\$	5.864.370
	Costos de herramientas e insumos	\$	4.500.000
	Costos de oportunidad	\$	10.076.323
		Utilidad que se deja de percibir	\$ 4.329.856
		Costos de tercerización	\$ 5.746.467
		Costos de incumplimiento	\$ -
COSTO DE MANT. CORRECTIVO	\$	8.900.000	
	Mano de obra externa	\$	-
	Costo de repuestos y herramientas	\$	3.900.000
	Fondo de reserva mantención	\$	5.000.000

Tabla 5.15 - Costo de la propuesta de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo observado anteriormente en la Tabla 5.14, los costos de oportunidad del año 2016 fueron la mayor consecuencia económica de las acciones correctivas realizadas en el periodo. Por lo tanto, merecen un análisis comparativo detallado entre el periodo en estudio y la propuesta, utilizando la Tabla 5.16.

COSTO DE OPORTUNIDAD	AÑO 2016	PROPUESTA
Utilidad que se deja de percibir	\$ 32.944.320	\$ 4.329.856
Costos de tercerización	\$ 29.440.325	\$ 5.746.467
Costos de incumplimiento	\$ 6.343.910	0
TOTAL COSTO DE OPORTUNIDAD	\$ 68.728.555	\$ 10.076.323

Tabla 5.16 - Costos de oportunidad año 2016 y propuesta
Fuente: Elaboración propia

Al comparar los costos de oportunidad de la propuesta y el año 2016 visualizado en la Tabla 5.16, es posible inferir que el costo de oportunidad del plan de mantenimiento propuesto es un 85% menor que el año en estudio, ahorrando más de 58 millones por este concepto. Esto se debe a que la propuesta con sus acciones preventivas, disminuyó la utilidad que se deja de percibir en un 87%, los costos de tercerización en un 80% y eliminando las multas por incumplimiento de contrato, es decir, evitando perder más de 6 millones. De acuerdo a estos antecedentes, es importante conocer el costo total que representa el mantenimiento propuesto versus al periodo en estudio (véase Tabla 5.17).

MANTENIMIENTO	AÑO 2016	PROPUESTA
Correctivo	\$ 84.874.518	\$ 8.900.000
Preventivo	0	\$ 29.227.193
TOTAL	\$ 84.874.518	\$ 38.127.193

Tabla 5.17 - Costo total de mantención de equipos año 2016 y propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 5.17 es posible observar que la propuesta plantea una disminución de los costos del mantenimiento correctivo de \$75.974.518 y considera mantenimiento preventivo para los equipos críticos con un costo de \$29.227.193. Estas medidas disminuyen en un 55% el costo total de las reparaciones reactivas realizadas el año 2016, significando \$46.747.325 menos.

Capítulo 6. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias

A continuación serán expuestas las conclusiones obtenidas del desarrollo del presente trabajo de título, como también las recomendaciones y sugerencias a la gerencia de Foliplast.

6.1 Conclusiones

De acuerdo al problema de las detenciones inesperadas de los equipos de la fábrica de productos de polietileno Foliplast, se analizó la situación actual y se concluyó que existía una falencia en el mantenimiento de los equipos, el cual en su totalidad, era realizado de manera reactiva al ocurrir una falla. Además se detectó la inexistencia de registros o bitácoras de los equipos, por lo que se perdía información relevante para el control de las detenciones, provocando deficiencia en la producción, un aumento del costo operacional y del costo directo de reparación.

En la Figura 6.1, se puede observar el costo de mantenimiento correctivo del año 2016, donde queda de manifiesto la incidencia del costo de oportunidad como la principal consecuencia operacional de las fallas. El costo total de mantenimiento de este año, fue de \$84.874.518, equivale al 50% de las utilidades esperadas para ese periodo.

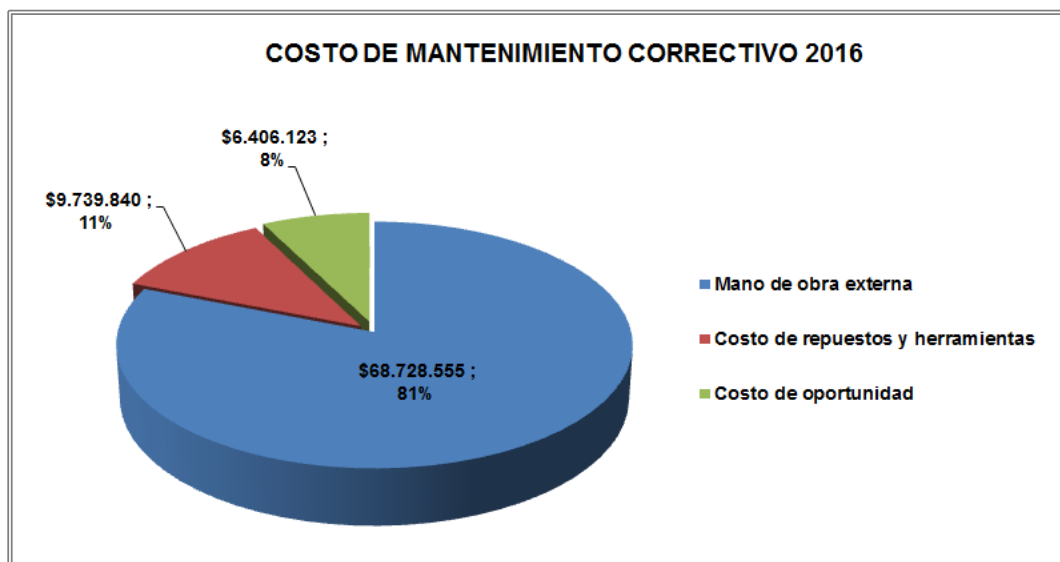


Figura 6.1 - Costo de mantenimiento correctivo 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Para dar inicio a este estudio, se debió generar un formato de registro de detenciones inesperadas, aplicado el año 2016, obteniendo información relevante para el análisis. Las fallas progresivas al estar registradas, permitieron predecir el momento en el que vuelven a ocurrir, siendo un aporte para el desarrollo del plan de mantenimiento programado.

En base al registro de detenciones inesperadas del año 2016, los meses de mayor demanda (marzo, abril, septiembre y diciembre) se vieron afectados con los tiempos más altos de detención, trayendo como consecuencia, una disminución en la producción y pérdidas económicas.

Con el objetivo de proponer una solución adecuada al problema detectado, se seleccionó la metodología RCM II, para desarrollar un plan de mantenimiento. Posterior a esto, mediante análisis de criticidad, se seleccionaron los equipos de mayor incidencia en la producción; extrusor mayor KWEENB, HA – 55, extrusor menor GOLDEN MAY, SE/HD 45 y la máquina de tónicas J2M EQUIPOS, SPAT 900, los que fueron abordados por esta metodología.

El plan de mantenimiento propuesto considera realizar mantenciones correctivas y preventivas de los equipos críticos, entregando disponibilidad y confiabilidad al proceso productivo a través de un mayor control, previniendo y disminuyendo las fallas que producen detenciones inesperadas.

Para obtener lo anterior:

- El plan de mantenimiento propone un 77% de acciones preventivas y un 23% correctivas, de un total de 204 detenciones. Esta propuesta disminuye las mantenciones correctivas del año 2016 (94 detenciones) en un 51% y aumenta un 100% las acciones preventivas, como se puede observar en la Figura 6.2.

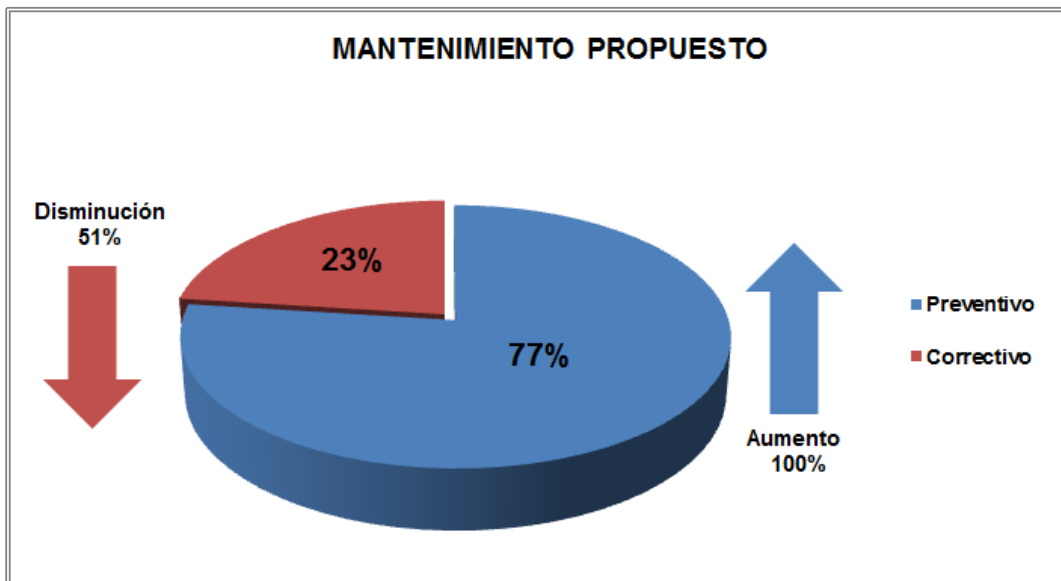


Figura 6.2 - Mantenimiento propuesto.
Fuente: Elaboración propia.

- La propuesta plantea realizar sólo cuatro reparaciones externas (aplicadas a la extrusora menor) en comparación a las 60 ocurridas en el año 2016 y el 98% se contemplaron de manera interna, aumentando 166 detenciones de acuerdo al periodo en estudio (véase Tabla 5.4, capítulo anterior). Esto se debe a que el plan de mantenimiento propone capacitar a los operarios, de los cuales el operador de extrusión y de túnicas serán instruidos para que realicen mantenimientos de mayor complejidad. Al realizar la mayoría de las reparaciones de forma interna, disminuye el tiempo de parada del equipo, debido a que no es necesario contactar al experto y adquirir repuestos de imprevisto, por lo que la propuesta adiciona un costo al mantenimiento por stock de repuestos, herramientas y materiales.
- En base a los procedimientos operativos estándar obtenidos del desarrollo de la metodología, fue posible planificar los tiempos entre una mantención y otra para cada equipo, reflejados en las cartas Gantt, donde se visualizan tanto las acciones preventivas como las correctivas.

La cantidad y los tiempos de detención de la planificación de las cartas Gantt se puede observar de forma resumida en la Tabla 6.1.

PLANIFICACIÓN DE LA PROPUESTA			
EQUIPOS	MANTENIMIENTO	CANTIDAD DE DETENCIONES [veces]	TIEMPO DE DETENCIÓN TOTAL [hr]
Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Correctivo	13	44,5
	Preventivo	74	259,5
Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Correctivo	15	51,5
	Preventivo	41	125
Máquina de túnicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Correctivo	18	23,5
	Preventivo	43	46,5

Tabla 6.1 - Planificación de la propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

- Los tiempos de detención observados en la Tabla 5.11 (ítem 5.4), concluyen que la propuesta redujo en un 80% las horas promedio total de detención del año 2016, debido a que ambas extrusoras disminuyeron las horas de mantención correctivas en un 96%, no obstante, se consideró también realizar mantenimiento preventivos (Ext. mayor 125 horas y ext. menor 260 horas). En el caso de la máquina de túnicas, se redujo de 332 a 24 horas la realización de las acciones correctivas, es decir, un 93%. Al igual que las extrusoras, se consideró realizar un mantenimiento preventivo, el cual fue de 47 horas para este equipo.
- Los indicadores de gestión de mantenimiento observados en la Tabla 5.12 y Tabla 5.13 (ítem 5.5) concluyen, que la propuesta presenta una mayor disponibilidad de los equipos en comparación al año 2016 aumentando un 15% de esta en el proceso productivo. Esto se debe a que disminuyó el total de fallas por mantenimiento correctivo (de 94 a 46 detenciones) y el tiempo promedio no disponible de los equipos (de 903 a 40 horas). El tiempo promedio entre una falla y otra (MTBF), aumentó de 122 horas promedio a

315 horas, sin embargo, el intervalo real está planificado en los POE y representado en las cartas Gantt. En cuanto al promedio de reparación por falla (MTTR), disminuyó de 29 a 3 horas, es decir, un 90%.

Considerando los puntos anteriores, queda demostrado que el factor de mayor relevancia para el mantenimiento de los equipos analizados es el tiempo y no la cantidad de detenciones. Por lo tanto, según los resultados obtenidos, el plan de mantenimiento propuesto para los equipos críticos de Foliaplast es efectivo para disminuir los tiempos de detención y aumentar la disponibilidad de éstos. No obstante, para decidir si es viable su implementación, es necesario considerar los costos totales.

Al analizar la Tabla 6.2, se observa que el costo total de la propuesta disminuyó en un 50% en comparación a los costos totales (correctivos) del año 2016. De acuerdo a la Tabla 5.16 (ítem 5.6) el costo de oportunidad disminuyó en un 85%, es decir, \$58.652.232, donde se redujo la utilidad que se deja de percibir en un 87%, los costos de tercerización en un 80% y se eliminó las multas por incumplimiento de contrato. La causa de este último, afecta directamente la imagen de la empresa, generando una desconfianza e inconformidad por parte de los clientes, incitándolos a cambiar de proveedor, es decir, una potencial pérdida de cuota de mercado.

Además la propuesta consideró un mantenimiento preventivo inexistente el año 2017, el cual tuvo un costo de \$29.277.193, obteniendo como subtotal de la propuesta \$38.127.193. Sin embargo, el costo total de realizar la propuesta debe contemplar el diseño de ésta, el cual tiene un costo del 10% del valor total del mantenimiento de los equipos. Por lo que el valor total a considerar, al momento de decidir si es conveniente realizar la propuesta o no, son los \$42.084.912.

MANTENIMIENTO	AÑO 2016	PROPUESTA
Correctivo	\$ 84.874.518	\$ 8.900.000
Preventivo	0	\$ 29.227.193
SUBTOTAL	\$ 84.874.518	\$ 38.127.193
Costo diseño plan de mantenimiento	0	\$ 3.957.719
TOTAL	\$ 84.874.518	\$ 42.084.912

Tabla 6.2 - Costo total año 2016 y propuesta.
Fuente: Elaboración.

Considerando los resultados obtenidos luego de haber cumplido con los objetivos propuestos en este trabajo de título, se concluye que implementar la propuesta en la fábrica de productos de polietileno es viable, tanto técnica como económicamente. Al incorporar tareas preventivas y disminuir las correctivas, el plan de mantenimiento permitirá controlar las detenciones inesperadas, aumentando la disponibilidad operacional de los equipos y disminuyendo los costos del año 2016 aproximadamente 42 millones.

En general, los costos de mantenimiento preventivo representan una inversión, que a mediano y largo plazo implica ganancias, ya que se mejoran los procesos, se alarga la vida útil de los equipos, minimiza las fallas, disminuye los tiempos de reparación y además aumenta la seguridad de los operarios.

6.2 Recomendaciones y sugerencias

Como recomendación general, se sugiere a la empresa registrar las paralizaciones, ya sea de forma manual o a través de un software, para así no perder información valiosa, que permita predecir, programar y hacer frente a las detenciones inesperadas, por medio de un plan de mantenimiento de mejora continua.

Por lo pronto, se recomienda considerar el plan de mantenimiento propuesto y cumplir a cabalidad con los procedimientos e intervalos, ya que según los resultados y las conclusiones, disminuirá los costos y aumentaría la productividad de la empresa.

En cuanto a recomendaciones propias del mantenimiento sugerido en la propuesta, se expone lo siguiente:

- Se sugiere realizar el mantenimiento programado para el equipo de tónicas fuera del turno para evitar detener la producción.
- Al existir una falla no considerada en el plan de mantenimiento que tenga similitud en los subsistemas y/o modos de fallas, se recomienda utilizar los procedimientos operativos estándar para su reparación. Como el caso de la extrusora que puede utilizar el POE de la otra, aunque no haya estado contemplado para ella.

- Al momento de ejecutar la propuesta y regirse por esta programación, los equipos de extrusión, deben realizar el mantenimiento en días diferidos, con la finalidad de evitar la paralización total de la producción de bobinas.
- Se recomienda monitorear el comportamiento de los equipos al aplicar el plan de mantenimiento, con el fin de desarrollar una posible mejora continua.

