

**“DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL MEJORAMIENTO DE  
UN PLAN DE MANTENIMIENTO. CASO ESTUDIO: EMPACADORA TIROMAT  
VA 430 DE LA LÍNEA DE CHORIZO”**

**YASMIN SHIRLEY TOCOCHE PARDO  
LINA MARCELA MONCAYO GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**“DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL MEJORAMIENTO DE  
UN PLAN DE MANTENIMIENTO. CASO ESTUDIO: EMPACADORA TIROMAT  
VA 430 DE LA LÍNEA DE CHORIZO”**

**YASMIN SHIRLEY TOCOCHE PARDO  
LINA MARCELA MONCAYO GONZALEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de profesional en Ingeniería Industrial**

**Asesor  
Dra. ILEANA PÉREZ  
Docente académica**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

## TABLA DE CONTENIDO

	Págs.
GLOSARIO	8
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
METODOLOGÍA	12
ESTRUCTURA DEL TRABAJO	12
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Justificación	19
1.2 Alcance	20
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Reseña histórica del mantenimiento	21
2.2 Objetivo del mantenimiento	24
2.3 Tipos de mantenimiento	24
2.4 Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de los tipos de mantenimiento	26
2.5 Plan de mantenimiento	29
2.6 Costos del mantenimiento	31
2.7 Gestión del mantenimiento	33
2.8 Indicadores de gestión del mantenimiento para controlar el cumplimiento del plan	35
2.9 Técnicas especializadas en la gestión del mantenimiento	36
2.10 Etapas de la optimización del mantenimiento preventivo (PMO)	41
2.11 Análisis crítico de la metodología PMO	49
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	52
3.1 Modelo de diagnóstico	52
Etapa I. Caracterización de la empresa	52
Etapa II. Definición de grupos de expertos	54
Etapa III. Aplicación de técnicas para la recolección de datos cualitativos	55
Etapa IV. Resultados de las técnicas de recolección de datos cualitativos	57
Etapa V. Análisis cuantitativo	65
Etapa VI. Análisis de la situación actual	72
CAPÍTULO IV. DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO	74
4.1 Fase 1. Conformación de grupo de expertos y caracterización de la(s) máquina(s).	77
4.2 Fase 2. Diagnóstico del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s)	78
4.3 Fase 3. Diseño del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s)	81
4.4 Fase 4. Implementación y control del plan de mantenimiento de	82

la(s) máquina(s).	
CAPITULO V. IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO	85
5.1 Fase 1. Conformación de grupo de expertos y caracterización de la empacadora Tiromat VA 430.	85
5.2 Fase 2. Diagnóstico del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430	88
5.3 Fase 3. Diseño del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430	89
5.5 Fase 4. Implementación y control del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430	89
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFIA	96
ANEXOS	99

## LISTA DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1.	Tipos de mantenimiento en Alicar S.A Planta Caloto. 15
Tabla 2.	Cantidad de órdenes de trabajo ejecutadas por tipo de mantenimiento entre años 211, 2012 y primer semestre de 2013 17
Tabla 3.	Tipos de mantenimiento. Ventajas, inconvenientes y aplicaciones 27
Tabla 4.	Índice de mantenimiento. 36
Tabla 5.	Comparativo PMO y RCM 39
Tabla 6.	Base de datos para recopilar información 44
Tabla 7.	Base de datos análisis causas de falla 45
Tabla 8.	Base de datos consolidada 45
Tabla 9.	Base de datos con análisis funcional 46
Tabla 10.	Base de datos evaluación de consecuencias 47
Tabla 11.	Objetivo de evaluación por variable. 56
Tabla 12.	Priorización de variables. 58
Tabla 13.	Cálculo del cumplimiento de las variables según escala de valoración. 63
Tabla 14.	Índice nivel de mantenimiento de la Empacadora Tiromat VA 430 entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013. 66
Tabla 15.	Comparativo del indicador Índice nivel de mantenimiento antes y después implementación 91
Tabla 16.	Comparativo gastos por tipo de mantenimiento antes y después de implementación. 93

## LISTA DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfica 1.	Comparativo entre gastos presupuesto y gastos por tipo de mantenimiento entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013. 15
Gráfica 2.	Pareto gastos reales por tipo de mantenimiento entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013. 16
Grafica 3.	Gastos mantenimiento correctivo programado por línea de producción entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 17
Grafica 4.	Gastos mantenimiento correctivo programado en los equipos de la Línea de Chorizos en los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 18
Gráfica 5.	Grafica 5. Gastos mantenimiento correctivo programado de la empacadora Tiromat VA 430 y Tiromat 11 en los años 2011, 2012 y 2013 19
Gráfica 6.	Pareto porcentaje de incumplimiento real de las variables 63
Gráfica 7.	Gastos de mantenimiento preventivo por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre 2013. 67
Gráfica 8.	Gráfica 8. Número de órdenes mantenimiento correctivo programado por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013. 68
Gráfica 9.	Gráfica 8. Número de órdenes mantenimiento correctivo programado por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013. 69
Gráfica 10.	Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 70
Gráfica 11.	Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013 70
Gráfica 12.	Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013 71
Gráfica 13.	Confiabilidad de la Empacadora Tiromat VA 430 entre los años 2011, 2012 y 2013 72
Gráfica 14.	Actividades que no agregan valor por sistema 89
Gráfica 15.	Comparativo del indicador Índice nivel de mantenimiento antes y después implementación 91
Gráfica 16.	Resultados de confiabilidad 92
Gráfica 17.	Comparativo gastos por tipos de mantenimiento antes y después de implementación 93