Bibliografía

- ASIPLA. (Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.asipla.cl/transformacion/>
- Amendola, L. (2002). Modelos Mixtos en la Gestión del Mantenimiento. *Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios.*, 26-31.
- Amendola, L. (2006).
- Carranza, P. (2016). *bibing.us.es*. Recuperado el 13 de Mayo de 2016, de E-reding: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Análisis+de+criticidad.pdf>
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Díaz de Santos S.A.
- García Garrido, S. (2010). *La Contratación del Mantenimiento Industrial*. Madrid: Diaz de Santos.
- Grima, P., & Tort-Martorell, J. (1995). *Técnicas para la Gestión de la Calidad*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- IRIM Instituto Renovetec de ingeniería del mantenimiento. (s.f.). *el plan de mantenimineto .com*. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de <http://www.elplandelmantenimiento.com>
- Mantenimiento Mundial. (2011). *Mantenimiento Mundial*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de <http://www.mantenimientomundial.com>
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 155-160.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. Leicestershire : Aladon Ltd.
- Navarra, A. d. (1991). *La Calidad en el Área de Diseño*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Otegui, J., & Rubertis, E. (2008). *Cañerías y recipientes de presión*. Mar del Plata: Eudem.

Pérez Jaramillo, C. M. (1992). *Soporte y Cia*. Recuperado el 7 de Julio de 2016, de <http://www.soporteycia.com/images/Articulos/El-camino-hacia-el-RCM.pdf>

Puig, E. (6 de Julio de 2013). *Mantenimiento e Ingeniería de Instalaciones Industriales* . Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de puigenginyindustrial.blogspot.cl

Real Academia Española. (2014). *Real Academia Española*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de <http://dle.rae.es/?w=mantenimiento&m=form&o=h>

Tavares, L. (1996). *Administracion Moderna de Manteniemento*. Rio de Janeiro, Brasil: Novo Polo Brasil.

Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento. Implementación y gestión. 2da Edición*. Universitas.

www.foliaplast.cl. (s.f.). Obtenido de www.foliaplast.cl

Anexos


Anexo 1. Clientes


En la siguiente tabla se pueden observar los clientes de Foliaplast, de acuerdo a los ingresos de ventas del año 2016. Para efectos de confidencialidad, se utilizaron nombres genéricos.

CLIENTES FOLIAPLAST	INGRESO AÑO 2016	%	% ACUMULADO
Agroindustrial	\$ 259.200.000	46%	46%
Hospital B	\$ 73.800.000	13%	59%
Pesquera B	\$ 54.700.000	10%	69%
Hospital A	\$ 50.768.000	9%	78%
Pesquera A	\$ 45.450.000	8%	86%
Pequeños comerciantes	\$ 38.730.000	7%	93%
Público general	\$ 38.000.000	7%	100%
Total	\$ 560.648.000	100%	

Clientes Foliaplast.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Orden de Compra y trabajo

Rut:	XX.XXX.XXX-X	Demandante:	XXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Dirección:	XXXXXXXXXX	Fecha de emisión OC:	11-01-2016 09:15 hrs.			
Teléfono:	XX-XX-XXXXXXX					
ORDEN DE COMPRA N° 94086						
NOMBRE ORDEN DE COMPRA		CS ADQ. MATERIAL CONTROL DE EXISTENCIAS.				
FECHA ENTREGA DE PRODUCTOS:		18-01-2016				
DIRECCION DE ENVIO DE FACTURA:		XXXXXXXXXX Viña del Mar Región de Valparaíso				
DIRECCION DE DESPACHO:		XXXXXXXXXX				
FORMA DE PAGO		Otro. Ver instrucciones.				
CONTACTO OC						
CÓDIGO	PRODUCTO	CANT/ UND.	ESPECIFICACIONES	MATERIAL	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
B456	Bolsa de plastico	12000	Tipo camiseta, color blanco, 15 cm ancho, 20 cm alto, 2,5µm espesor	80% Virgen	\$ 18,00	\$ 216.000
L434	Lamina	7000	Transparente	90% Virgen	\$ 24,00	\$ 168.000
B450	Bolsa de plastico	20000	Tipo camiseta, color blanco, 25cm ancho, 35cm alto, 3µm espesor	80% Virgen	\$ 30,00	\$ 600.000
B460	Bolsa de plastico	18000	Tipo camiseta, color blanco, 20cm ancho, 30 cm alto, 3µm espesor	70% Virgen	\$ 26,00	\$ 468.000
OBSERVACIONES:					Neto	\$ 1.452.000
El no cumplimiento del requerimiento en la fecha de entrega estipulado en la orden de compra dará origen al cobro de multas.					Dcto.	\$ -
					cargos	\$ -
					subtotal	\$ 1.452.000
					19% IVA	\$ 275.880
					TOTAL	\$ 1.727.880



ORDEN DE TRABAJO EXTRUSORA N° 1

TURNO N° 1

MATERIAL ALTA BAJA

MANGA ABIERTO 1 LADO FILM

FECHA 28/11/16

N° 26469

TRATAMIENTO _____ LADOS


ANCHO (cm)	1	2	3	4
ESPESOR (µm)	35	35	32	31
FUELLE (cm)	20	12	14	11
CANTIDAD (kg)	60	60	60	60

VIRGEN 60 %
 LINEAL 10 %
 RECUPE. 30 %
 MASTER 300 Grs.
 COLOR EL
 OTROS _____

CANTIDAD PROCESADA

N°	FECHA DE PRODUCCION	HORA INICIO	HORA TERMINO	UNIDADES (ROLLOS)	CANTIDAD (KG)
1	<u>29/11</u>	<u>08:00</u>			
2					
3					
4					

OBSERVACIONES:


 NOMBRE OPERADOR _____

CANTIDAD SCRAP	KG.
CANTIDAD TOTAL	KG.

Anexo 3. Registro de detenciones inesperadas del año 2016

Enero

FECHA	HORA DETENCIÓN	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
06/01/2016	8:30	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Filtro tapado	5	Interno
06/01/2016	18:15	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Sobrecalentamiento de motor	26	Externo
08/01/2016	12:45	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de presión	6	Interno
13/01/2016	16:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 1 (LI HSING CHEN, modelo LPC – 3)	Falla panel eléctrico	No operativa	
15/01/2016	11:20	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aire	5	Interno
15/01/2016	22:16	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desgaste de teflón	2	Interno
16/01/2016	9:05	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	74	Externo
16/01/2016	11:15	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de presión	4	Interno
18/01/2016	1:55	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problemas eléctricos	56	Externo
19/01/2016	20:20	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	pérdida de aceite	4	Interno
21/01/2016	16:30	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problemas eléctricos	22	Externo
21/01/2016	17:00	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro sucio	2	Interno
22/01/2016	8:20	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	No reconoce compresor	13	Externo
25/01/2016	4:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	8	Interno
25/01/2016	10:40	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro sucio	1	Interno
28/01/2016	12:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Pernos de ajustes cortados	5	Interno
28/01/2016	12:33	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problemas eléctricos	8	Externo
29/01/2016	3:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Descalibración electrónica	9	Interno
29/01/2016	18:05	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	16	Interno
29/01/2016	21:20	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de presión	4	Interno
30/01/2016	10:50	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aceite	3	Interno

Febrero

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
02/02/2016	8:02	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Filtro tapado	6	Interno
02/02/2016	11:47	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Bobinado de motor	8	Externo
03/02/2016	10:25	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	4	Interno
03/02/2016	18:00	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Rodamiento suelto	2	Interno
04/02/2016	20:50	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	36	Externo
06/02/2016	12:45	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Rodamiento trabado	3	Interno
08/02/2016	11:40	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	1	Interno
08/02/2016	13:00	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro sucio	3	Interno
10/02/2016	12:36	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	No reconoce compresor	6	Externo
11/02/2016	2:32	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Problemas con correa de distribución	16	Interno
12/02/2016	12:20	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Pernos cortados	3	Interno
13/02/2016	17:45	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Cables rotos	17	Interno
15/02/2016	16:22	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Desconfiguración electrónica	40	Externo
16/02/2016	4:50	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Boquilla fuera de posición	3	Interno
16/02/2016	10:50	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro sucio	2	Interno
22/02/2016	11:45	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Camisa calefactora dañada	73	Interno
23/02/2016	9:15	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	7	Interno
23/02/2016	1:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno
25/02/2016	13:25	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Falla eléctrica	25	Externo
25/02/2016	17:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Pernos de ajustes cortados	5	Interno
26/02/2016	11:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Cuchillo de corte roto	4	Interno
29/02/2016	10:00	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Panel de control desconfigurado	21	Externo
29/02/2016	17:20	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Motor trabado	15	Interno

Marzo

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
01/03/2016	19:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desgaste de teflón	3	Interno
04/03/2016	3:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Rodamientos trabados	78	Externo
06/03/2016	14:50	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aceite	3	Interno
07/03/2016	7:40	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Problemas con cuchillo de corte	4	Interno
08/03/2016	10:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	7	Interno
08/03/2016	12:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Cigüeñal roto	94	Externo
09/03/2016	9:33	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Selladora descalibrada	6	Interno
10/03/2016	9:20	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problema en el reductor de velocidad	74	Externo
10/03/2016	14:30	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Selladora descalibrada	2	Interno
11/03/2016	8:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Cambio de filtro	4	Interno
13/03/2016	11:23	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro sucio	3	Interno
13/03/2016	19:55	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Pernos rotos	3	Interno
15/03/2016	19:55	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Problemas en la biela	22	Externo
16/03/2016	18:13	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desajustes en los cuchillos de corte	3	Interno
17/03/2016	2:30	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problemas en la camisa calefactora	58	Externo
18/03/2016	8:10	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	8	Externo
20/03/2016	9:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Descalibrado	10	Externo
21/03/2016	7:15	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de aire	3	Interno
21/03/2016	17:00	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desajustes de rodillos	3	Interno
23/03/2016	10:10	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	4	Interno
23/03/2016	10:30	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro tapado	2	Interno
28/03/2016	9:15	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Motor trabado	77	Externo
29/03/2016	14:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Perno roto	3	Interno
30/03/2016	10:00	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Rodamientos de empuje dañados	25	Externo
30/03/2016	15:25	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Desconfiguración electrónica	22	Externo
31/03/2016	9:47	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Engranajes trabajos	9	Externo
31/03/2016	22:40	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Falla en el cilindro	7	interno

Abril

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
01/04/2016	18:15	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	4	Interno
02/04/2016	9:40	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Cuchillo de corte roto	8	Interno
04/04/2016	9:25	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de presión de aire	7	Interno
04/04/2016	13:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 1 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Fallas en el sistema eléctrico	No operativa	
05/04/2016	17:40	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	48	Externo
07/04/2016	17:35	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Falla de encendido	20	Interno
07/04/2016	18:10	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro sucio	1	Interno
08/04/2016	11:38	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN modelo CS – 3248H2)	Falla de corte	8	Interno
09/04/2016	4:00	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Boquilla suelta	1	Interno
09/04/2016	12:40	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla de rodamientos	30	Externo
11/04/2016	6:30	Reciclado	Picadora 1 (PLYMET PM100)	Motor dañado	No operativa	
11/04/2016	18:20	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problema en el variador de frecuencia	120	Externo
11/04/2016	18:48	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno
12/04/2016	13:55	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Rodamientos rotos	30	Externo
14/04/2016	7:30	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	6	Interno
14/04/2016	10:40	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Manguera rota	6	Interno
15/04/2016	9:25	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Perdida de presión	4	Interno
15/04/2016	19:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Falla en el cuchillo de corte	4	Interno
18/04/2016	19:10	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro tapado	3	Interno
19/04/2016	8:15	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Boquilla rota	56	Externo
20/04/2016	12:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Falla cigüeñal	30	Externo
20/04/2016	14:25	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Falla en el panel eléctrico	20	Externo
21/04/2016	14:50	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	4	Interno
26/04/2016	2:30	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Panel de control desconfigurado	80	Externo
26/04/2016	11:35	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Pérdida de aceite	5	Interno
26/04/2016	16:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Correa de distribución cortado	20	Externo
27/04/2016	14:45	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	17	Interno
28/04/2016	9:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla panel eléctrico	50	Externo
28/04/2016	19:35	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Pérdida de presión de aire	2	Interno
29/04/2016	10:30	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro roto	5	Interno
30/04/2016	11:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno

Mayo

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
03/05/2016	12:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Falla eléctrica	3	Interno
03/05/2016	16:35	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	No reconoce compresor	20	Interno
04/05/2016	9:00	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Engranajes trabados	6	Interno
06/05/2016	13:05	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Rodamientos trabados	21	Externo
06/05/2016	15:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Boquilla rota	27	Externo
09/05/2016	15:15	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro roto	5	Interno
10/05/2016	17:06	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Pérdida de aceite	4	Interno
11/05/2016	11:40	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Desgaste de chaveta	48	Externo
13/05/2016	15:30	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Cojinetes rotos	116	Externo
14/05/2016	10:10	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Panel de control desconfigurado	50	Externo
18/05/2016	14:05	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla panel eléctrico	26	Externo
19/05/2016	12:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Rodamiento roto	7	Interno
19/05/2016	20:20	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Pernos de ajustes cortados	16	Interno
20/05/2016	1:40	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Corte eléctrico	10	interno
23/05/2016	20:55	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	13	Interno
24/05/2016	17:15	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Filtración de aceite	18	Interno
25/05/2016	6:25	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Cabezal suelto	5	Interno
26/05/2016	21:30	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	13	Interno
27/05/2016	8:20	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	52	Externo
30/05/2016	10:40	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Rodamientos trabados	42	Interno
30/05/2016	11:30	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Manguera rota	5	Interno
30/05/2016	14:55	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno
31/05/2016	16:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno

Junio

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
02/06/2016	8:45	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	75	Externo
02/06/2016	10:00	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Motor sin fuerza	22	Interno
04/06/2016	8:15	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Filtro tapado	3	Interno
05/06/2016		Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Pérdida de aceite	5	Interno
05/06/2016	20:25	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro sucio	2	Interno
06/06/2016	23:05	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	12	Interno
10/06/2016	10:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Pérdida de aire	46	Interno
12/06/2016	13:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Falla eléctrica	22	Externo
15/06/2016	12:15	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Problema con camisa calefactora	30	Externo
17/06/2016	17:40	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Descalibración en los cuchillos de corte	16	Interno
22/06/2016	17:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	17	Interno
22/06/2016	18:20	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Motor trabado	16	Externo
23/06/2016	12:48	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Tornillo de avance trabado	21	Externo
25/06/2016	9:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno
28/06/2016	13:50	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aire	2	Interno
28/06/2016	16:30	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Cojinetes rotos	24	Externo

Julio

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
05/07/2016	14:30	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Filtro tapado	5	Interno
06/07/2016	14:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desgaste de teflón	2	Interno
11/07/2016	1:30	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	No reconoce compresor	33	Interno
14/07/2016	8:45	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problema eléctrico	51	Externo
18/07/2016	4:20	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Boquilla rota	9	interno
18/07/2016	20:25	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Problemas de cuchillos de prepicado	15	Interno
21/07/2016	12:15	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Rodamientos trabados	4	Interno
23/07/2016	12:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Problema en el sellado	6	Interno
25/07/2016	21:55	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Manguera rota	17	Interno
26/07/2016	9:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	3	Interno
26/07/2016	11:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Falla en la biela	7	Externo
27/07/2016	9:45	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Rodamiento roto	46	Externo
28/07/2016	15:50	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	20	Interno
29/07/2016	2:45	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	31	Externo
30/07/2016	9:30	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Falla en el cilindro	6	interno

Agosto

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
01/08/2016	13:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	troquel trabado	6	Externo
01/08/2016	16:30	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Perdida de presión de aire	21	Interno
05/08/2016	8:40	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Pernos sueltos	1	Interno
05/08/2016	17:15	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	No reconoce compresor	23	Externo
08/08/2016	10:30	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Rodamientos trabados	5	Interno
09/08/2016	10:15	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Filtro tapado	4	Interno
10/08/2016	3:00	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Bobinado de motor	16	Externo
11/08/2016	7:20	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Cuchillos de corte gastados	8	Interno
11/08/2016	13:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno
11/08/2016	20:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla de rodamientos	17	Interno
16/08/2016	9:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Falla cigüeñal	32	Externo
16/08/2016	10:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Problema en el sellado	8	Interno
17/08/2016	11:40	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Problema eléctrico	9	Externo
17/08/2016	12:10	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro tapado	4	Interno
19/08/2016	5:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Problema eléctrico	10	Externo
20/08/2016	4:25	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Manguera con filtración	6	Interno
20/08/2016	15:15	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Desconfiguración electrónica	45	Externo
25/08/2016	20:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desgaste de teflón	2	Interno
27/08/2016	19:00	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Sensores no responden	45	Externo
29/08/2016	8:40	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Pérdida de aire	11	Interno
29/08/2016	14:00	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	5	Interno
30/08/2016	0:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	10	Interno
31/08/2016	10:30	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Filtro tapado	1	Interno
31/08/2016	12:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Rodamientos trabados	3	interno
31/08/2016	13:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	3	Interno

Septiembre

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
05/09/2016	11:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Perno cortado	4	Interno
05/09/2016	17:25	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	74	Externo
06/09/2016	14:25	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Troquel trabado	21	Externo
08/09/2016	10:15	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Manguera rota	4	Interno
09/09/2016	8:10	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Camisa calefactora	53	Externo
09/09/2016	12:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	10	Interno
12/09/2016	6:40	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP – 103)	Perno desajustado	2	Interno
12/09/2016	14:50	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillos sueltos	2	Interno
13/09/2016	14:30	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro sucio	2	Interno
15/09/2016	9:40	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problema con los sensores	10	Externo
16/09/2016	2:30	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Perdida de presión	3	Interno
16/09/2016	9:55	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Falla en el sellado	6	Interno
22/09/2016	10:35	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problema eléctrico	24	Externo
23/09/2016	12:00	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Rodamientos trabados	8	interno
27/09/2016	17:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Problema eléctrico	44	Externo
27/09/2016	18:00	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Sobrecalentamiento de motor	39	Externo
29/09/2016	15:40	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro sucio	2	interno
29/09/2016	18:10	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Descalibración en el corte	5	Interno

Octubre

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
04/10/2016	15:25	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Manguera con filtración	4	Interno
05/10/2016	19:30	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Cables dañados	15	Interno
08/10/2016	10:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajustes cortados	26	Interno
11/10/2016	8:05	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problema con los sensores	24	Externo
12/10/2016	11:20	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problemas en los cuchillos de corte	8	Interno
13/10/2016	19:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Falla eléctrica	20	Externo
15/10/2016	11:35	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	49	Externo
18/10/2016	10:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Tornillo de avance trabado	51	Externo
21/10/2016	22:00	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Desgaste de chaveta	36	Externo
20/10/2016	20:25	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	3	Interno
21/10/2016	11:35	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Filtro sucio	4	Interno
24/10/2016	13:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Troqueladora 2 (WUXI)	Pernos rotos	6	Interno
24/10/2016	19:35	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Boquilla fuera de posición	4	Interno
25/10/2016	10:30	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Pérdida de aceite	5	interno
25/10/2016	16:20	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Motor trabado	92	Externo
26/10/2016	12:05	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro tapado	2	Interno
26/10/2016	21:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	1	Interno
27/10/2016	16:05	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Rodamiento trabado	4	Interno
27/10/2016	16:40	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Cabezal suelto	5	Interno
28/10/2016	6:35	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Pernos de ajuste cortados	5	Interno
28/10/2016	17:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Desgaste de teflón	2	Interno
29/10/2016	9:40	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Boquilla fuera de posición	4	Interno

Noviembre

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
03/11/2016	22:40	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Falla panel electrónico	117	Externo
04/11/2016	13:10	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV - 10 VL/ 200)	Manguera con filtración	3	Interno
07/11/2016	7:20	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	77	Externo
07/11/2016	20:05	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 - 45204)	Sobrecalentamiento motor	8	Externo
09/11/2016	3:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS - 3248H2)	Rodamientos rotos	16	Externo
10/11/2016	15:35	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Pernos rotos	5	Interno
10/11/2016	22:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 - 32X48)	Desgaste de teflón	12	Interno
18/11/2016	10:15	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB - 30)	Perdida de aceite	6	Interno
21/11/2016	19:10	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA - 55)	Boquilla fuera de posición	15	Interno
22/11/2016	17:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS - 3248H2)	Pernos de ajustes sueltos	1	Interno
23/11/2016	10:25	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Problema en el variador de frecuencia	56	Externo
23/11/2016	11:40	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB - 30)	Filtro sucio	6	Interno
24/11/2016	8:50	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de goma	46	Interno
25/11/2016	13:10	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Sobrecalentamiento de motor	8	Externo
26/11/2016	9:12	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA - 55)	Problema en el variador de frecuencia	98	Externo
28/11/2016	8:15	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	10	Interno
28/11/2016	14:45	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV - 10 VL/ 200)	Filtro tapado	2	Interno
29/11/2016	3:45	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS - 3248H2)	Falla panel eléctrico	56	Externo
30/11/2016	8:25	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	No reconoce compresor	52	Externo
30/11/2016	11:35	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	4	Interno
30/11/2016	19:20	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 - 32X48)	Desajuste de rodamientos	15	Interno

Diciembre

FECHA	HORA DETENCION	LÍNEA	EQUIPO	MODO DE FALLA	TIEMPO DE PARALIZACIÓN	TIPO DE REPARACIÓN
02/12/2016	12:40	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Filtro sucio	4	Interno
02/12/2016	18:10	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Desgaste de chaveta	70	Externo
05/12/2016	5:25	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla panel eléctrico	31	Externo
05/12/2016	12:00	Extrusión	Compresor 1 (SCHULZ, modelo MSV – 10 VL/ 200)	Filtro roto	6	Interno
06/12/2016	11:35	Reciclado	Mini extrusora (PLYMET, modelos EX45 – 45204)	Boquilla suelta	2	interno
07/12/2016	11:15	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Cambio de rodamientos de empuje	26	Externo
09/12/2016	14:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 2 (GOLDEN MAY, modelo BJA1 – 32X48)	Perno cortado	5	Interno
12/12/2016	20:45	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Pérdida de aire	68	Interno
15/12/2016	1:25	Reciclado	Cortadora de pellet (PLYMET, CP - 103)	Pernos rotos	10	Interno
15/12/2016	8:20	Extrusión	Extrusora mayor (KWEENB, modelo HA – 55)	Problema con bloques de conexión	76	Externo
16/12/2016	10:50	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla de rodamientos	49	Externo
17/12/2016	12:10	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aceite	21	Externo
19/12/2016	15:45	Fabricación especial	Compresor 2 (BAR COMPRESORES, Modelo UB – 30)	Pérdida de aceite	19	Interno
21/12/2016	8:40	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Problemas en los cuchillos de corte	10	Interno
21/12/2016	12:30	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora lateral - prepicadora - corte 1 (WIDMARN, modelo CS – 3248H2)	Falla de sellado	5	Interno
21/12/2016	17:15	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Pérdida de aire	18	Externo
23/12/2016	22:05	Extrusión	Extrusora menor (GOLDEN MAY, modelo SE/HD 45)	Tornillo de avance trabado	59	Externo
24/12/2016	6:30	Reciclado	Picadora 2 (PLYMET)	Cuchillo de corte roto	10	Interno
27/12/2016	9:10	Fabricación especial	Máquina de tónicas (J2M EQUIPOS, modelo SPAT 900)	Falla de rodamientos	7	Externo
28/12/2016	17:00	Sellado/ prepicado/ troquelado/ corte	Selladora fondo - prepicadora - corte 3 (TAIWAN APPLIED MACHINERY INC, modelo CS – 3248H2)	Desgaste de teflón	2	Interno

Anexo 4. Encuesta aplicada al personal

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS OPERARIOS DE LA FABRICA FOLIAPLAST (10 personas)		
NOMBRE:		
CARGO:		
FECHA:		
	SI	NO
1.- Existe un plan de mantenimiento claro y definido	0%	100%
2.- Cree usted que sea necesario implementar un plan de mantenimiento idóneo para cada máquina	90%	10%
3.- El espacio físico es adecuado para realizar el mantenimiento	60%	40%
4.- Existe algún registro de las reparaciones que se le realizan a las máquinas.	0%	100%
5.- Existe un un stock de repuestos por posibles fallas	0%	100%
6.- Es fácil adquirir los repuestos en el mercado	20%	80%
7.- Disponen de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento (manuales, fichas técnicas, etc.)	0%	100%
8.- Se realiza algún tipo de evaluación a los operarios por el manejo de las máquinas	0%	100%
9.- Se les hace capacitaciones a los operarios para el mantenimiento de los equipos	0%	100%
10.- La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento de todas las máquinas	10%	90%
11.- Los operarios de la fábrica está preparados para hacer los arreglos de las máquinas de forma correcta	40%	60%
12.- Recibe algún tipo de capacitación por parte de los proveedores de las máquinas	0%	100%
13.- Realiza usted algún tipo de registro o informe sobre el mantenimiento de las máquinas	0%	100%

Anexo 5. Encuesta de ponderación de causales

Pondere de 1 a 10 la incidencia de las siguientes causas en las detenciones inesperadas de los equipos del área de producción de Foliplast. Donde 1 es de baja incidencia aumentando gradualmente hasta 10 (alta incidencia).	
Causas	Ponderación
<i>1.- Deterioro de las máquinas</i>	5,8
<i>2.- No existe inspección en las máquinas</i>	8,1
<i>3.- Tecnología obsoleta de las máquinas</i>	3,5
<i>4.- Repuestos alternativos como solución</i>	6,5
<i>5.- Mantenimiento inadecuado de las máquinas</i>	9
<i>6.- Bajo recambio de las máquinas</i>	4,5
<i>7.- No existe registro de fallas de máquinas</i>	8,5
<i>8.- No existe plan de mantenimiento</i>	9,3
<i>9.- No existe departamento de mantenimiento</i>	6
<i>10.- No existe presupuesto de mantenimiento</i>	7,2
<i>11.- Sólo reparación correctiva y no mantenciones</i>	8,7
<i>12.- Falta de capacitación al personal</i>	3,2
<i>13.- Incumplimiento de procedimientos por el personal</i>	5
<i>14.- Deficiencia área mecánica/ eléctrica del personal</i>	4,1
<i>15.- Sin supervisión al personal</i>	2,5
<i>16.- Sin estudios técnico - profesional del personal</i>	3
<i>17.- Falta orden y limpieza de la fábrica</i>	2,3
<i>18.- Espacio limitado para realizar reparaciones</i>	2,8

Anexo 6. Las siete preguntas

1) ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo en su actual contexto operacional?

Antes de aplicar un proceso para determinar qué hacer para que el activo físico continúe haciendo aquello que se espera en su contexto operacional, es necesario hacer lo siguiente:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga.
- Asegurar que el activo es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

El primer paso en el proceso de RCM II es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

- Funciones primarias: son la razón principal de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.
- Funciones secundarias: es lo que se espera de cada activo, más allá de sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo. Aunque las funciones secundarias son usualmente menos obvias que las primarias, la pérdida de una función secundaria puede tener serias consecuencias, incluso más serias que las funciones primarias, es por ello que frecuentemente las funciones secundarias requieren tanto o más mantenimiento.

Cuando el activo físico es puesto en funcionamiento, debe ser capaz de rendir más que el estándar mínimo de funcionamiento deseado por el usuario.

2) ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

La única razón existente para que el activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla.

Es necesario identificar qué fallas pueden ocurrir para poder determinar qué herramientas serán útiles para el manejo de las mismas. Se deben considerar fallas causadas por deterioro o desgaste por uso normal, así como también fallas causadas por errores humanos y errores de diseño.

Esta definición no solo se refiere a la incapacidad total de funcionar, sino también abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable.

3) ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? Modo de falla

Una vez identificadas las fallas funcionales, se deben identificar todos los hechos que puedan haber causado cada estado de falla, estos hechos se denominan modos de fallas.

Es importante identificar la causa de cada falla con un nivel de detalle que permita la selección de una estrategia de falla adecuada, sin perder el tiempo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales. En la práctica, dependiendo de la complejidad del activo físico, su contexto operacional y el nivel al que está siendo analizado, se registran entre uno y treinta modos de falla por cada falla funcional.

Los modos de fallas pueden ser clasificados en tres grupos:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado: debido al deterioro, fallas de lubricación, polvo, suciedad, desarme y errores humanos.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

4) ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? Efecto de falla

Consiste en describir que sucede al ocurrir un modo de falla, lo que se denomina efecto de falla, esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- La evidencia de que se ha producido una falla.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

Un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿qué importancia tiene?

5) ¿En qué sentido es importante cada falla? Consecuencia de falla

La naturaleza y la gravedad de los efectos de falla definen las consecuencias. Si una falla tiene consecuencias serias, se centrará la atención en esa falla para intentar evitarla, por otro lado, si no tiene consecuencias o las consecuencias son leves, quizás sea mejor no hacer un mantenimiento exhaustivo.

La metodología RCM II reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas, por lo que la única razón para hacer un mantenimiento proactivo es evitar las consecuencias de las fallas, no evitar las fallas en sí.

Las consecuencias son clasificadas en cuatro categorías:

- Consecuencias de fallas ocultas: Algunas fallas ocurren de tal forma que nadie sabe que el elemento se ha averiado a menos que se produzca otra falla. Este tipo de fallas no tiene un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias.

- Consecuencias ambientales y para la seguridad: Tiene consecuencias ambientales si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir alguna normativa reglamento ambiental, tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
Por otra parte, una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte de alguna persona.
- Consecuencias operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción, pueden hacerlo afectando el volumen de la producción total, la calidad del producto, el servicio al cliente o incrementando el costo operacional.

Consecuencias no operacionales: Son las consecuencias de una falla evidente que no ejerce un efecto adverso directo para la seguridad, el medio ambiente o la capacidad operacional; las únicas consecuencias asociadas con estas fallas son los costos directos de reparación.

Es importante considerar que ciertos modos de fallas pueden causar un daño secundario considerable al no ser prevenidos, lo que se suma a sus costos de reparación.

Estas categorías son la base para la toma de decisiones en el proceso de mantenimiento, ya que su revisión permite centrar la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización y resta importancia a aquellas que tienen escaso resultado.

6) ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla? Tareas proactivas

Las tareas proactivas se llevan a cabo antes de que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Son técnicamente factibles si permiten las consecuencias del modo de falla asociado, a un nivel que sea aceptable al usuario del activo.

La metodología RCM II provee criterios simples, precisos y fáciles de entender para decidir cuáles de las tareas proactivas son técnicamente factibles en él y contexto operacional y para decidir quién debería hacerlas y con qué frecuencia.

RCM II divide las tareas proactivas en tres categorías:

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas: consisten en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes de un límite de edad operacional específico, independientemente de las condiciones en ese momento.
- Tareas de sustitución cíclicas: Consisten en sustituir un componente antes de un límite de edad definida, más allá de su condición en ese momento.

Las tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas en conjunto conforman lo que se conoce como mantenimiento preventivo. Ambos términos muchas veces se pueden aplicar exactamente a la misma tarea, y el término apropiado depende del nivel al cual se lleva a cabo el análisis.

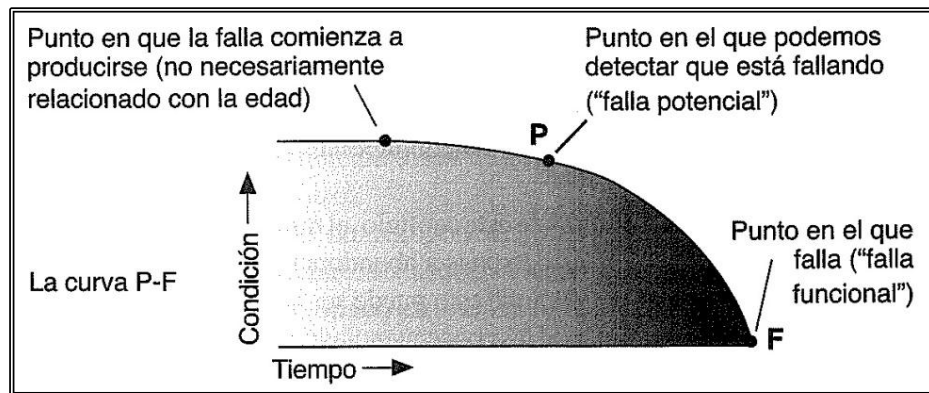
La frecuencia de una tarea de reacondicionamiento o sustitución cíclica está determinada por la edad en la que el elemento o componente muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de la falla.