## LISTA DE FIGURAS

	Págs.	
Figura 1.	Tipos de costos de mantenimiento	32
Figura 2.	Indicador de costos de mantenimiento preventivos por mantenimientos totales	32
Figura 3.	Gestión del mantenimiento	35
Figura 4.	Ecuación de confiabilidad	36
Figura 5.	Ecuación MTBF	36
Figura 6.	Comparativo entre RCM y PMO	41
Figura 7.	Etapas del PMO	43
Figura 8.	Fórmula sumas ponderadas	50
Figura 9.	Modelo de diagnóstico	52
Figura 10.	Modelo para la aplicación de sesiones de grupo y listas de chequeo	55
Figura 11.	Lista de chequeo con variable método	59
Figura 12.	Lista de chequeo con la variable asignación de recursos	60
Figura 13.	Lista de chequeo con la variable mano de obra	61
Figura 14.	Lista de chequeo con la variable frecuencias y tiempos	62
Figura 15.	Modelo de la propuesta de mejoramiento	75
Figura 16.	Pasos de la fase de diagnóstico	78
Figura 17.	Pasos de la fase de diseño	81
Figura 18.	Pasos de la fase de implementación	82
Figura 19.	Pasos del modelo propuesto por fase.	84
Figura 20.	Plano general de la empacadora Tiromat VA 430	86
Figura 21.	Plano de los sistemas de la empacadora Tiromat VA 430	87

## GLOSARIO

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** conjunto de intervenciones realizadas de forma periódica en una máquina o instalación, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas (González, 2012).

**MANTENIMIENTO PREDICTIVO:** consiste en programar la intervención justo antes de que la avería se produzca, teniendo en cuenta factores como, por ejemplo, la vibración, la temperatura o el ruido, que permiten predecir que se producirá una avería (González, 2012).

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** las intervenciones que se hacen en la máquina o instalación cuando ya se ha materializado la avería. Los recursos de mantenimiento no están movilizados previamente, por tanto hay un claro enfoque a la producción (González, 2012).

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO:** las intervenciones que se hacen en la máquina o instalación cuando ya se ha materializado la avería. Pero, en este caso hay una cierta preparación previa de los recursos de mantenimiento (herramientas disponibles y próximas al equipos, mano de obra preparada para actuar) que contribuye a disminuir el tiempo de respuesta operativa y por tanto paradas de los equipos (González, 2012).

**CONFIABILIDAD:** capacidad de un componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado (Murillo, 2013).

**MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM):** proceso utilizado para optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas del mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema (Moubray, 2004).

**OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMO):** método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación (Turner, 2012).

**MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM):** sistema que garantiza la efectividad de los sistemas productivos, cuya meta es tener cero pérdidas a nivel de todos los departamentos con la participación de todo el personal en pequeños grupos (Suzuki, 2000).

## RESUMEN

La gestión de mantenimiento abarca todas las operaciones a mantener los procesos productivos de una planta, es decir se basa en aquellas actividades que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del área, mediante la planificación, control y supervisión de las actividades (Becerra, 2010). En este sentido, el plan de mantenimiento constituye una de las herramientas que permiten gestionar este proceso, mediante la definición de las políticas de mantenimiento, el control de las actividades y determinación de los costos por tipo de mantenimiento.

En la empresa seleccionada, el plan de mantenimiento no es controlado, por lo tanto, las actividades que están definidas no son actualizadas permanente, generando así tareas adicionales, que conllevan a la ejecución de un tipo de mantenimiento reactivo denominado correctivo programado, el cual impacta sobre la distribución de los gastos y genera un incumplimiento del presupuesto de gastos de mantenimiento preventivo.

El propósito de este trabajo es contribuir a la solución de una problemática en una empresa colombiana de alimento cárnico, tomando como apoyo la aplicación de: la metodología Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO), herramientas de decisión de la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), herramientas de ingeniería industrial como técnicas de toma de tiempos, análisis de indicadores y modelos de mejora continua.

Por lo tanto, con la aplicación de este proyecto, se puede concluir que el uso de herramientas de ingeniería industrial, realiza un aporte significativo a la mejora de la gestión del mantenimiento, pues permite implementar un proceso de mejora continua, mediante un procedimiento que busca evaluar permanente el plan de mantenimiento para garantizar su pertinencia y el cumplimiento del presupuesto de gastos de mantenimiento preventivo.

## INTRODUCCIÓN

Con la globalización del mercado, las empresas se han visto obligadas a cumplir con los estándares de calidad internacionales que les permita ser competitivas a nivel regional, nacional e internacional.

En Colombia, todas las organizaciones que deseen demostrar la calidad de sus productos, deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la Norma ISO 9001 (Olarte, Botero y Cañon, 2010).

Por lo tanto, es indispensable que las empresas cuenten con un plan de mantenimiento apropiado, que les permita conservar sus equipos, herramientas e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento.

Un plan de mantenimiento se define mediante la identificación de los equipos, documentación y experiencia técnica, para definir la política de mantenimiento a aplicar a cada una de las tareas del plan (Raouf, 2004), el cual se convierte en la bitácora de trabajo, donde se definen qué, cómo, cuándo y quién debe ejecutar cada una de las actividades que se encuentran consignadas en él. Sin embargo, como el mantenimiento no es estático, una vez diseñado el plan es importante monitorearlo constantemente, para evaluar su pertinencia y facilitar así la toma de decisiones al personal estratégico.

Alicar S.A Planta Caloto, es una de la compañías colombianas dedicadas a la fabricación de productos de alimento cárnico. Esta empresa está conformada por un área de mantenimiento que tiene como objetivo asegurar y mantener la confiabilidad de los equipos y su interacción con los procesos de forma eficiente, para la obtención de productos de excelente calidad; por tal motivo, este departamento cuenta con un plan de mantenimiento donde se describen las actividades que se deben ejecutar a cada una de las máquinas.

No obstante, actualmente la compañía no posee un control sobre el plan de mantenimiento que permita su actualización permanente, motivo por el cual durante los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013, se presentaron gastos totales de \$ 1.852.338.822, de los cuales el 76% corresponde a mantenimiento correctivo programado, el cual constituye un tipo de mantenimiento reactivo, que conlleva a la ejecución de actividades adicionales y que no están contempladas en el plan.

La finalidad de este trabajo, es contribuir con la mejora en la distribución de los gastos de mantenimiento de la empresa Alicar S.A Planta Caloto, mediante la implementación de un procedimiento que permite el mejoramiento continuo del plan de mantenimiento, a través la metodología Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO), contribuyendo además con la mejora en la gestión del área.

Este trabajo de grado hace parte del proyecto de investigación: implementación de herramientas generadoras de valor en Pymes: Sector Industrial, del grupo de investigación nuevas tecnologías, trabajo y gestión.

## **METODOLOGÍA**

Según el objetivo perseguido, esta investigación es clasificada como descriptiva, y en relación al contenido de la misma cuantitativa, buscando cumplir los objetivos específicos mediante el análisis documental y de datos de la siguiente manera:

- Fuentes primarias: Se desarrollaron sesiones de grupo y listas de chequeo, para consultar a los miembros del área de mantenimiento la composición del plan. Además, se analizaron los indicadores, órdenes de trabajo, historial de causas de falla y el plan de mantenimiento, con el fin de alcanzar el segundo objetivo sobre el diagnóstico del plan de mantenimiento.
- Fuentes secundarias: Se realizaron consultas en libros, artículos de revistas, tesis de grado, artículos digitales; con el fin de obtener información sobre la composición de un plan de mantenimiento, el nivel adecuado de los tipos de mantenimiento, las técnicas especializadas en la gestión de mantenimiento, de tal forma que se pudiera desarrollar el primer y tercer objetivo, los cuales son: realizar un estudio del arte y diseñar el procedimiento para el mejoramiento de un plan de mantenimiento aplicando los principios de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO).
- Trabajo de campo: Se definieron las actividades del plan de mantenimiento, apoyado en los manuales de fabricante y experiencia técnica, se midieron los tiempos de cada tarea con el fin de determinar su duración y posteriormente comparar los indicadores y demostrar la mejora con la implementación del nuevo procedimiento, dando respuesta así al cuarto objetivo: implementar el diseño propuesto y verificar su efectividad.

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

Para dar cumplimiento a los objetivos, el trabajo se estructuró de la siguiente forma:

- Introducción  
Metodología  
Estructura del trabajo
- Objetivos  
Objetivo general  
Objetivos específicos
- Capítulo I: Planteamiento del problema
- Capítulo II: Marco Teórico

- Capítulo III: Diagnóstico de la situación actual
- Capítulo IV: Diseño del procedimiento
- Capítulo V: Implementación y medición de la efectividad del procedimiento

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un procedimiento general para el mejoramiento del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430 de la línea de chorizos de Alicar S.A Planta Caloto.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio del arte
- Diagnosticar el plan mantenimiento.
- Diseñar el modelo y su procedimiento para el mejoramiento de un plan de mantenimiento, aplicando los principios de optimización de mantenimiento preventivo (PMO).
- Implementar el diseño propuesto y verificar su efectividad

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de mantenimiento de Alicar S.A Planta Caloto, se presupuestan los gastos de tres tipos de mantenimiento, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de mantenimiento en Alicar S.A Planta Caloto

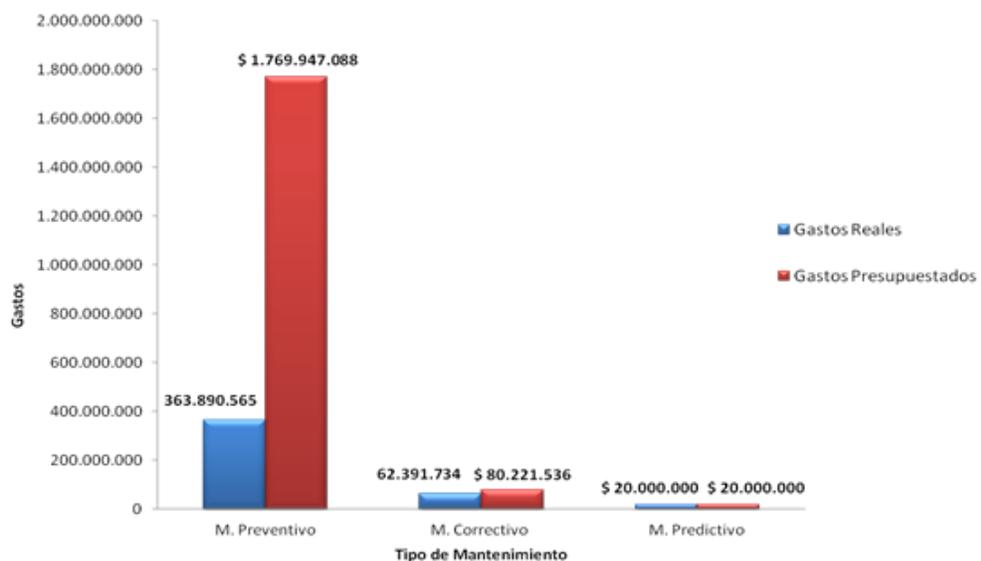
Tipo de mantenimiento	% Presupuestado
Mantenimiento preventivo	95%
Mantenimiento correctivo	4%
Mantenimiento predictivo	1%

Fuente: Las autoras

A partir, de una serie de reuniones que se realizaron con el equipo de trabajo del área, se identificó una preocupación por la distribución de los gastos del proceso, debido a que tan solo el 21% de éstos está concentrado en el mantenimiento preventivo. Además, se está ejecutando un tipo de mantenimiento reactivo, denominado mantenimiento correctivo programado, que conlleva a la ejecución de actividades adicionales.

Debido a esto, se revisó la documentación y el historial de gastos de los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013, para conocer cómo se distribuyó el presupuesto por tipo de mantenimiento, y realizar un comparativo entre estos datos y los gastos reales (gráfica 1).