- Tareas a condición: Son técnicas para detectar fallas potenciales, estas son advertencias de que podría ocurrir una falla funcional. Permite actuar evitando las posibles consecuencias que surgirían si se desencadena una falla funcional. Se denominan así porque los componentes se dejan en servicio “a condición” de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseado. Generalmente se conoce como mantenimiento preventivo.

Por lo general hay poca relación entre cuanto tiempo el activo físico ha estado en servicio y cuan probable es que falle. Sin embargo, aunque muchos modos de falla no se relacionan con la edad, la mayoría de ellos da algún tipo de advertencia de que están en proceso de ocurrir.

Ilustra lo que sucede en las etapas finales de la falla. Se le llama curva P-F, muestra como comienza la falla, como se deteriora al punto en que puede ser detectada (punto P) y luego si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose, generalmente a una tasa acelerada y hasta llegar al punto de falla funcional (punto F).

Las tareas a condición deben ser realizadas a intervalos menores al intervalo P-F.



Curva P - F.
Fuente: Moubray, 2004.

7) ¿Qué debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? Acciones a falta de

Si no se encuentra una tarea proactiva que sea técnicamente factible, se debe tomar una "acción a la falta de" adecuada para tratar directamente el estado de falla. RCM II reconoce tres categorías "acciones a falta de":

- Búsqueda de fallas: se aplica solo a las fallas ocultas o no reveladas. Implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado.

- Rediseño: implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema.
- Ningún mantenimiento programado: no se realiza ningún esfuerzo alguno por anticipar o prevenir los modos de fallas y se deja que ésta simplemente ocurra, para luego repararla. Comúnmente se conoce como mantenimiento a rotura.

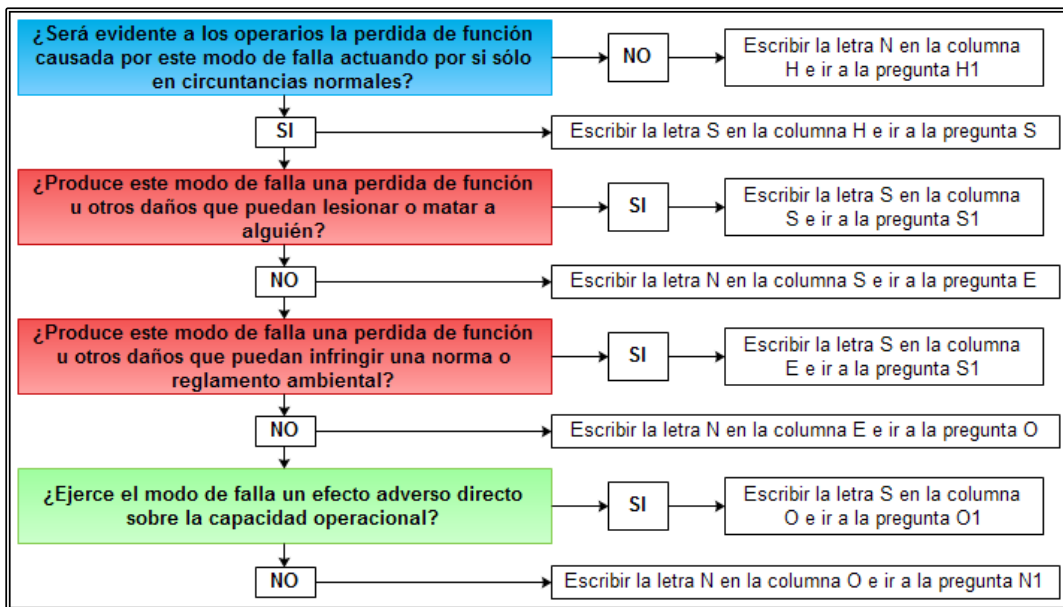
Si no es factible aplicar una tarea proactiva para tratar los distintos modos de falla, RCM II propone “acciones de falta de” dependiendo de las consecuencias de las fallas.

- Si no se encuentra una tarea proactiva que reduzca el riesgo de la falla múltiple asociada con la función oculta al nivel tolerablemente bajo, entonces debe realizarse periódicamente una tarea de búsqueda de falla apropiada, a la decisión “a falta de” puede resultar en la posibilidad de diseño.
- Si no se encuentra una tarea proactiva que reduzca el riesgo de una falla que podría afectar a la seguridad o al medio ambiente a un nivel tolerablemente bajo, obligadamente se debe diseñar el componente o cambiar el proceso.
- Si no se encuentra una tarea proactiva menos costosa que una falla, que tiene consecuencias operacionales, la decisión “a falta de” inicial es no realizar mantenimiento programado. Si el dejar de hacer mantenimiento programado las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión “a falta de” secundaria es el rediseño.
- Si no se puede encontrar una tarea proactiva menos costosa que una falla que tiene consecuencias no operacionales, la decisión “a falta de” inicial es no realizar mantenimiento programado. Si los costos de reparación son demasiado altos, la decisión “a falta de” secundaria es rediseño.

Para responder estas siete preguntas, la metodología RCM II utiliza las herramientas AMFE y el árbol lógico de la decisión.

Anexo 7. Registro de las consecuencias de fallas en la hoja de decisión

Se puede apreciar cómo se registra las consecuencias de las fallas. Este sistema consta en clasificar las fallas evidentes y las ocultas, para después separarlas y ordenarlas por grado de importancia (de mayor a menor). Por lo tanto, las columnas (H, S, E, O y N) de la Figura 3.5, registran (N, si es NO y S si es SI) las respuestas de cada modo de falla que se observan en el árbol de decisión.



Registro de las consecuencias de fallas.

Fuente: Moubray, 2004.

Se puede observar cómo las respuestas a estas preguntas se registran en la hoja de decisión. Se puede apreciar que:

- Cada modo de falla es ubicado en solo una categoría de consecuencias. Entonces, el clasificado como que tiene consecuencias ambientales, no evaluamos también sus consecuencias operacionales (al menos cuando se realiza el primer análisis de cualquier activo físico). Esto significa que, por ejemplo, si se registran una “S” en la columna E, no se registra nada en la columna O [Moubray, 2004].

- Una vez que las consecuencias del modo de falla han sido categorizadas, el próximo paso es buscar una tarea proactiva adecuada. El criterio utilizado para decidir si merece realizar tales tareas [Moubray, 2004].

Evaluación de las consecuencias				
H	S	E	O	
N				→ Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva (predictiva o preventiva) debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.
S	S			→ Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.
S	N	S		→ Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir el riesgo a un nivel tolerable de esta falla por sí sola.
S	N	N	S	→ Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.
S	N	N	N	→ Consecuencias no operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.

Consecuencias de las fallas.

Fuente: Moubray, 2004.

Tareas proactivas

Las columnas de la octava hasta la décima son utilizadas para registrar si se ha seleccionado una tarea proactiva, de la siguiente manera:

- La columna H1/ S1/ O1/ N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias [Moubray, 2004].
- La columna H2/ S2/ O2/ N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento apropiada para prevenir las fallas [Moubray, 2004].

- La columna H3/ S3/ O3/ N3 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas [Moubray, 2004].

Para que una tarea sea técnicamente factible, debe ser posible dar una respuesta positiva a todas las preguntas que se muestran se aplican a esa categoría de tareas, y la tarea debe responder al criterio de “merece la pena ser realizada”. Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es “no” o se desconoce, entonces se rechaza la tarea totalmente. Si todas las preguntas pueden ser contestadas afirmativamente, entonces se registra una “S” en la columna apropiada [Moubray, 2004].

H1	H2	H3
S1	S2	S3
O1	O2	O3
N1	N2	N3
S		
N	S	
N	N	S

¿Es técnicamente factible realizar una tarea a condición para reducir la consecuencia de la falla? ¿Hay alguna condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible realizar la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?

¿Es técnicamente factible una tarea de reacondicionamiento cíclico para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?

¿Es técnicamente factible una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de ésta edad?

Crterios de factibilidad técnica.

Fuente: Moubray, 2004.

Las preguntas “a falta de”

Las columnas H4, H5 y S4 en la Hoja de Decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”. Se resume cómo se responde a estas preguntas.

Referencia de Información	Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"					
	F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4
3	A	1	N					N	N	N	S		
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?</p> <p>Registrar "Si" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable</p>													
4	B	4	N					N	N	N	N	S	
4	C	?	N					N	N	N	N	N	
<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?</p> <p>Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es "No". Si la respuesta a esta pregunta es "Si", el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es "No", la acción "a falta de" es no realizar mantenimiento preventivo, pero el rediseño puede ser deseable.</p>													
5	B	2	S	S				N	N	N		S	
2	A	5	S	S				N	N	N		N	
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?</p> <p>Responder "Si", si una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es "No", el rediseño es obligatorio.</p>													
1	A	5	S	N	N	S		N	N	N			
1	B	3	S	N	N	N		N	N	N			
<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada</p> <p>Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>													

Las preguntas a falta de.
Fuente: Moubray, 2004.

Tarea propuesta

Si en el proceso de toma de decisiones se ha seleccionado una tarea proactiva o una tarea de búsqueda de falla, debe registrarse la descripción de la tarea en la columna titulada "Tarea Propuesta". Lo ideal es que la tarea fuese descrita con el mismo detalle y precisión en la hoja de decisión como en el documento que se le entregará a la persona que debe realizar la tarea [Moubray, 2004].

Frecuencia inicial

Se registran en la hoja de decisión en la columna "Frecuencia Inicial". Este punto se basa en lo siguiente:

- Las frecuencias de las tareas a condición están determinados por el intervalo $P - F$.
- Las frecuencias de las tareas de reacondicionamiento programado y de sustitución cíclica dependen de la vida útil del elemento que consideramos.
- Las frecuencias de las tareas de búsqueda de fallas están determinados por las consecuencias de la falla múltiple, que determina la disponibilidad necesaria, y el tiempo medio entre ocurrencias de la falla oculta.

Al completar la hoja de decisión, se debe registrar cada frecuencia sin referirse a otras tareas. Esto es porque una tarea a una frecuencia en particular puede cambiar con el tiempo y la razón para realizarla podría desaparecer [Moubray, 2004].

Puede ser realizado por

Se utiliza para preguntar quién es competente y confiable para realizar correctamente la tarea [Moubray, 2004].

Llenado de la hoja de decisión

Se muestra de manera ejemplificativa cómo debe ser llenado la hoja de decisión, las que se consideraron tres modos de fallas.

HOJA DE DECISIÓN RCMII © 1990 ALADON LTD		SISTEMA		Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°								
		SUBSISTEMA		Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de								
Referencia de Información		Evaluación de las consecuencias			Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por				
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2				H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4
BOMBA UNICA															
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar si el cojinete principal de la bomba hace ruido	Semanal	Mecánico
1	A	2etc												
BOMBA DE SERVICIO CON RESERVA															
1	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún Mantenimiento Programado		
1	A	2etc												
BOMBA DE RESERVA															
2	A	1	N				N	N	N	S			Arrancar la bomba de reserva en vez de la bomba de servicio y asegurar que la bomba de reserva sea capaz de llenar el tanque. Completada la prueba, volver a la bomba de servicio.	Cada 4 semanas	Operador

Ejemplo de llenado de la hoja de decisión.
Fuente: Moubray, 2004.

Anexo 8. Líneas críticas de producción

Línea de extrusión: Esta línea cuenta con dos extrusoras. La mayor, modelo HA – 55, y la menor, modelo SE/HD 45, equipos para procesar polietileno de alta y baja densidad. El proceso comienza de la siguiente manera, una vez recibida la orden de trabajo por parte del operario, se decide qué extrusora utilizar para procesar el pellet. Si se necesita fabricar bobinas menores a 0.6 m se prioriza la extrusora menor, para lo cual se verifica su disponibilidad, de no estar operativa, la materia prima puede ser procesada en la extrusora mayor, donde nuevamente se verifica su disponibilidad de operación, si se encuentra congestionada, el material debe permanecer en la zona de espera hasta que los equipos se descongestionen. En el caso que se necesite bobinas mayores de 0.6 m, estas sólo se pueden fabricar en la extrusora mayor, debido a las limitaciones de largo que posee el rodillo.

Al obtener la bobina, el operario se encarga de que las especificaciones requeridas, estén cumplidas, de no ser así y se encuentre con defectos, la bobina es retirada y acumulada como material de reciclaje.

En la siguiente figura se esquematiza la línea de extrusión que anteriormente ha sido explicada.

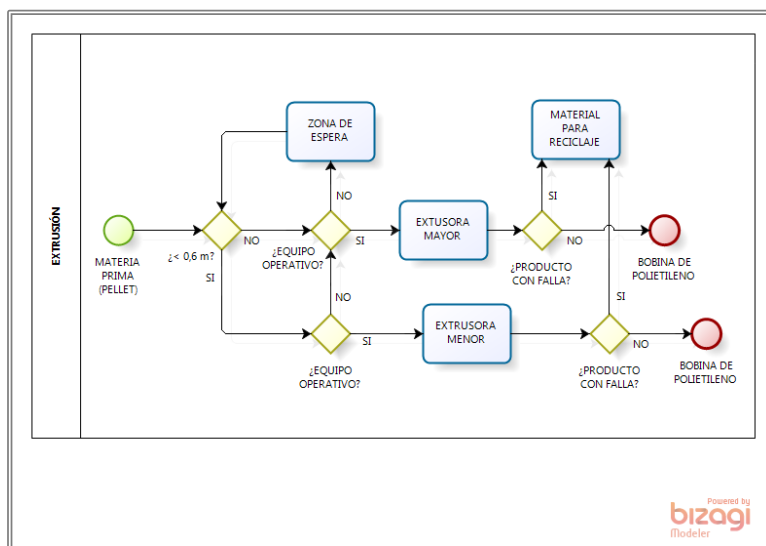


Diagrama de proceso de la línea de extrusión.

Fuente: Elaboración propia.

Línea de fabricación especial: En esta línea se fabrican tónicas, especie de delantal utilizado generalmente para la industria de alimentos. Para elaborar este producto se utiliza el equipo SPAT900, el cual recibe la bobina de polietileno y la transforma en el producto final. Una vez terminado el producto, se verifica la calidad de éste, si no cumple con el estándar exigido por el mandante o presenta fallas, es reprocesado en la línea de reciclaje. Esta línea trabaja sólo un turno de 6 horas netas de producción al día, y su rendimiento es 606 tónicas por hora.

La figura muestra el esquema del proceso de fabricación especial.

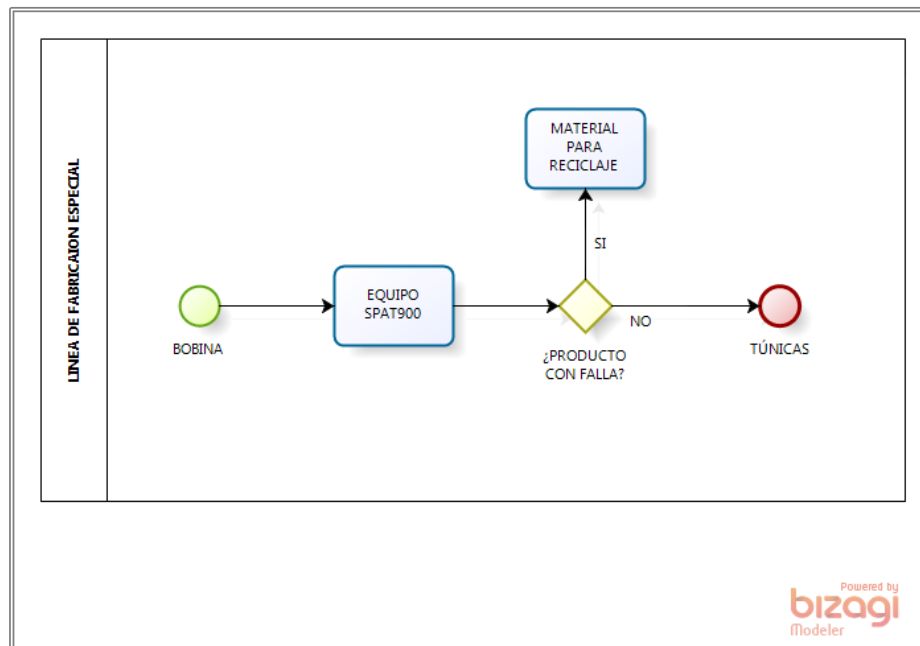


Diagrama de proceso de la línea de fabricación especial.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Hojas de información RCM II

Extrusoras

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Motor		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Transforma la energía eléctrica en energía mecánica, la cual permite realizar los trabajos.	A Motor trabado (no arranca).	1	Problema de cableado.	No suministra la energía necesaria para realizar trabajos mecanizados.
		2	Rodamientos en mal estado.	
		3	Problema en la placa de bornes.	
		4	Cambio motor quemado.	
	B Chaveta dañada.	1	Desgaste y cizalle de la chaveta.	La chaveta se desgasta o se rompe por cizalle.
	C Daños en el bobinado.	1	Cables de alimentación largos y/o de sección inferior a la necesaria.	Sobrecalentamiento, corto entre fases y desequilibrio de tensión.