Gráfica 1. Comparativo entre gastos presupuestado y gastos reales por tipo de mantenimiento entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013.



Fuente: Las autoras

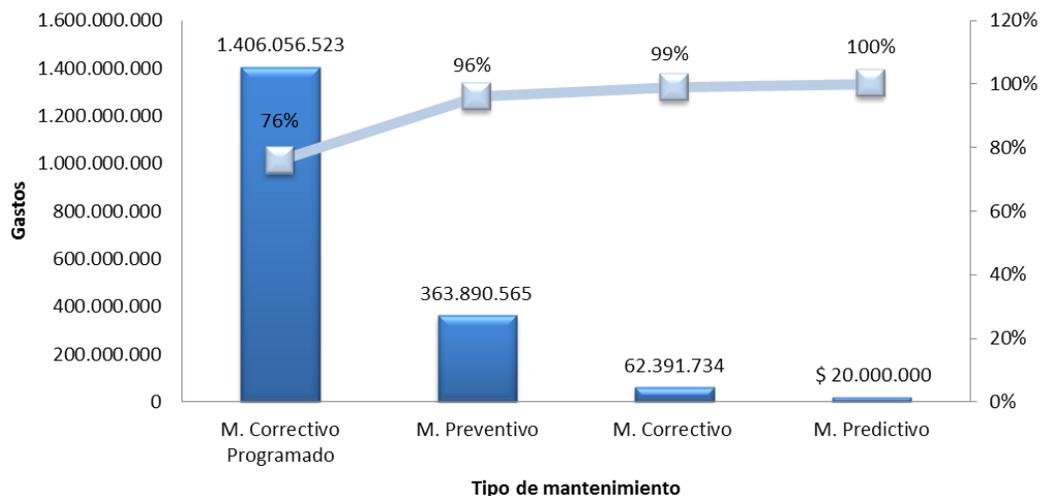
A partir de la gráfica 1, se observa que entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 se planearon gastos de \$ 1.769.947.088 para el mantenimiento preventivo, pero tan solo se causaron \$363.890.565 de esta cantidad, generando así un cumplimiento del 21% al presupuesto de gastos.

Para determinar las causas que generan este comportamiento, se realizó una lluvia de ideas (anexo 1), y a partir de dichos resultados se construyó una matriz de vester (anexo 2), diagrama causa efecto (anexo 3) y árbol de problemas (anexo 4), los cuales evidenciaron una deficiencia en el plan de mantenimiento.

Por tanto, fue necesario revisar las órdenes de trabajo entre los años 2011, 2012, y primer semestre de 2013 para identificar los gastos relacionados con cada tipo de mantenimiento, y se encontró que por mantenimiento correctivo programado se generaron gastos por \$ 1.406.056.523, lo cual representa el 79% del presupuesto asignado para el mantenimiento preventivo.

Además, se identificó que los gastos de mantenimiento correctivo programado, representan el 76% de los gastos totales causados entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 (gráfica 2).

Grafica 2. Pareto gastos reales por tipo de mantenimiento entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013.



Fuente: Las autoras

Por otra parte, se encontró que en un total de 6380 órdenes de trabajo ejecutadas durante los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, el 27% de ellas corresponde a mantenimiento preventivo y el 71% se concentró en el mantenimiento correctivo programado (tabla 2).

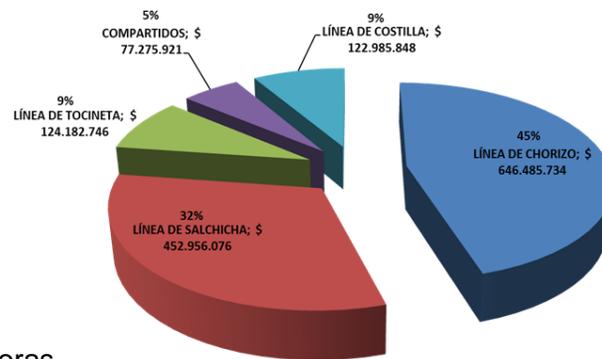
Tabla 2. Cantidad de órdenes de trabajo ejecutadas por tipo de mantenimiento entre años 211, 2012 y primer semestre de 2013

Tipo de Mantenimiento	Cantidad órdenes	Porcentaje de ejecución
M. Preventivo	1750	27%
M. Correctivo Programado	4500	71%
M. Correctivo	130	2%
	6380	

Fuente: Las autoras.

Por tal motivo, se revisó la distribución de los gastos de mantenimiento correctivo programado entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 de las cuatro líneas de producción: chorizo, salchicha, tocineta y costilla, las cuales presentaron el siguiente comportamiento (gráfica 3).

Gráfica 3. Gastos mantenimiento correctivo programado por línea de producción entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013

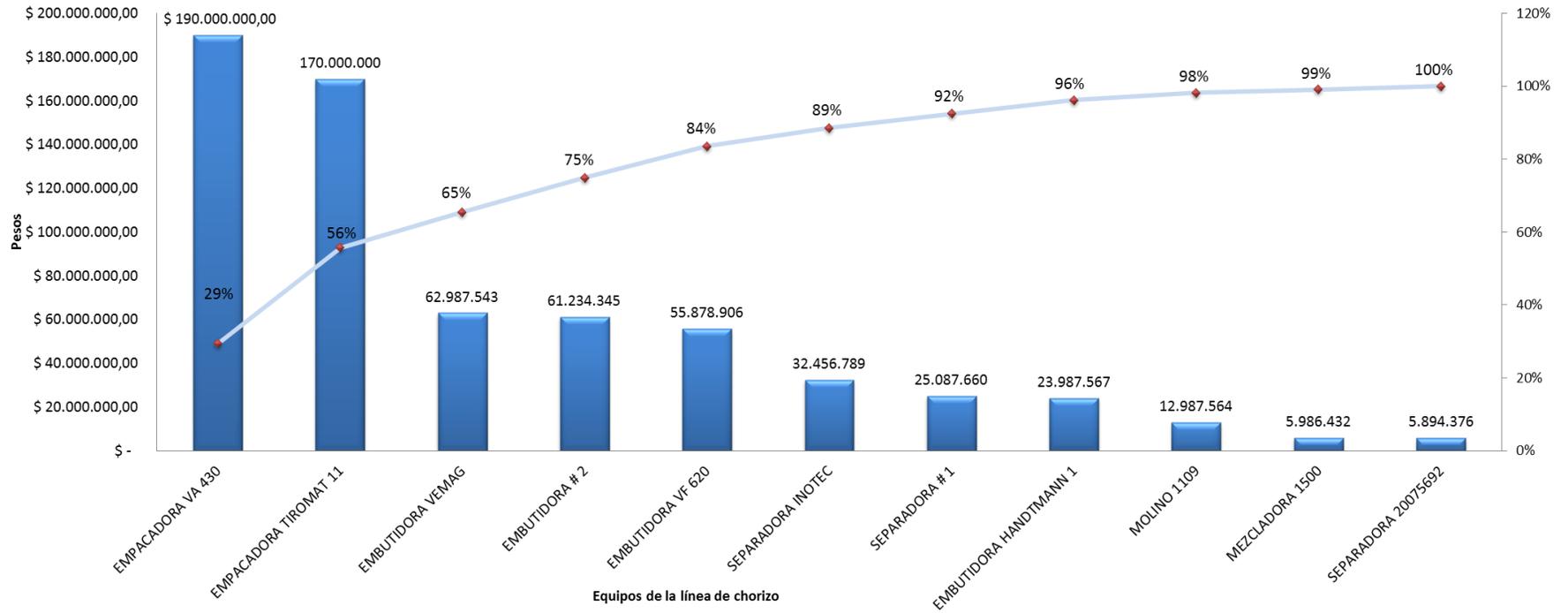


Fuente: Las autoras

A partir de la gráfica 3, se identifica que la línea de producción que genera mayor impacto por la ejecución de mantenimiento correctivo programado es la línea de chorizos.

Esta línea está conformada por 11 equipos, entre los cuales, las empacadoras Tiromat VA 430 y Tiromat 11 concentran el 56% de gastos por mantenimiento correctivo programado (gráfica 4).

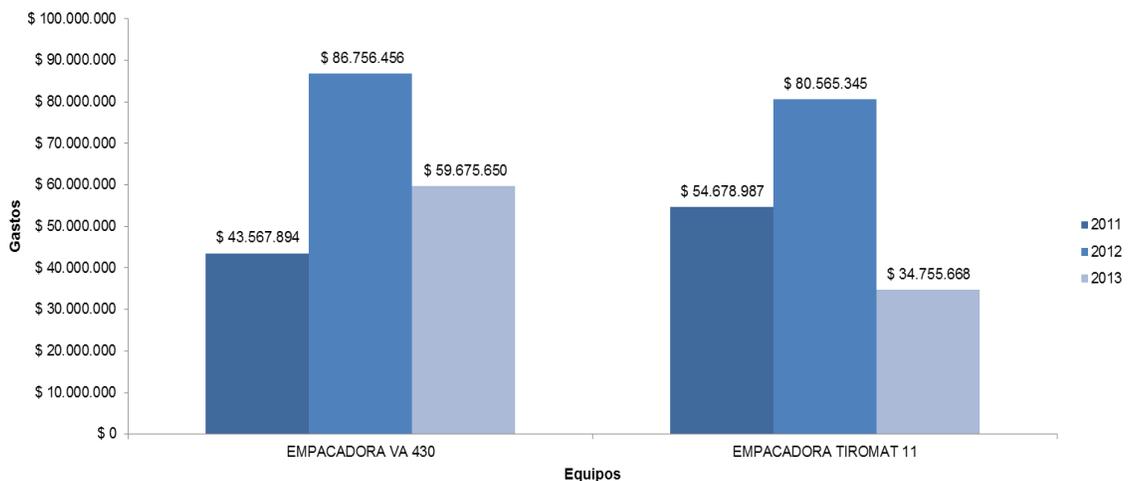
Grafica 4. Gastos mantenimiento correctivo programado en los equipos de la Línea de Chorizos en los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013



Fuente: Las autoras

Aunque el principio de Pareto no se cumple en la gráfica 4, se evidencia que la mayor proporción de gastos de mantenimiento correctivo programado es generado por las empacadoras Tiromat VA 430 y Tiromat 11, razón por la cual se revisó el comportamiento de los gastos de estos equipos en los años 2011, 2012 y primer semestre del 2013; y se encontró que existe una tendencia creciente en este período de tiempo, donde el mayor incremento se concentra en la empacadora Tiromat VA 430 (gráfica 5).

Grafica 5. Gastos mantenimiento correctivo programado de la empacadora Tiromat VA 430 y Tiromat 11 en los años 2011, 2012 y 2013



Fuente: Las autoras

Finalmente, se concluye que tanto las actividades como los gastos del área se concentran en el mantenimiento correctivo programado y no el preventivo, lo que pone en evidencia una debilidad en este proceso, específicamente en las empacadoras de la línea de chorizos, pues son estos equipos los que presentan mayor porcentaje de gastos por este tipo de mantenimiento.

### 1.1 Justificación

El área de mantenimiento de Alicar S.A Planta Caloto, evidencia una debilidad en el plan de mantenimiento, porque en los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013 se ejecutaron 4500 órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo programado, lo cual generó que el 79% de los gastos presupuestados para mantenimiento preventivo se hayan utilizado para cubrir los gastos de estas actividades.