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Transformador		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Transforma la tensión de una corriente eléctrica sin modificar su potencia.	A Sobrecalentamiento en el transformador.	1	Aceite en mal estado.	Cortes de circuitos produciendo detenciones en otros equipos.
		2	Problemas en la conexión eléctrica y magnética.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora				
		Subsistema: Reductor de velocidad				
Función		Falla Funcional	Modo de falla		Efecto de la falla	
1	Dispositivo que adapta la velocidad de salida del motor a la velocidad requerida por el equipo.	A	Recalentamiento y ruido del reductor.	1	Desgaste de piñón.	Aumento de velocidad no requerida, afectando al motor y al equipo extrusor.
				2	Filtración de aceite.	
				3	Problemas en los cojinetes (averiados).	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora				
		Subsistema: Husillo (Tornillo de avance)				
Función		Falla Funcional	Modo de falla		Efecto de la falla	
1	Transporta, funde y homogeniza el material extrusado (pellet).	A	Husillo trabado (no arranca).	1	Material (pellet) solidificado antes de salir.	No transporta el material (pellet).
				2	Rodamiento dañado.	
		B	No gira a la velocidad correcta.	1	Aumento de presión por acumulación de material (pellet).	No mezcla adecuadamente el material (pellet).
				2	El calor no se distribuye a lo largo del husillo.	
				3	Rodamientos sucios.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora				
		Subsistema: Camisa calefactora				
Función		Falla Funcional	Modo de falla		Efecto de la falla	
1	Contiene y funde el material que es transportado por el husillo.	A	Temperatura bajo los niveles normales.	1	Problemas en las termocuplas.	No funde y no homogeniza el material.
				2	Resistencias calefactoras dañadas.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Cabezal y boquilla		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 El cabezal facilita el flujo del material hacia la boquilla, la cual moldea el plástico.	A Cabezal suelto.	1 Suciedad y residuos sólidos en la unión con la camisa calefactora.	El material extrusado no es homogéneo y presenta porosidad.	
		2 Mal ajuste entre los componentes.		
	B Boquilla Obstruida.	1 Boquilla a menor temperatura a la requerida.	El material obstruye la boquilla, deteniendo la producción.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Filtro rompedor		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Depura la mezcla de contaminantes e impurezas.	A Desgaste de filtro.	1 Aumento del diámetro de los orificios.	Permite el paso de partículas de mayor tamaño.	
	B Filtro tapado.	1 Incrustaciones de residuos sólidos en los orificios del filtro.	Disminuye la cantidad de material extruido.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora		
		Subsistema: Rodillos		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Ejerce presión para compactar, reducir porosidades y evitar variaciones de espesor.	A Desalineado de rodillos.	1 Pernos y tuercas sueltas.	Imperfecciones en el compactado, bobinas defectuosas.	
		2 Problemas en los rodamientos.		
	B Desgaste de rodillos.	1 Vibración e impacto entre ellos.		

Hoja de Información RCM II		Sistema: Extrusora				
		Subsistema: Panel eléctrico				
Función		Falla Funcional	Modo de falla		Efecto de la falla	
1	Distribuir, controlar y proteger todos los circuitos instalados en la extrusora.	A	No reconoce compresor.	1	Controlador sin señal.	Sin funcionamiento del compresor, por lo que no entrega la presión para el inyector de aire.
				B	Fallas en los componentes eléctricos.	
		2	Fusibles quemados.			
		3	Condensadores de filtrado dañados.			
		4	Interruptores sin conexión.			
		5	Desperfectos en el relevador (Relé).			

Máquina de tónicas

Hoja de Información RCM II		Sistema: Máquina de tónicas				
		Subsistema: Selladora				
Función		Falla Funcional	Modo de falla		Efecto de la falla	
1	Sellar los contornos por medio de barras de teflón, aplicando calor a un área de contacto específico.	A	Descalibración de sellado.	1	Resistencia no caliente en forma adecuada.	El sellado no es uniforme, presenta irregularidades. Entrega productos defectuosos.
				2	Barra de silicona quemada.	

Hoja de Información RCM II		Sistema: Máquina de tónicas		
		Subsistema: Cuchillo de corte		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Corta o prepica de forma segura y precisa los contornos de polietileno, según diseño.	A Irregularidades en los cortes de las tónicas.	1 Hoja de cuchillo de corte desgastado.	Corte no es preciso, presenta irregularidades. Entrega productos defectuosos.	
		2 Hoja de cuchillo de corte picado.		
		3 Cuchillo de corte desalineado.		

Hoja de Información RCM II		Sistema: Máquina de tónicas		
		Subsistema: Rodillo		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este. Sirve de apoyo y facilita el desplazamiento.	A Rodillo trabado.	1 Rodamientos sucios.	Dificulta la movilidad de los rodillos, afectando la operación.	
		2 Rodamientos dañados.		
		3 Lubricación deficiente en rodamientos.		

Hoja de Información RCM II		Sistema: Máquina de tónicas		
		Subsistema: Panel eléctrico		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Distribuir, controlar y proteger todos los circuitos instalados al equipo de tónicas.	A Panel de control no entrega información del proceso y del estado del equipo.	1	Luces indicadoras del panel de control quemadas.	Descontrol del proceso y estado del equipo.
		2	No existe conexión entre los equipos.	
	B Fallas en los componentes eléctricos.	1	Desperfectos en el relevador (Relé).	Corte de energía, detiene la operación.
		2	Fusibles quemados.	
3		Cables cortados.		

Hoja de Información RCM II		Sistema: Máquina de tónicas		
		Subsistema: Panel electrónico		
Función	Falla Funcional	Modo de falla	Efecto de la falla	
1 Conduce y controla los dispositivos a través de sensores que envían señales.	A Desconfiguración del panel electrónico.	1	Sensor quemado.	Descontrol del proceso y estado del equipo.
		2	Problemas en los conectores de la tarjeta procesadora.	
	B No reconoce compresor.	1	Términales sin conexión.	Máquina de tónicas deja de operar.
	C Falla en la tarjeta electrónica.	1	Problemas de soldaduras (falso contacto).	No procesa la información que se ingresa al tablero.
		2	Problemas en los capacitores.	

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora menor		Sistema N° 001		Facilitador:	Fecha:		
		Subsistema: Transformador		Subsistema N° 002		Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama			
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
									F
1 A	1	S	S			A condición: Realizar análisis físicos químicos del aceite del transformador.	Semestral	Externo	
	2	S	S			Reacondicionamiento cíclico: Reparar componentes críticos del transformador.	Anual	Externo	

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor		Sistema N° 001		Facilitador:	Fecha:		
		Subsistema: Reductor de velocidad		Subsistema N° 003		Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama			
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
									F
1 A	1	S	N	N	S	A condición: Monitorear desgaste de piñón.	Trimestral	Mecánico	
	2	S	N	N	S	Ningun mantenimiento programado: Sustituir piñón del reductor de velocidad.		Operario	
	3	S	N	N	S	A condición: Monitorear filtraciones de aceite. Sustitución cíclica: Sustituir cojinete del reductor de velocidad.	Anual	Mecánico	

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor		Sistema N° 001		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017				
Subsistema: Husillo		Subsistema N° 004		Auditor: Jefe de operaciones		A realizarse por						
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
					H4	H5	S4	S4				
1	A	1	S	N	N	S			Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de husillo.	Semestral	Trimestral	Operario
	2	S	N	N	S	N			Ningún mantenimiento programado.			Operario
B	1	S	N	N	S	N			Ningún mantenimiento programado.			Operario
	2	S	N	N	S	N			Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de rodamiento del eje del husillo.	Anual	Trimestral	Operario

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor		Sistema N° 001		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017				
Subsistema: Camisa calefactora		Subsistema N° 005		Auditor: Jefe de operaciones		A realizarse por						
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
					H4	H5	S4	S4				
1	A	1	S	N	N	S			Ningún mantenimiento programado. Revisión de la termocupla de la camisa calefactora.	Extrusora mayor	Extrusora menor	Mecánico
	2	S	N	N	S	N			Sustitución cíclica: Realizar sustitución de las termocuplas de la camisa calefactora.	Anual	_____	Mecánico
2	S	N	N	S	N	S			Sustitución cíclica: Realizar sustitución de las resistencias de la camisa calefactora.	Anual	Anual	Mecánico

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor		Sistema Nº 001		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017				
Subsistema: Cabezal y boquilla		Subsistema Nº 006		Auditor: Jefe de operaciones		Intervalo inicial		A realizarse por				
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
					H4	H5	S4	S4				
1	A	1	S	N	N	S			Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de la unión camisa-cabezal.	Extrusora mayor	Extrusora menor	Operario
	2	S	N	N	S				Reacondicionamiento cíclico: Ajustar unión camisa-cabezal.	—	Trimestral	Operario
B	1	S	N	N	S				Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de la boquilla.	Bimensual	Bimensual	Operario

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor		Sistema Nº 001		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017			
Subsistema: Filtro rompedor		Subsistema Nº 007		Auditor: Jefe de operaciones		Intervalo inicial		A realizarse por			
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
					H4	H5	S4	S4			
1	A	1	S	N	N	S			A condición: Monitorear las condiciones del filtro rompedor de la extrusora.	Annual	Operario
		S	N	N	S				Ningun mantenimiento programado: Sustitución del filtro rompedor de la extrusora.		Operario
B	1	S	N	N	S				Reacondicionamiento cíclico: Limpieza del filtro para remover incrustaciones.	Annual	Operario

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora menor					Sistema N° 001			Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama			Fecha: Marzo 2017			
		Subsistema: Rodillos					Subsistema N° 008			Auditor: Jefe de operaciones			A realizarse por			
Referencia de información	F	FF	FM	Evaluación de la consecuencia			H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
				H	S	E	O	M1	M2	M3	H4	H5	S4			
1	A		2	1	S	N	S	S						A condición: Inspección visual y acústica de pernos y tuercas sueltas	Mensual	Operario
					S	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de rodamientos.	Trimestral
B	1				S	N	S	N						Reacondicionamiento cíclico: Sustitución de rodamientos.	Anual	Externo
					S	N	S	N	S					Reacondicionamiento cíclico: Rectificado de rodillos.		

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Extrusora mayor/ menor					Sistema N° 001					Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017				
		Subsistema: Panel eléctrico										Subsistema N° 009					Auditor: Jefe de operaciones	A realizarse por
Referencia de información	F	FF	FM	Evaluación de la consecuencia			H1 S1 O1 M1	H2 S2 O2 M2	H3 S3 O3 M3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
				H	S	E				O	H4	H5	S4					
1	A	1	1	S	N	N	S	N	N	N					Ningún mantenimiento programado. Revisión de la configuración entre equipos.		Mecánico	
				1	S	S			S							A condición: Monitorear voltaje del regulador.	Semestral	Mecánico
				2	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica: Sustituir fusibles del panel eléctrico.	Semestral	Mecánico
				3	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica: Sustituir condensadores del panel eléctrico.	Semestral	Mecánico
				4	S	N	N	S	N	N	S					Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de tablero eléctrico.	Semestral	Mecánico
			5	S	N	N	S	N	N	S			Sustitución cíclica: Sustituir relevador del panel eléctrico.	Anual	Mecánico			

Máquina de tónicas

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Máquinas de tónicas					Sistema N° 002					Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha:			
		Subsistema: Selladora					Subsistema N° 001					Auditor: Jefe de operaciones		Marzo 2017			
Referencia de información	F	FF	FM	Evaluación de la consecuencia			H1 S1 O1 M1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
				H	S	E				O	H4	H5	S4				
1 A				1	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado: Sustitución de resistencia de la barra selladora.		Operario
				2	S	N	N	S	N	N					Ningún mantenimiento programado: Sustitución de la barra de silicona selladora.		Operario


Hoja de decisión RCM II		Sistema: Máquinas de túnicas						Sistema N° 002		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017					
		Subsistema: Cuchillo de corte						Subsistema N° 002		Auditor: Jefe de operaciones		A realizarse por					
Referencia de información	F	FF	FM	Evaluación de la consecuencia			H1 S1 O1 M1	H2 S2 O2 M2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
				H	S	E				O	H4	H5	S4				
1 A			1	S	N	N	S							A condición: Monitoreo de los cuchillos de corte de la máquina de túnica.	Mensual	Operario	
					S	N	S								Reacondicionamiento cíclico: Rectificar filo de la hoja del cuchillo de corte de la máquina de túnicas.	Trimestral	Operario
					S	N	S								Ningún mantenimiento programado: Sustitución de la hoja del cuchillo de corte de la máquina de túnicas.		Operario
			3	S	N	N	S						Reacondicionamiento cíclico: Ajuste de posición de la hoja del cuchillo de corte y apriete de tornillos de sujeción.	Bimensual	Operario		

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Máquinas de tónicas										Sistema Nº 002	Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama	Fecha: Marzo 2017				
		Subsistema: Rodillo										Subsistema Nº 003	Auditor: Jefe de operaciones	A realizarse por				
Referencia de información	F	FF	FM	Evaluación de la consecuencia			H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
				H	S	E	O	M1	M2	M3	H4	H5	S4					
1 A				S	N	N	S									A condición: Monitorear estado de los rodamientos.	Mensual	Operario
			1	S	N	N	S	N	S							Reacondicionamiento cíclico: Limpieza de los rodamientos de los rodillos de la máquina de tónicas.	Semestral	Operario
			2	S	N	N	S	N	N	S						Sustitución cíclica: Sustituir rodamientos de los rodillos de la máquina de tónicas.	Annual	Operario
			3	S	N	N	S	N	S							Reacondicionamiento cíclico: Rellenar depósito de aceite para lubricación.	Semestral	Operario

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Máquinas de túnicas					Sistema Nº 002					Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Fecha: Marzo 2017		
		Subsistema: Panel eléctrico										Subsistema Nº 004				
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia					H1 S1 O1 M1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
	F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
A	1	S	N	N	S	N	N	N						Ningún mantenimiento programado: Sustitución de las luces led del panel de control.		Mecánico
	2	S	N	N	S	N	N	N						Ningún mantenimiento programado: Revisar conexiones de terminales.		Mecánico
1	1	S	N	N	S	N	N	S						Sustitución cíclica: Sustituir relevador del panel eléctrico.	Anual	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica: Sustituir fusibles del panel eléctrico.	Semestral	Mecánico
	3	S	N	N	S	N	N	S						A condición: Revisión de cableado.	Semestral	Mecánico

Hoja de decisión RCM II		Sistema: Máquinas de túnicas						Sistema Nº 002		Sistema Nº 005		Fecha:	
		Subsistema: Panel electrónico						Subsistema Nº 005		Facilitador: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama		Auditor: Jefe de operaciones	
Referencia de información	Evaluación de la consecuencia			H1 S1 O1 M1	H2 S2 O2 M2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de		Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por		
	F	FF	FM	H	S	E	O	H4				H5	S4
A	1	N			N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado: Sustitución de sensores del panel electrónico.		Mecánico	
	2	N			N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado: Revisión de conectores de la tarjeta procesadora.		Mecánico	
1	B	1	N			N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado: Revisar terminales de tarjeta electrónica.		Mecánico	
		1	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento programado: Revisar soldaduras de tarjeta electrónica.		Mecánico	
C	2	1	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento programado: Revisar capacitores de tarjeta electrónica.		Mecánico	
		2	S	N	N	S	N	N	N			Mecánico	

Anexo 11. Documento para el mantenimiento de los equipos críticos

	Procedimiento Operativo Estandar Subsistema Mantenimiento al modo de falla Tiempo estimado del procedimiento: xx hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Intervalo:
		Página
	Realizado por: Celeste Gamboa - Rodrigo Valderrama	1 de XX


1. Objetivo

Estandarizar procedimientos de mantención preventiva y correctiva para los equipos críticos del área de producción de Foliplast, asegurando el correcto funcionamiento de éstos, con el fin de mejorar la disponibilidad y la confiabilidad para la producción.