En este sentido, el comportamiento de los gastos del área es una consecuencia de la ejecución excesiva del mantenimiento correctivo programado, por lo tanto, es necesario analizar detalladamente el plan de mantenimiento, con el fin de evaluar su composición y garantizar que se ejecute el 85% de mantenimiento preventivo

tanto en actividades como en gastos, pues este nivel corresponde al estándar mundial (Murillo, 2013).

## 1.2 Alcance

El procedimiento general para el mejoramiento del mantenimiento se implementará la empacadora Tiromat VA 430 de la línea de chorizos, pues se encontró que este equipo es el que presenta mayor gasto por mantenimiento correctivo programado y presenta una tendencia creciente en los últimos años, respecto a la empacadora Tiromat 11.

Sin embargo, a partir de los resultados de esta implementación, se propondrá la generalización sobre los demás equipos de la planta de producción.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

Siendo parte de los objetivos específicos la realización de un marco teórico; este capítulo se desarrolla en once apartados. Presentando primero una reseña histórica del mantenimiento comentando su evolución; en segundo y tercer lugar se exponen los objetivos y tipos de mantenimiento respectivamente. Posterior a esto, se enuncian aspectos como ventajas e inconvenientes de los tipos de mantenimiento; para luego explicar en qué consiste un plan de mantenimiento y los costos en que se inciden. Igualmente, se habla sobre la gestión del mantenimiento, sus principales técnicas y se finaliza con la descripción de las nueve etapas de la técnica optimización del mantenimiento preventivo (PMO); técnica en la que se enmarca el objetivo general de este trabajo de tesis.

### **2.1. Reseña histórica del mantenimiento**

A finales del siglo XVIII y comienzo del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos y fallas, siendo éste último el de mayor preocupación, debido a que producía paradas en la producción; y como una forma de contrarrestar sus efectos, comenzaron a realizarse actividades de control que originaron hacia los años 20 las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación (Fernández, 1998).

Es así como se observa que la historia del mantenimiento evidencia el desarrollo técnico-industrial, pues fue con las primeras máquinas que surgió la necesidad de realizar las primeras reparaciones, las cuales se producían por los grandes esfuerzos a los que eran sometidos los equipos (Fernández, 1998); conllevando a que las actividades de mantenimiento se realizaran cuando ya era imposible su utilización.

Fue entonces hasta 1914, que el mantenimiento tuvo poca importancia y era ejecutado por el personal de producción y operación; sin embargo esta situación cambió con la Primera Guerra Mundial, porque a partir de este momento se empezaron a dar las primeras producciones en serie y las fábricas establecieron programas mínimos de producción, lo cual generó la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible (Abella, 2003).

Posteriormente, surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como mantenimiento correctivo. No obstante; debido a los accidentes y pérdidas que ocasionaron las primeras calderas durante la revolución industrial se hace patente en la industria la necesidad de organizar el mantenimiento con una base científica, y se empieza a pensar en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la

rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo, con lo que surge el concepto de mantenimiento preventivo (Abella, 2003).

Se revela por lo tanto que la evolución del mantenimiento se enmarca en distintas generaciones; y aunque no exista un consenso entre los autores especializados sobre los años de iniciación y terminación de cada una de ellas; a continuación se ofrece una visión más al detalle de dicha evolución, mencionando los comportamientos frente aspectos como expectativa, visión sobre falla del equipo y técnicas utilizadas a lo largo de cuatro generaciones:

- Comportamientos frente a la expectativa del mantenimiento:

1era generación (I Guerra M. – 1950)	2da generación (1950-1970)	3era generación (1970-2000)	4ta generación (2000-presente)
Solo se reparan los equipos cuando están averiados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los equipos deben durar lo máximo posible en condiciones óptimas de funcionamiento.</li> <li>- Bajos costos de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incorporan métodos de trabajo más proclives a intervenir los equipos cuando sea necesario,</li> <li>- Se obtiene una mejoría en la calidad del producto.</li> <li>- Aparecen estudios de análisis de riesgos</li> <li>- Se presenta un menor deterioro del medio ambiente</li> <li>- Se genera una mayor reducción de costos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incorporan métodos de trabajo más proclives a intervenir los equipos cuando sea necesario,</li> <li>- Se obtiene una mejoría en la calidad del producto.</li> <li>- Aparecen estudios de análisis de riesgos</li> <li>- Se presenta un menor deterioro del medio ambiente</li> <li>- Se genera una mayor reducción de costos</li> </ul>

Fuente: Las autoras, basado en Moubray (2004) y González (2012).

- Comportamientos frente a la visión sobre la falla del equipo:

1era generación (I Guerra M. – 1950)	2da generación (1950-1970)	3era generación (1970-2000)	4ta generación (2000-presente)
Todos los equipos se desgastan	Todos los equipos cumplen con la curva de la bañera	Aparecen 6 patrones para medición de fallas	Se generan fallas desde el punto de vista humano, error del sistema, error de diseño y error de selección

Fuente: Las autoras, basado en Moubray (2004) y González (2012).

- Comportamiento frente a las técnicas de mantenimiento:

1era generación (I Guerra M. – 1950)	2da generación (1950-1970)	3era generación (1970-2000)	4ta generación (2000-presente)
Todas las habilidades de reparación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparecen los mantenimientos planeados y programados</li> <li>- Se generan sistemas de planificación y control de los trabajos (PERT, Gantt, etc)</li> <li>- Aparecen computadores grandes y lentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparece el mantenimiento predictivo</li> <li>- Aparece el diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad</li> <li>- Se generan análisis de modos de falla y sus efectos</li> <li>- Aparecen pequeños y rápidos computadores</li> <li>- Se generan sistemas expertos</li> <li>- Hay un trabajo en equipo y apoderamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza monitoreo por condición</li> <li>- Se realiza diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad</li> <li>- Se realizan análisis de modos de falla y sus efectos</li> <li>- Aparecen pequeños y rápidos computadores</li> <li>- Hay un trabajo en equipo y apoderamiento</li> <li>- Aparece el uso de técnicas especializadas ( RCM y TPM, PMO)</li> <li>- ERP – Módulos de mantenimiento</li> </ul>

Fuente: Las autoras, basado en Moubray (2004) y González (2012).