2. Responsabilidades


- Facilitador: Es el jefe de operaciones.
- Operario: Es quien trabaja en el equipo, estando a cargo de su funcionamiento y control.
- Mecánico: Es el especialista en mantenciones eléctricas, electrónicas, entre otras.
- Especialista externo: Es el profesional especialista en alguna materia, que no pertenece a la fábrica.


Antes de comenzar a realizar los POE, es necesario verificar la utilización de los cuidados operativos, el uso de EPP.


CUIDADOS OPERATIVOS	
	USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
	CARÁCTER OBLIGATORIO
1	Protección auditiva.
2	Protección ocular.
3	Ropa gruesa y adecuada para proteger de posibles lesiones.
4	Guantes resistentes para proteger de cortes, quemaduras, entre otros.
5	Calzado industrial.
6	Casco de protección.
<p>Los equipos de protección personal son unos de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo. Es su deber utilizarlos, ya que la ley 16.744 sobre Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, en su artículo n° 68 establece: "Las empresas deben proporcionar a sus trabajadores, los equipos e implementos de protección necesarios, no pudiendo en caso alguno cobrarles su valor".</p>	


Procedimientos operativos estándar extrusoras


	Procedimiento Operativo Estandar Motor (Extrusora) Revisión general de cables Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL / Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 1 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario y colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Realizar inspección visual del estado de los cables.		
4	Limpiar cables.		
5	Medir nivel de aislamiento de cableado con el multímetro, el cual debe arrojar una medición de 220 vca. En caso de presentar mediciones diferentes, revisar cables desconectados, de ser así, proceder a su reconexión. De encontrar cables expuestos o cortados, retirarlos e instalar un nuevo set.		
6	Montar el motor en el lugar de operación y energizar.		
7	Completar comprobante de inspección.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Motor (Extrusora) Limpieza de rodamientos del motor Intervalos: Ext. Mayor TRIMESTRAL / Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 2 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Hacer una prueba rápida de los rodamientos, colocar una mano sobre la parte de arriba del motor, girar el rotor con la otra mano. Mirar de cerca, sentir y escuchar cualquier indicación roce o desnivelación del rotor giratorio. El rotor debe girar en silencio, libre y uniformemente.		
4	De sentir anomalías, aflojar tornillos para desmontar la carcasa trasera, retirar la chaveta y la hélice del ventilador. Luego se aflojan los tornillos para quitar tapa frontal y retirar la polea para finalmente sacar el rotor.		
5	Extraer los rodamientos de ambos extremos del eje. Si están muy gastados, realizar POE "sustitución de rodamientos".		
6	Si sólo están sucios sacar las gomas de ambos lados del rodamiento, ponerlos en un posillo con bencina para limpiar y disminuir la grasa. Retirar y secar.		
7	Engrasar en ambos lados del rodamiento y hacer girar para lubricar completamente la pieza, luego limpiar las gomas y volver a colocar en su posición. Retirar los excesos de grasa.		
8	Montar los rodamientos con golpes pequeños hasta encajar en su posición y volver a colocar el rotor dentro del cilindro.		
9	Colocar las tapas (frontal y trasera). En la parte trasera colocar la hélice a presión y ensamblar chaveta.		
10	Atornillar la carcasa de la parte posterior, en la parte frontal colocar la polea y atornillar carcasa.		
11	Montar el motor en el lugar de operación, energizar, encender y monitorear la puesta en marcha.		
12	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
13	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Motor (Extrusora) Sustitución de rodamientos del motor Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 4 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 3 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Hacer una prueba rápida de los rodamientos, colocar una mano sobre la parte de arriba del motor, girar el rotor con la otra mano. Mirar de cerca, sentir y escuchar cualquier indicación roce o desnivelación del rotor giratorio. El rotor debe girar en silencio, libre y uniformemente.		
4	De sentir anomalías, aflojar tornillos para desmontar la carcasa trasera, retirar la chaveta y la hélice del ventilador. Luego se aflojan los tornillos para quitar tapa frontal y retirar la polea para finalmente sacar el rotor.		
5	Extraer los rodamientos de ambos extremos del eje. Si están muy gastados, realizar POE "sustitución de rodamientos".		
6	Mediante golpes pequeños montar los nuevos rodamientos hasta encajar en su posición. Volver a colocar el rotor dentro del cilindro.		
7	Colocar las tapas (frontal y trasera). En la parte trasera colocar la hélice a presión y ensamblar chaveta.		
8	Atornillar la carcasa de la parte posterior, en la parte frontal colocar la polea y atornillar carcasa.		
9	Montar el motor en el lugar de operación, energizar, encender y monitorear la puesta en marcha.		
10	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
11	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Motor (Extrusora)		Modificación 0
	Limpieza de la placa de bornes		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: Ext. Mayor TRIMESTRAL / Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		Página 4 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Abrir la bornera y realizar inspeccion visual del estado del set de cables.		
4	Limpiar bornera, cables y conectores. Retirar el óxido.		
5	Medir nivel de aislamiento de cableado con el multimetro, el cual debe arrojar una medicion de 220 vca. En caso de presentar mediciones diferentes, revisar cables desconectados, de ser así, proceder a su reconexión. De encontrar cables expuestos o cortados, retirarlos e instalar un nuevo set.		
6	Cerrar bornera, montar el motor y energizar.		
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Motor (Extrusora)		Modificación 0
	Monitorear motor		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL / Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 0.5 hrs.		Página 5 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Monitorear visual y acusticamente el funcionamiento del motor.		
3	En el caso de encontrar alguna anomalía, utilizar POE necesario al modo de falla (problema de cableado, rodamiento en mal estado, problema en la placa de bornes, chaveta dañada o daños en el bobinado).		
4	De no encontrar anomalías en el motor, retirar cono de atención y completar comprobante de mantenimiento preventivo.		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Motor (Extrusora)		Modificación 0
	Sustitución de motor		Realizado por: Mecánico
	Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 6 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Instalar nuevo motor y apernar.		
4	Energizar, encender y monitorear la puesta en marcha.		
5	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
6	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Motor (Extrusora)		Modificación 0
	Sustituir chaveta		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Mayor ANUAL / Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		Página 7 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo.		
3	Aflojar tornillos para desmontar la carcasa trancera, retirar helice del ventilador.		
4	Inspeccionar desgaste, fisuras o deformaciones de la chaveta.		
5	Medir las dimensiones de la chaveta con relación al acoplamiento (chavetero), verificando que la alineación, adquirir chaveta y cambiar.		
6	Inspeccionar rodamiento por daños ocurridos por la chaveta. Si existe daño ir al POE "sustitución de rodamientos" (página 3).		
7	Verificar que la chaveta este ensamblada correctamente, colocar las tapas (frontal y trasera) y en la parte trasera colocar la hélice a presión.		
8	Atornillar la carcasa de la parte posterior, en la parte frontal colocar polea y atornillar carcasa.		
9	Montar el motor en el lugar de operación, energizar, encender y monitorear la puesta en marcha.		
10	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
11	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Motor (Extrusora) Sustitución de bobinado Intervalo: Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 6 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 8 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desenergizar y desmontar el motor si es necesario para colocar sobre el mesón de trabajo		
3	Aflojar tornillos para desmontar la carcasa trasera, retirar la chaveta y la hélice del ventilador. Aflojar los tornillos para quitar tapa frontal y polea. Finalmente retirar el rotor para poder trabajar en el estator.		
4	Observar y considerar para su posterior reemplazo: El paso de bobinado de arranque, los grupos de bobinas, la formas y la posición. Tener en cuenta las entradas y salidas de cada bobina para sus conexiones.		
5	Retirar todo el alambre del estator con la ayuda de un alicate, limpiar para luego aislar las ranuras.		
6	Considerando la información del paso 4, sustituir las bobinas en las ranuras, las cuales deben ir en dirección del debanado, para que queden bien polarizadas, poner separador entre cada cabeza, conectar y coser.		
7	Colocar el rotor en el estator, atornillar la tapa frontal, poner hélice del ventilador, colocar chaveta y montar la carcasa trasera.		
8	Montar el motor en el lugar de operación, energizar, encender y monitorear la puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Transformador (Extrusora) Análisis físicos químicos del aceite Intervalos: Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 4 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Externo
			Página 9 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Para comenzar se debe registrar los datos del equipo.		
3	Tomar una muestra de 50 ml aproximadamente, sin que exista contaminación cruzada.		
4	Se realizan pruebas de color, rigidez dieléctrica, tensión interfacial, número de acidez, gravedad específica, aspecto visual, sedimentos, factor de potencia a 25° C y 100° C, contenido de humedad y determinación de % humedad 7 Base Seca.		
5	Si el índice de calidad es mayor a 2000 y su contenido de agua es inferior a 35 ppm, el aceite se encuentra en condiciones normales, no es necesario su cambio.		
6	Si el índice de calidad esta por debajo de 318 y el volumen de aceite del transformador es demasiado bajo comparado con el volumen de aceite necesario, se recomienda el cambio total de aceite.		
7	Si se procede al cambio de aceite, se lava y se seca la cuba. Para su relleno, se cubre la bobina con aceite, para evitar q se humedezca con el medio ambiente.		
8	Se coloca el conmutador de posiciones, se arma la baja tensión y la tapa con los aisladores, luego se coloca el empaque de la cuba.		
9	Se prepara el aceite y se procede a llenar la cuba, con la unidad de termovació.		
10	Se coloca silicona para sellar la cuba, se arma la alta tensión y luego se sella el transformador.		
11	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
12	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Transformador (Extrusora) Reparar componentes críticos del transformador Intervalos: Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 24 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Externo
			Página 10 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento, TTR, pérdidas en cobre y hierro para ver el nivel de funcionamiento.		
3	Extraer el aceite aislante mineral del transformador, colocándolo en contenedores, luego realizar una inspección interna (núcleo, bobinas y cambiador de derivaciones) y apriete de tornillería en general. Lavar y secar núcleo, bobinas y cuba.		
4	Se lleva la bobina al horno por 6 hr para retirar humedad. Luego se coloca la bobina dentro de la cuba y se asegura.		
5	Se cubre la bobina con aceite, para evitar q se humedezca con el medio ambiente.		
6	Se instala el conmutador de posiciones, se arma la baja tensión y la tapa con los aisladores, luego se coloca el empaque de la cuba.		
7	Se prepara el aceite y se procede a llenar la cuba, con la unidad de termovació.		
8	Se coloca silicona para sellar la cuba, se arma la alta tensión y luego se sella el transformador.		
9	Se realizan las pruebas finales de resistencia de aislamiento, TTR, pérdidas en cobre y hierro.		
10	Finalmente se pinta y se marca para su entrega final.		
11	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
12	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Reductor de velocidad (Extrusora) Monitorear desgaste de piñón Intervalos: Ext. Mayor TRIMESTRAL/ Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 3 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 11 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Realizar inspección acústica de los ruidos que generan los engranajes.		
3	Desenergizar y desmontar el reductor. Colocar sobre el mesón de trabajo.		
4	Antes de abrir el reductor, se debe extraer todo el lubricante de la parte superior e inferior para evitar derrames en el área.		
5	Análizar visualmente el estado de las piezas.		
6	De existir desgaste en el piñón, realizar POE "Sustitución de piñón" (página 12).		
7	De no encontrar anomalías, rellenar con lubricante, atornillar y montar el reductor al motor.		
8	Energizar el equipo y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Reductor de velocidad (Extrusora) Sustituir piñón Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 4 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 12 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Inspeccionar acústicamente los ruidos que generan los engranajes.		
3	Desenergizar y desmontar el reductor. colocar sobre el mesón de trabajo.		
4	Antes de abrir el reductor, se debe extraer todo el lubricante de la parte superior e inferior para evitar derrames en el área.		
5	Análizar visualmente el estado de las piezas.		
6	De existir desgaste en el piñón, extraer chaveta, sacar rodamiento y desmontar el piñón para su cambio.		
7	Encajar el nuevo piñón en el eje, colocar el rodamiento y la chaveta. Cerrar la caja reductora, rellenar con lubricante y atornillar.		
8	Montar el reductor al motor, energizar y encender.		
9	Monitorear la puesta en marcha.		
10	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
11	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Reductor de velocidad (Extrusora) Monitorear filtraciones de aceite Intervalos: Ext. Mayor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 3.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 13 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Inspeccionar visualmente alguna señal de filtración de aceite.		
3	De existir alguna señal de filtración, desenergizar y desmontar el reductor del motor. Colocar sobre el mesón de trabajo. De no existir filtraciones, ir al número 10.		
4	Revisar en la carcasa las zonas donde existe pérdidas de aceite.		
5	Antes de abrir el reductor, se debe extraer todo el lubricante de la parte superior e inferior para evitar derrames en el área.		
6	Revisar empaquetaduras, de encontrarlas defectuosas, cambiarlas.		
7	Montar las partes del reductor y apernar. Rellenar con aceite lubricante.		
8	Montar el reductor al motor, apernar y energizar.		
9	Encender, monitorear la puesta en marcha y completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Reductor de velocidad (Extrusora) Sustituir cojinete Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/ Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 3.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 14 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Realizar inspección acústica de los ruidos.		
3	Desenergizar y desmontar el reductor. Colocar sobre el mesón de trabajo.		
4	Antes de abrir el reductor, se debe extraer todo el lubricante de la parte superior e inferior para evitar derrames en el área.		
5	Abrir la carcasa, sacar chaveta, retirar el rodamiento y revisar el cojinete.		
6	De encontrar los cojinetes dañados, sustituir y encajar chaveta.		
7	Montar las partes del reductor y apernar. Rellenar con aceite lubricante.		
8	Energizar el equipo y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Husillo (Extrusora) Limpieza de husillo Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL/ Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 15 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
3	Procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas. Retirar cables, termocuplas y el cabezal con precaución debido a la presión interna.		
4	Intentar girar el husillo de manera manual para permitir que el material de purga restante se bombee con el husillo.		
5	Una vez que el material ha dejado de extruirse, el husillo debe ser retirado de la máquina. A continuación, utilice mecanismo extractor de husillo unido a la caja de cambios de la extrusora para empujar hacia delante en el barril.		
6	Empuje el husillo alrededor de cuatro o cinco vueltas. Utilice cepillo y alambre de latón para limpiar y quitar el material de purga de los conductos del husillo. Volver a girar otras cuatro o cinco vueltas y continuar el proceso de limpieza, utilizando una espátula de bronce, espolvorear ácido esteárico sobre la raíz del husillo caliente, para finalmente utilizar gasa de latón que eliminará los residuos del material de purga restante.		
7	Luego limpiar el barril para volver a colocar el husillo dentro de éste		
8	Montar el filtro, cabezal, boquilla, conectar cables y termocuplas y dejarlo listo para su puesta en marcha.		
9	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
10	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
11	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Husillo (Extrusora) Sustituir rodamiento del eje del husillo Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 16 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
3	Procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas. Retirar cables, termocuplas y el cabezal con precaución debido a la presión interna.		
4	Intentar girar el husillo de manera manual para permitir que el material de purga restante se bombee con el husillo.		
5	Una vez que el material ha dejado de extruirse, el husillo debe ser retirado de la máquina. A continuación, utilice mecanismo extractor de husillo unido a la caja de cambios de la extrusora para empujar hacia delante en el barril.		
6	Sacar los pernos para desmontar el barril de la caja de engranajes, retirar empaquetadura y el rodamiento dañado, medir el diametro interno y externo para su adquisición. Revisar estado de la empaquetadura, de encontrarse en mal estado, cambiarla.		
7	Instalar nuevo rodamiento, colocar empaquetadura, encajar el barril a la caja de engranajes y montar el husillo. Luego montar el cabezal y apernar.		
8	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Husillo (Extrusora) Monitorear presión y temperatura Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 3 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 17 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Monitorear en el panel de control el visor de P ⁱ y T ⁱ , de encontrar alguna anomalía en los rangos aceptables para la fundición del pellet (revisar tablas de material presión y temperatura), intentar estabilizar manualmente con los botones + -.		
3	De no estabilizar la T ⁱ y/o P ⁱ . Cortar la alimentación de pellet a la tolva.		
4	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo. Desenergizar y apagar el equipo. Procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas. Retirar el cabezal con precaución debido a la presión interna. De encontrar incrustaciones de material solidificado realizar POE "Limpieza de Husillo" (página 15).		
5	Revisar estado de termocuplas, resistencias, pirómetro y manómetro. De encontrar anomalías en los instrumentos, contactar un especialista externo.		
6	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		