A partir de los años 70, debido al desarrollo de la industria electrónica, espacial y aeronáutica, aparece en el mundo anglosajón el mantenimiento predictivo (Pérez, 2003), por el cual la intervención no depende ya del tiempo de funcionamiento sino del estado o condición efectiva del equipo o sus elementos y de la fiabilidad determinada del sistema.

Actualmente el mantenimiento afronta lo que se denomina la cuarta generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis físico-químicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos. Este desarrollo, conducirá en un futuro al mantenimiento a la utilización de los sistemas expertos y a la inteligencia artificial, con amplio campo de actuación en el diagnóstico de averías y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles (Pérez, 2003).

A continuación se plantean los objetivos del mantenimiento enmarcados en diferentes aspectos.

## 2.2 Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento en las organizaciones debe cumplir con dos objetivos primordiales: Minimizar los costos de producción y garantizar la seguridad industrial (Prando, 2006).

Así, para cumplir con estos fines, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos, (Sanzol, 2010):

- Reducción de costos de producción.

Un acertada planeación del mantenimiento infiere de manera positiva en la reducción de los costos de operación y de reparación de los equipos; por tanto se deben realizar acciones enfocadas a:

- Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción.
  - Minimizar los costos de las paradas de producción debido a las deficiencias en el mantenimiento de los equipos.
  - Incrementar la vida útil de los equipos
- Seguridad industrial.

En este objetivo, lo que se persigue de una forma fundamental desde el punto humano, es salvaguardar a través del mantenimiento la seguridad de operación de los equipos; así para cumplir con ello se deberán abordar tareas como:

- Administrar el personal de mantenimiento.
- Elaborar una programación de los trabajos de mantenimiento.
- Implantar mecanismos para retirar de la producción los equipos que significan un alto costo de mantenimiento.
- Proporcionar al personal de mantenimiento las herramientas necesarias y adecuadas para realizar sus funciones.
- Mantener actualizadas las listas de repuestos y lubricantes.

Teniendo en cuenta todas estas acciones, el mantenimiento igualmente se diferencia en diversos tipos de acuerdo a las tareas que incluyen; los cuales se describen en el siguiente apartado.

## 2.3 Tipos de Mantenimiento

Existen varias estrategias de mantenimiento que son agrupadas de acuerdo con el momento de su ejecución, es decir si se actúa antes (mantenimiento planeado) o después de producirse la falla (mantenimiento reactivo); (Fernández, 1998).

### 2.3.1 Mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento planeado se encuentran todas aquellas actividades programadas tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema (Tobar, 2011; Lezana 1989).

En este sentido, este mantenimiento se emplea cuando se establecen tareas o actividades para revisar al equipo sin tener en cuenta su condición. Por lo tanto, se debe aplicar sobre aquellas máquinas que presenten una disponibilidad media y con cierta importancia en el sistema productivo (Valdivieso, 2011).

Sin embargo, algunos autores como Tobar (2011) y Valdivieso (2011) plantean que el mantenimiento planeado ha experimentado profundos cambios, debido a la incorporación de la microelectrónica a los equipos, pues este tipo de sensores permite la recopilación de información en tiempo real del proceso de desgaste efectivo de los componentes críticos, lo cual ha evolucionado hacia una estrategia de mantenimiento condicional o predictiva, la cual se explica con más detalle posteriormente.

### 2.3.2 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo permite organizar y ajustar los procesos de mantenimiento preventivo a la evolución del desgaste real, lo cual reduce los cambios innecesarios de piezas y por lo tanto la reducción costos de mantenimiento en general (Martín y Arranz, 1990; Sanzol, 2010).

Además, este mantenimiento requiere de tecnologías y personal capacitado, que integra todos los indicadores disponibles de la condición de los equipos (datos de diagnóstico y rendimiento, registro de datos del operador), históricos de mantenimiento y el conocimiento de diseño para tomar decisiones oportunas sobre los requisitos de mantenimiento de los equipos importantes (Ruíz, 2012).

Por lo tanto, este tipo de mantenimiento se aplica sobre aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una falla o un mal funcionamiento, y a los que se les exige niveles de disponibilidad altos, debido al alto costo en producción que tiene una avería (Sanzol, 2010).

Finalmente, se debe tener en cuenta que el mantenimiento predictivo se realiza cuando se requiere conocer la condición del equipo, la cual es posible identificar con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa con una frecuencia generalmente anual o superior (Ruíz, 2012).

### 2.3.3 Mantenimiento reactivo.

En este tipo de mantenimiento se encuentran el correctivo y correctivo programado.

Por un lado, el mantenimiento correctivo se genera cuando la reparación de la falla se debe realizar inmediatamente después de presentarse; mientras que el mantenimiento correctivo programado permite la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios (Ruiz, 2012).

Por lo tanto a pesar que en los dos casos la falla se presenta de forma sorpresiva, el mantenimiento correctivo tiene un mayor impacto negativo en el plan de producción porque exige una parada inmediata en la planta, mientras que el correctivo programado permite cierto tiempo para reaccionar.

Este mantenimiento se emplea con la aparición de una falla imprevista, por ello, se recomienda aplicarlo a equipos que presenten un bajo nivel de criticidad y cuyas averías no supongan ningún problema ni económico, ni técnico sobre el sistema productivo (Valdivieso, 2011).

### 2.4. Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de los tipos de mantenimiento

Sabiendo, que el conjunto de las acciones mínimas y necesarias para mantener y garantizar un funcionamiento óptimo de los equipos a un costo mínimo, están agrupadas en diferentes tipos de mantenimiento; en la tabla 3 se detallan ventajas, inconvenientes y aplicaciones de cada uno.