	Procedimiento Operativo Estandar Husillo (Extrusora) Limpieza de rodamiento del eje del husillo Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 6.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 18 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo. Desenergizar y apagar el equipo. Procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas. Retirar el cabezal con precaución debido a la presión interna.		
4	Hacer girar el husillo manualmente para permitir que el material de purga restante se bombee con el husillo.		
5	Una vez que el material ha dejado de extruirse, el husillo debe ser retirado de la máquina. A continuación, utilice mecanismo extractor de husillo unido a la caja de cambios de la extrusora para empujar hacia delante en el barril.		
6	Sacar los pernos para desmontar el barril de la caja de engranajes, retirar empaquetadura y sacar el rodamiento. Revisar el estado de este y de encontrarse dañado, realizar POE "Sustituir rodamiento del eje del husillo (Página 16).		
7	Sacar las gomas de ambos lados del rodamiento, ponerlos en un posillo con bencina para limpiar y disminuir la grasa. Retirar y secar.		
8	Engrasar en ambos lados del rodamiento y hacer girar para lubricar completamente la pieza, luego limpiar las gomas y volver a colocar en su posición. Retirar los excesos de grasa.		
9	Montar los rodamientos con golpes pequeños hasta encajar en su posición, colocar la empaquetadura, montar el barril y apernar.		
10	Colocar el husillo, encajar el cabezal y apernar.		
11	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
12	Completar comprobante de mantenimiento preventivo y retirar cono de atención (EN MANTENIMIENTO)		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Camisa calefactora (Extrusora)		Modificación 0
	Revisión de la termocupla de la camisa calefactora		Realizado por: Mecánico
	Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		Página 19 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desatornillar, retirar tapa protectora y medir voltaje con multímetro.		
3	Según el voltaje obtenido, entrar a la tabla de termocuplas que entregará una temperatura a la que se le debe sumar la temperatura ambiente.		
4	Si la temperatura es distinta a los rangos permitidos, extraer termocupla para realizar pruebas de funcionamiento.		
5	De encontrarse en mal estado, realizar POE "Sustitución de termocupla" (página 20).		
6	De encontrarse en buen estado, conectar sensor al circuito y a la placa de sujeción de la camisa calefactora. De persistir las anomalías de las temperaturas en el panel de control, se recomienda realizar POE "Sustitución de resistencia" (página 21).		
7	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Camisa calefactora (Extrusora)		Modificación 0
	Sustitución de termocupla		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: Ext. Mayor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 3,5 hrs.		Página 20 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Desatornillar y retirar tapa protectora.		
3	Desconectar el sensor del sistema de comunicación, de la placa de sujeción y retirar termocupla.		
4	Identificar el modelo de la termocupla para su adquisición.		
5	Conectar la nueva termocupla a la placa de sujeción y al sistema de comunicación.		
6	Colocar tapa protectora de termocupla y atornillar.		
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Camisa calefactora (Extrusora) Sustitución de resistencias Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/ Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 7 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 21 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
3	Procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas. Retirar cables, termocuplas y el cabezal con precaución debido a la presión interna. Girar manualmente el husillo para bombear el material de purga restante.		
4	Remover tuercas para retirar la camisa de la extrusora.		
5	Con un multímetro inspeccionar resistencias dañadas y realizar los cambios correspondientes.		
6	Una vez instaladas las nuevas resistencias, testear con el multímetro. De estar conforme las mediciones de las nuevas		
7	De encontrarse de los rangos permitidos, ensamblar camisa y apernar.		
8	Energizar el equipo y encender motor.		
9	Una vez puesto en marcha, aumentar la temperatura de la camisa en los niveles establecidos. Tiempos de espera a la temperatura de referencia son entre 90 a 120 minutos.		
11	Alimentar lentamente el equipo extrusor y monitorear el material (pellet) para alcanzar el rendimiento deseado.		
12	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
13	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Cabezal y boquilla (Extrusora)		Modificación 0
	Limpieza de la unión camisa - cabezal		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 4 hrs.		Página 22 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Hacer girar el tornillo aproximadamente a 10 rpm para permitir que el material (pellet) de purga restante se bombee con el tornillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
5	Extraer el perno para desmontar el cabezal de la camisa. Dejar escapar la presión interna con precaución.		
6	Obtenido el cabezal, se procede a la limpieza de la pieza y a la unión de la camisa esta.		
7	Una vez limpios, se procede a atornillar el cabezal a la camisa.		
8	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Cabezal y boquilla (Extrusora)		Modificación 0
	Ajustar unión camisa - cabezal		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 2.5 hrs.		Página 23 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Extraer el tornillo de fijación, limpiarlo y atornillarlo nuevamente hasta su tope.		
5	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
6	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Cabezal y boquilla (Extrusora) Limpieza de la boquilla Intervalos: Ext. Mayor BIMENSUAL / Ext. Menor BIMENSUAL Tiempo estimado del procedimiento: 3 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 24 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Para desmontar la boquilla del cabezal, se necesita extraer el tornillo de retención y el tornillo de centrado de la boquilla. Tener precaución al dejar escapar la presión interna.		
5	Obtenida la boquilla, se procede a limpiar el material solidificado que obstruye la salida.		
6	Realizada la limpieza, se procede a atornillar la boquilla al cabezal.		
7	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Filtro rompedor (Extrusora) Monitorear las condiciones del filtro rompedor Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/ Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 25 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Hacer girar el tornillo aproximadamente a 10 rpm para permitir que el material (pellet) de purga restante se bombee con el tornillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
5	Para desmontar el cabezal de la camisa, se necesita extraer el tornillo de fijación, pieza que une a ambos. Dejar escapar la presión interna con precaución.		
6	Extraer el filtro rompedor de la extrusora. Inspeccionar el estado de la pieza. De encontrarse en mal estado realizar POE "Sustitución de filtro rompedor" (página 26).		
7	Se instala el filtro y el cabezal.		
8	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Filtro rompedor (Extrusora) Sustitución del filtro rompedor Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 6 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 26 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Hacer girar el tornillo aproximadamente a 10 rpm para permitir que el material (pellet) de purga restante se bombee con el tornillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
5	Para desmontar el cabezal de la camisa, se necesita extraer el tornillo de fijación, pieza que une a ambos. Dejar escapar la presión interna con precaución.		
6	Extraer el filtro o plato rompedor de la extrusora y realizar la sustitución.		
7	Se instala el filtro y el cabezal.		
8	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Filtro rompedor (Extrusora)		Modificación 0
	Limpieza del filtro para remover incrustaciones		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/ Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 7 hrs.		Página 27 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (operario trabajando).		
2	Cerrar el flujo del material (pellet) que se está procesando para purgar el husillo.		
3	Reducir la velocidad de rotación del husillo hasta detenerlo, procurar que la temperatura sea apta para manipular las piezas.		
4	Hacer girar el tornillo aproximadamente a 10 rpm para permitir que el material (pellet) de purga restante se bombee con el tornillo. Desenergizar el equipo extrusor y apagar motor.		
5	Para desmontar el cabezal de la camisa, se necesita extraer el tornillo de fijación, pieza que une a ambos. Dejar escapar la presión interna con precaución.		
6	Extraer el filtro o plato rompedor de la extrusora para su posterior limpieza, ya sea con un broca de talador o enviar a tornería a rectificar.		
7	Una vez limpio el filtro, instalar con el cabezal.		
8	Energizar el equipo, encender motor y monitorear puesta en marcha.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Rodillos (Extrusora)		Modificación 0
	Inspección visual y acústica de pernos y tuercas		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Menor MENSUAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 28 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Inspeccionar acústicamente algún ruido anormal al propio del funcionamiento de los rodillos.		
3	Inspeccionar visualmente los pernos y tuercas de sujeción entre la tapa protectora y la caja porta rodamiento, ambos extremos del rodillo.		
4	De encontrar algún perno o tuerca suelta, aprovechar el cambio de bobina para detener los rodillos y desenergizar.		
5	Apretar los pernos con una llave adecuada o francesa.		
6	Realizar inspección final.		
7	Colocar la base para la bobina en el rodillo de enrole y dar inicio a la puesta en marcha.		
8	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Rodillos (Extrusora)		Modificación 0
	Limpieza de rodamientos		Realizado por: Operario
	Intervalos: Ext. Menor TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 4 hrs.		Página 29 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Aprovechar el cambio de bobina para detener los rodillos y desenergizar.		
3	Retirar los pernos, sacar la tapa protectora, la chaveta y el rodamiento para su limpieza. De encontrarse dañado, realizar POE "Sustitución de rodamiento" (página 30). Revisar estado de la empaquetadura, de encontrarse en mal estado, cambiarla.		
4	Sacar las gomas de ambos lados del rodamiento, ponerlos en un posillo con bencina para limpiar y disminuir la grasa. Retirar y secar.		
5	Engrasar en ambos lados del rodamiento y hacer girar para lubricar completamente la pieza, luego limpiar las gomas y volver a colocar en su posición. Retirar los excesos de grasa.		
6	Montar los rodamientos, encajar la chaveta y apernar la tapa de protección.		
7	Colocar la base para la bobina en el rodillo de enrole, energizar el equipo, encender y monitorear puesta en marcha.		
8	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Rodillos (Extrusora)		Modificación 0
	Sustitución de rodamientos		Realizado por: Operario
	Sin intervalos: Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 3 hrs.		Página 30 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Aprovechar el cambio de bobina para detener los rodillos y desenergizar.		
3	Retirar los pernos, sacar la tapa protectora y la chaveta, luego sacar el rodamiento, medir el diámetro interno y externo del rodamiento para su adquisición. Revisar estado de la empaquetadura, de encontrarse en mal estado, cambiarla.		
4	Colocar el rodamiento nuevo en el eje del rodillo, luego encajar la chaveta y apernar la tapa protectora.		
5	Colocar la base para la bobina en el rodillo de enrole, energizar el equipo, encender y monitorear puesta en marcha.		
6	Completar comprobante de mantenimiento preventiva.		
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Rodillos (Extrusora) Rectificado de rodillos Intervalos: Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 12 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Externo
		Página 31 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Aprovechar la detención por cambio de bobina, apagar y desenergizar.	
2	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
3	Inspeccionar visualmente el estado de los rodillos.	
4	De encontrar alguna imperfección, desgaste, agujeros entre otros. Desmontar el rodillo y llevar a rectificar	
5	Si las imperfecciones son graves, tomar medidas y diametro para sustituir el rodillo.	
6	Montar el rodillo y apernar. Colocar la base para la nueva bobina en el rodillo de enrolle.	
7	Energizar el equipo, encender y monitorear puesta en marcha.	
8	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.	
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Extrusora) Revisión de la configuración entre equipos Sin intervalos: Ext. Mayor/ Ext. Menor Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Mecánico
		Página 32 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.	
3	Abrir panel y extraer el gabinete de metal que contiene las tarjetas electrónicas. Con una brocha pequeña limpiar.	
4	Con precaucion extraer las tarjetas del gabinete de metal, revisar estado físico de estas, de encontrarse dañadas, retirar e instalar nuevas tarjetas.	
5	Colocar nuevamente gabinete contenedor de tarjetas en el panel y reestablecer suministro eléctrico.	
6	Cerrar panel y realizar pruebas de configuración entre los equipos.	
7	De no existir anomalías, completar comprobante de mantenimiento correctivo.	
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	

	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Panel eléctrico (Extrusora)		Modificación 0
	Monitorear voltaje del regulador		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL/ Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 33 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Desatornillar tapa del tablero y abrir.		
4	Con un multímetro medir corrientes, potenciales, resistencias, capacidades, entre otras.		
5	De existir anomalía en alguno de los componentes, realizar POE necesario.		
6	Atornillar tapa del tablero y energizar nuevamente.		
7	Completar comprobante de inspección.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Panel eléctrico (Extrusora)		Modificación 0
	Sustituir fusibles del panel eléctrico		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL/ Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 34 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Desatornillar tapa del tablero y abrir.		
4	Revisar fusibles para encontrar el quemado.		
5	Cambiar el o los fusibles en malas condiciones.		
6	Atornillar tapa del tablero y energizar nuevamente.		
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Extrusora) Sustituir condensadores del panel eléctrico Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL/ Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 35 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Desatornillar tapa del tablero y abrir.		
4	Observar los tipos de conexiones, para conectar de la misma forma.		
5	Desconectar los cables que van desde el banco de condensadores al interruptor termomagnético y a los bornes.		
6	Revisar y cambiar los que se encuentran en mal estado (condensadores con filtraciones de liquido dieléctrico y deformaciones). Considerar un buen aislamiento y que la carga de los capacitores sea la correcta.		
7	Conectar los cables del banco de condensadores al interruptor y a los bornes. Asegurar los tornillos. Revisar que este todo conectado.		
8	Atornillar tapa del tablero y energizar nuevamente.		
9	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
10	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Extrusora) Limpieza de tablero eléctrico Intervalos: Ext. Mayor SEMESTRAL/ Ext. Menor SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 36 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Desatornillar tapa del tablero y abrir.		
4	Con una brocha pequeña limpiar.		
5	Reapriete los tornillos del sistema de fuerza, control y partes electrónicas		
6	Limpiar el tablero con desengrasante dieléctrico (bornera, cables y estructuras).		
7	Retire la humedad de los elementos eléctricos con limpiador de contacto.		
8	Atornillar tapa del tablero y energizar nuevamente.		
9	Despues de 30 minutos, verificar el funcionamineto de los equipos conectado al panel de control.		
10	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
11	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Extrusora) Sustituir relevador del panel eléctrico Intervalos: Ext. Mayor ANUAL/ Ext. Menor ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 37 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Desatornillar tapa del tablero y abrir.		
4	Los rele se encuentran en la parte inferior del tablero, desconectar los conectores. Extraer los relevadores (relé) para probarlos.		
5	Utilizando un multímetro se verifica si existe continuidad del punto 30 al 87. En los puntos 85 y 86 se conectan la tierra y la corriente, si no suena y no marca alguna lectura en el display quiere decir que se deben cambiar.		
6	Conectar los nuevos relevadores.		
7	Atornillar tapa del tablero y energizar nuevamente.		
8	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


Procedimientos operativos estándar máquina de tunicas


	Procedimiento Operativo Estandar Cuchillo de corte (Máquina de tunicas) Monitoreo de los cuchillos de corte		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 38 de 57
Intervalos: MENSUAL Tiempo estimado del procedimiento: 0.5 hrs.			
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Inspeccionar de manera visual el producto finalizado y los cuchillos de corte en funcionamiento.		
3	De encontrar anomalías, apagar y desenergizar el equipo.		
4	Revisar el estado de el o los cuchillos de corte potencialmente defectuosos.		
5	De encontrar cuchillos picados, realizar POE "Sustitución del cuchillo de corte de la máquina de tunicas". Si los cuchillos se encuentran desgastados, realizar POE "Rectificar filo del cuchillo de corte de la máquina de tunicas". De encontrar descalibración en el cuchillo, realizar POE "Ajuste de posición de hoja del cuchillo de corte y apriete de tornillos de sujeción".		
6	Completar comprobante mantenimiento preventivo .		


	Procedimiento Operativo Estandar Cuchillo de corte (Máquina de tunicas) Rectificar filo de la hoja del cuchillo de corte		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 39 de 57
Intervalos: TRIMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.			
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Apagar y desenergizar el equipo.		
3	Retirar tornillos de fijación para desmontar la hoja de cuchillo de corte y afilar		
4	Una vez afilada, se procede a montar y atornillar la hoja en el cuchillo de corte.		
5	Energizar y encender equipo, para proceder a su puesta en marcha.		
6	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Cuchillo de corte (Máquina de túnicas) Sustitución de la hoja del cuchillo de corte Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Operario
		Página 40 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Apagar y desenergizar el equipo.	
3	Retirar tornillos de fijación para desmontar la hoja de cuchillo de corte. Identificar las dimensiones del cuchillo de corte y de la hoja para su posterior cambio.	
4	Montar la nueva hoja y atornillar al cuchillo de corte.	
5	Energizar y encender equipo, para proceder a su puesta en marcha.	
6	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.	
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Cuchillo de corte (Máquina de túnicas) Ajuste de posición de la hoja del cuchillo de corte y apriete de tornillos de sujeción. Intervalos: BIMENSUAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Operario
		Página 41 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Apagar y desenergizar el equipo.	
3	Desatornillar no completamente (dos giros) el tornillo de fijación, para aflojar parcialmente la hoja del cuchillo.	
4	Con la ayuda de un nivel, mantener la horizontalidad de la hoja en el cuchillo de corte y apretar los tornillos de fijación.	
5	Una vez ajustada la hoja al cuchillo, reapretar los tornillos del cuchillo a la estructura de la máquina.	
6	Energizar y encender equipo, para proceder a su puesta en marcha.	
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.	
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Máquina de tónicas) Sustitución de luces led en el panel de control Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Mecánico
		Página 42 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Inspeccionar visualmente las luces led del panel para identificar las quemadas.	
3	Apagar equipo, cortar suministro eléctrico y abrir panel.	
4	Revisar luces led, de encontrar alguna quemada, proceder a su sustitución.	
5	Energizar y encender equipo para verificar el estado de las luces. De encontrar algún parpadeo, revisar la zona afectada, según luz y aplicar POE necesario.	
6	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.	
7	De no existir anomalías, cerrar panel y realizar pruebas de funcionamiento.	
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Máquina de tónicas) Revisar conexiones de terminales Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 0.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Mecánico
		Página 43 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Apagar equipo y cortar suministro eléctrico.	
3	Revisar las conexiones de los terminales de cada equipo y verificar su correcta instalación.	
4	Monitorear con un multímetro el paso de corriente, de persistir la falla de conexión, comunicar al jefe de operaciones para programar la visita de un especialista externo que solucione el problema.	
5	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.	
6	De no existir anomalías, cerrar panel y realizar pruebas de funcionamiento.	
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Máquina de tónicas) Sustituir relevador del panel eléctrico Intervalos: ANUAL Tiempo estimado del procedimiento: 2.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Mecánico
		Página 44 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.	
3	Abir el panel eléctrico e inspeccionar los relé en la zona inferior del tablero.	
4	Deconectar los conectores y extraer los relevadores (relé) para probarlos.	
5	Utilizando un multímetro se verifica si existe continuidad del punto 30 al 87. En los puntos 85 y 86 se conectan la tierra y la corriente, si no suena y no marca alguna lectura en el display quiere decir que se deben cambiar.	
6	Conectar los nuevos relevadores, cerrar el panel eléctrico, energizar y encender equipo.	
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.	
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar Panel eléctrico (Máquina de tónicas) Sustituir fusibles del panel eléctrico Intervalos: SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Mecánico
		Página 45 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.	
3	Abir el panel eléctrico e inspeccionar los fusibles para encontrar el quemado.	
4	Cambiar el o los fusibles en malas condiciones.	
5	Cerrar el panel eléctrico, energizar y encender equipo.	
6	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.	
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Panel eléctrico (Máquina de tónicas)		Modificación 0
	Revisión de cableado		Realizado por: Mecánico
	Intervalos: SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 2.5 hrs.		Página 46 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir el panel eléctrico e inspeccionar los cables identificando anomalías.		
4	Medir nivel de aislamiento de cableado con el multímetro, el cual debe arrojar una medición de 220 vca. En caso de presentar mediciones diferentes, revisar cables desconectados, de ser así, proceder a su reconexión. De encontrar cables expuestos o cortados, retirarlos e instalar un nuevo set.		
5	Limpiar cables.		
6	Cerrar el panel eléctrico, energizar y encender equipo.		
7	Completar comprobante de inspección.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Panel electrónico (Máquina de tónicas)		Modificación 0
	Sustitución de sensores del panel electrónico		Realizado por: Mecánico
	Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 47 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir panel electrónico y revisar en el costado superior derecho los sensores.		
4	Con un multímetro, revisar las condiciones del sensor.		
5	De encontrar un sensor defectuoso, proceder a su sustitución y configuración, de acuerdo manual del equipo.		
6	De persistir la desconfiguración, comunicar al jefe de operaciones para programar la visita de un especialista externo que solucione el problema.		
7	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
8	De no existir anomalías, cerrar panel y realizar pruebas de funcionamiento.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel electrónico (Máquina de túnicas) Revisión de conectores de la tarjeta procesadora Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 48 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir panel electrónico y extraer un gabinete metálico que contiene las tarjetas electrónicas.		
4	Con un multímetro, revisar los conectores de las tarjetas. De encontrar anomalías, sustituir conectores.		
5	Cerrar panel, energizar, encender y realizar pruebas de funcionamiento.		
6	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel electrónico (Máquina de túnicas) Revisión de terminales de tarjeta electrónica Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 49 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir panel electrónico y extraer un gabinete metálico que contiene las tarjetas electrónicas.		
4	Revisar los terminales de las tarjetas. De encontrar anomalías, sustituir.		
5	Cerrar panel, energizar, encender y realizar pruebas de funcionamiento.		
6	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
7	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel electrónico (Máquina de túnicas) Revisión de soldaduras de tarjeta electrónica Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 50 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir panel electrónico y extraer un gabinete metálico que contiene las tarjetas electrónicas.		
4	Con precaución extraer las tarjetas del gabinete e inspeccionar visualmente el estado de las soldaduras. De encontrar falsos contactos de soldadura, proceder a soldar con un cautín.		
5	Ya refaccionada la soldadura de la tarjeta, instalar con precaución en el gabinete del panel electrónico.		
6	Cerrar panel, energizar, encender y realizar pruebas de funcionamiento.		
7	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Panel electrónico (Máquina de túnicas) Revisión de capacitores de tarjeta electrónica Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Mecánico
			Página 51 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Cortar suministro eléctrico, esperar hasta que la luz roja indicadora de carga de capacitor se apague.		
3	Abrir panel electrónico y extraer un gabinete metálico que contiene las tarjetas electrónicas.		
4	Con precaución extraer las tarjetas del gabinete e inspeccionar visualmente el estado de los capacitores. De encontrar capacitores reventados o residuos del líquido dieléctrico en la tarjeta, proceder a sustituir los capacitores.		
5	Con un multímetro realizar pruebas en los capacitores. De encontrarse alguno defectuoso, proceder a su cambio.		
6	Una vez cambiado el capacitor, montar las tarjetas electrónicas con precaución en el gabinete del panel electrónico.		
7	Cerrar panel, energizar, encender y realizar pruebas de funcionamiento.		
8	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Rodillo (Máquina de tónicas) Monitorear estado de los rodamientos Intervalos: MENSUAL Tiempo estimado del procedimiento: 0.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Operario
		Página 52 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Realizar inspección visual del movimiento del rodillo.	
3	Realizar inspección acústica de ruidos anómalos.	
4	De existir anomalías, apagar y desenergizar equipo.	
5	Abrir la caja protectora de los rodamientos, girar manualmente el eje para verificar el estado del rodamiento.	
6	De encontrarse sucio, realizar POE "Limpieza de rodamientos de los rodillos" (página 53).	
7	De encontrarse los rodamientos dañados, realizar POE "Sustitución de rodamientos de los rodillos de la máquina de tónicas" (página 54).	
7	De encontrarse los rodamientos atascados por falta de lubricación, realizar POE "Rellenar depósito de aceite para lubricación" (página 55). Aprovechar detención para revisar si existe filtración de aceite.	
8	Completar comprobante de inspección.	

	Procedimiento Operativo Estandar Rodillo (Máquina de tónicas) Limpieza de rodamientos de los rodillos Intervalos: SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 0.5 hrs.	POE-PLAS-017
		Modificación 0
		Realizado por: Operario
		Página 53 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).		
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	
2	Aprovechar la detención del equipo por monitoreo para realizar la limpieza de los rodamientos.	
3	Retirar los pernos de la caja protectora de rodamientos, para desmontar tapa y manguera de lubricación. Retirar chaveta y extraer rodamiento para su limpieza. De encontrarse dañado, realizar POE "Sustitución de rodamientos de los rodillos" (página 54).	
4	Retirar las gomas de ambos lados del rodamiento, ponerlos en un posillo con bencina para limpiar y disminuir la grasa. Retirar y secar.	
5	Engrasar en ambos lados del rodamiento y hacer girar para lubricar completamente la pieza, luego limpiar las gomas y volver a colocar en su posición. Retirar los excesos de grasa.	
6	Montar los rodamientos, encajar la chaveta y apernar la tapa de protección.	
7	Energizar y encender equipo para su puesta en marcha.	
8	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.	
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).	


	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Rodillo (Máquina de tónicas)		Modificación 0
	Sustitución de rodamientos de los rodillos		Realizado por: Operario
	Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 54 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Aprovechar la detención del equipo por monitoreo para realizar la sustitución de los rodamientos.		
3	Retirar los pernos de la caja protectora de rodamientos, para desmontar tapa y manguera de lubricación. Retirar chaveta y extraer rodamiento.		
4	Identificar el tipo de rodamiento, medir el diámetro interno y externo para su adquisición.		
5	Montar los rodamientos, encajar la chaveta y apernar la tapa de protección.		
6	Energizar y encender equipo para su puesta en marcha.		
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		

	Procedimiento Operativo Estandar		POE-PLAS-017
	Rodillo (Máquina de tónicas)		Modificación 0
	Relleno del depósito de aceite para lubricación		Realizado por: Operario
	Intervalos: SEMESTRAL Tiempo estimado del procedimiento: 1.5 hrs.		Página 55 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Aprovechar la detención del equipo por limpieza de rodamientos, para rellenar el depósito de aceite.		
3	En el lado opuesto del panel de control, se encuentra un caja metálica, adosada a la estructura del equipo, al desmontarla se encuentra el depósito de aceite que mediante mangueras lubrica los rodamientos y engranajes del equipo.		
4	Desatornillar la tapa hasta llegar al depósito. Abrir la tapa y con la varilla de medición, identificar la cantidad de aceite faltante y rellenar.		
5	Una vez rellenado el aceite, se procede a tapar el depósito y atornillar la tapa de la caja.		
6	Energizar y encender equipo para su puesta en marcha.		
7	Completar comprobante de mantenimiento preventivo.		
8	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		


	Procedimiento Operativo Estandar Selladora (Máquina de tónicas) Sustitución de resistencia de la barra selladora Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 2 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 56 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Detener el equipo para paralizar el movimiento de las barras de sellado, sólo detener no apagar.		
3	Remueva la cinta de teflón y revisar funcionamiento de la resistencia con un multímetro. De encontrarse en mal estado, proceder a su sustitución.		
4	Apagar y desenergizar equipo.		
5	Desarme los tornillos hexagonales del socket.		
6	Chequear si están los resortes al final de las barras. Los resortes son necesarios, pues evitan que se expandan los cables durante el proceso de calentamiento.		
7	Retirar resistencia en mal estado e instalar la nueva.		
8	Atornillar el socket y colocar cinta de teflón.		
9	Aprovechar la detención para revisar el desgaste de la barra de silicona. De encontrarse con desgaste y quemadura, realizar POE "Sustitución de la barra de silicona selladora".		
10	Energizar y encender equipo, para proceder a su puesta en marcha.		
11	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
12	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		

	Procedimiento Operativo Estandar Selladora (Máquina de tónicas) Sustitución de la barra de silicona selladora Sin intervalos Tiempo estimado del procedimiento: 1 hrs.		POE-PLAS-017
			Modificación 0
			Realizado por: Operario
			Página 57 de 57
Verificar los cuidados operativos (uso de EPP).			
1	Delimitar la zona a intervenir y colocar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		
2	Apagar equipo y desenergizar.		
3	Realizar inspección visual del estado de las barras selladoras.		
4	De encontrar quemaduras en la barra de silicona, proceder a su sustitución.		
5	Retire la barra de silicona jalandola de manera horizontal.		
6	Instalar la nueva barra de silicona de forma horizontal utilizando el riel de encaje.		
7	Encender y energizar el equipo. Aprovechar la detención para revisar resistencia. De encontrarse en mal estado realizar POE "Sustitución de resistencia de la barra selladora".		
8	Completar comprobante de mantenimiento correctivo.		
9	Retirar cono de atención (EN MANTENCIÓN).		

Anexo 12. Comprobantes de trabajo

 COMPROBANTE DE TRABAJO MANTENCIÓN CORRECTIVA			
SISTEMA		FECHA	
SUBSISTEMA		DURACIÓN MANTENIMIENTO	
REALIZADO POR			
APOYADO POR			
SUPERVISADO POR			
TIPO DE ACTIVIDAD	<input type="checkbox"/> PROGRAMADA <input type="checkbox"/> INMEDIATA	ORIGEN	<input type="checkbox"/> MANTENCIÓN PREVENTIVA <input type="checkbox"/> INSPECCIÓN <input type="checkbox"/> INESPERADO <input type="checkbox"/> EMERGENCIA
LA FALLA PRODUJO DETENCIÓN EN LA PRODUCCIÓN			
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD			
REPUESTOS UTILIZADOS			
IMPLEMENTOS E INSUMOS UTILIZADOS			
OBSERVACIONES			
REVISIÓN DE TRABAJO POR EL SUPERVISOR		<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> NO APROBADO	
<hr/> FIRMA OPERARIO/ MECÁNICO		<hr/> FIRMA SUPERVISOR	

 COMPROBANTE DE TRABAJO INSPECCIÓN			
SISTEMA		FECHA	
SUBSISTEMA		DURACIÓN	
		MANTENIMIENTO	
REALIZADO POR			
APOYADO POR			
SUPERVISADO POR			
TIPO DE INSPECCION			
<input type="checkbox"/> VISUAL	<input type="checkbox"/> AUDITIVA	<input type="checkbox"/> MECÁNICA	<input type="checkbox"/> NEUMÁTICA
			<input type="checkbox"/> ELÉCTRICA
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD			
REPUESTOS UTILIZADOS			
IMPLEMENTOS E INSUMOS UTILIZADOS			
OBSERVACIONES			
REVISIÓN DE TRABAJO POR EL SUPERVISOR		<input type="checkbox"/> APROBADO	
		<input type="checkbox"/> NO APROBADO	
_____ FIRMA OPERARIO/MECÁNICO		_____ FIRMA SUPERVISOR	

 COMPROBANTE DE TRABAJO MANTENCIÓN PREVENTIVA			
SISTEMA		FECHA	
SUBSISTEMA		DURACIÓN MANTEHIMIENTO	
REALIZADO POR			
APOYADO POR			
SUPERVISADO POR			
TIPO DE ACTIVIDAD	SUSTITUCIÓN <input type="checkbox"/>	REACONDICIONAMIENTO	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD			
FRECUENCIA DE ACTIVIDAD	<input type="checkbox"/>	ANUAL	
	<input type="checkbox"/>	SEMESTRAL	
	<input type="checkbox"/>	MENSUAL	
	<input type="checkbox"/>	SEMANAL	
REPUESTOS UTILIZADOS			
IMPLEMENTOS E INSUMOS UTILIZADOS			
OBSERVACIONES			
REVISIÓN DE TRABAJO POR EL SUPERVISOR	<input type="checkbox"/>	APROBADO	
	<input type="checkbox"/>	NO APROBADO	
_____	_____		
FIRMA OPERARIO/MECÁNICO	FIRMA SUPERVISOR		

Anexo 13. Stock de repuestos, herramientas y materiales

Herramientas y equipos

- Multímetro digital
- Cautín tipo lápiz 80 watts
- Esmeril angular portátil 4-1-2-Dga452 rfe
- Esmeril de banco 1 HP
- Taladro rotación inalámbrico 10 mm 8 v
- Atornillador inalámbrico 4,8 v
- Sierras
- Limas
- Pelacables
- Sensor ultrasónico
- Pirómetro
- Soldadora inverting 10-160 Amp
- Atornillador cruz y paleta
- Llave francesa
- Llave inglesa
- Llave stillson
- Nivel aluminio 24"
- Alicata
- Set de llaves
- Pie de metro análogo 200 mm
- Huincha de medir
- Martillo
- Set de dados

La propuesta tiene contemplado un stock de repuestos en la fábrica, en el inventario deben existir repuestos para los equipos de extrusión (distintos modelos) y la máquina de tónicas.

Equipo de extrusión

- Filtro rompedor de 3 mm
- Rodamientos
- Piñones
- Termocuplas
- Resistencias
- Fusibles
- Condensadores
- Cojinetes
- Aceite
- Tuercas
- Pernos
- Tornillos
- Empaquetaduras
- Rodillos
- Chavetas
- Entre otros

Máquina de tónica

- Hoja de cuchillo de corte
- Hoja de cuchillos de prepicados
- Tornillos
- Pernos
- Rodamientos
- Tuercas
- Terminales
- Relé
- Luces led
- Fusibles
- Sensores
- Aceite
- Resistencias
- Barra de silicona
- Discos de corte