Tabla 3. Tipos de mantenimiento  
Ventajas, inconvenientes y aplicaciones

Tipo Mantenimiento	Estrategia de Mantenimiento	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Mantenimiento Reactivo	Mantenimiento Correctivo	- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.	- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.	- Cuando el costo total de paradas ocasionadas sea menor que el costo tal de las acciones preventivas.
	Mantenimiento Correctivo Programado	- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos	- Riesgos de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un stock de repuestos importantes	- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importantes a la producción.
Mantenimiento Planeado	Mantenimiento preventivo	- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos - Solo es adecuado cuando por la naturaleza del equipo existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.	- No se aprovecha la vida útil completa del equipo - Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.	- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro. - Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida

Fuente: Las autoras, basado en Mora, Alberto (2005).

Tabla 3. (Continuación)

Tipo Mantenimiento	Estrategia de Mantenimiento	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Mantenimiento Planeado	Mantenimiento Predictivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo</li> <li>- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones</li> <li>- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.</li> <li>- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia</li> <li>- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquinaria rotativa</li> <li>- Motores eléctricos</li> <li>- Equipos estáticos</li> <li>- Instrumentación</li> </ul>

Fuente: Las autoras, basado en Mora, Alberto (2005).

Una vez conocidos estos aspectos, y definido qué tipo de mantenimiento se va a aplicar, se debe proceder con el diseño y gestión de un plan de mantenimiento que se describe a continuación.

## 2.5 Plan de mantenimiento

Para lograr una mayor vida útil en la maquinaria, es necesario desarrollar un plan de mantenimiento que permita (Magallon, 2011):

- Establecer las fechas de iniciación y terminación de un trabajo
- Definir la secuencia de las actividades
- Conocer la intervención de la mano de obra
- Establecer los tiempos de suministro de los materiales
- Establecer el presupuesto estimado

Por lo tanto, un plan de mantenimiento posibilita elaborar las órdenes de descriptivas de las operaciones que deben efectuarse y la periodicidad con que deben efectuarse, y en este caso, para Raouf (2004) los programas que se realicen generalmente deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Qué debe inspeccionarse
- Con qué frecuencia se debe inspeccionar y evaluar
- A qué debe dársele servicio
- A qué componentes debe asignársele vida útil
- Cuál debe ser la vida útil y económica de dichos componentes
- Descripción del trabajo y estándares de tiempo
- Herramientas especiales requeridas
- Procedimientos de seguridad
- Información técnica (planos y manuales)

En este orden de ideas, para algunos autores como Benítez (2008) y García (2006), un plan de mantenimiento permite determinar de manera anticipada el lugar y el momento en que se deben iniciar y terminar las operaciones necesarias para la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.

Por lo tanto, dicho plan debe elaborarse para cada pieza del equipo dentro del programa general, de tal manera que se constituya una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo, incluyendo (García, 2006):

- Nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia.
- Lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo.
- Frecuencia de cada tarea.
- Tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea
- Tiempo para cada tarea.

- Equipos, herramientas e instrumentos que se deben utilizar y en las cantidades suficientes.
- Componentes que se van a reemplazar
- Planos de referencia
- Manuales y procedimiento de seguridad
- Formación cuidadosa y continua del personal

A partir de lo anterior, es posible diseñar un documento que describa el procedimiento de cada tarea, con el fin de suministrar los detalles de cada una de ellas y garantizar una programación acertada, para lo cual, es necesario (Benítez, 2008):

- Implementar un sistema de órdenes de trabajo
- Clasificar las órdenes de trabajo
- Ordenar las órdenes por prioridad
- Compilar una lista de trabajos completados y restantes.
- Definir estándares de tiempo realistas para cada una de las tareas.

A partir de lo anterior, se encuentra una concordancia entre los planteamientos dados por Raouff (2004), García (2006) y Benítez (2008), pues cada uno de ellos busca definir un plan de mantenimiento acertado, mediante la identificación de las especificaciones técnicas de las máquinas, la asignación de recursos y sistemas de trabajo; y además, afirman que garantizar la efectividad de dichos programas en términos de disponibilidad de la planta, reducción de costos, confiabilidad del de equipo y calidad del producto, es necesario:

- Determinar políticas de control de presupuestos
- Establecer los gastos de mantenimiento por centros de costos
- Determinar el nivel de destrezas, capacitación del personal
- Velar por la motivación del personal y seguridad.
- Realizar monitoreo al proceso de mantenimiento para garantizar su cumplimiento, mediante indicadores que permitan reflejar su estado actual.

Vale la pena aclarar que el proceso de mantenimiento puede dividirse en tres niveles dependiendo del horizonte de planeación (Sanzol, 2010):

- Planeación a largo plazo, cubre un período de cinco años o más
- Planeación a mediano plazo, planes de un mes y hasta un año
- Planeación a corto plazo, planes diarios y semanales.

Así, independientemente del plazo que se trace en el plan de mantenimiento, se ven involucrados necesariamente una serie de costos que se especifican a continuación.

## 2.6 Costos del mantenimiento

De acuerdo con Magallon (2011), un mantenimiento exagerado no es económico por los costos indirectos de control y administración involucrados; además, los paros de equipo son tan frecuentes que alteran el flujo de operación.

El aumento de fiabilidad y vida, paga con dificultad los costos por un mantenimiento exagerado, y además es muy probable que la vida económica sea más corta que la vida útil, habiéndose desperdiciado esfuerzos en el mantenimiento de un equipo que se retira de operación por otras razones (Ruiz, 2012).

Un mantenimiento pobre, tampoco es económico, ya que la pérdida de fiabilidad es muy grande y por lo tanto se incurre en riesgos considerables.

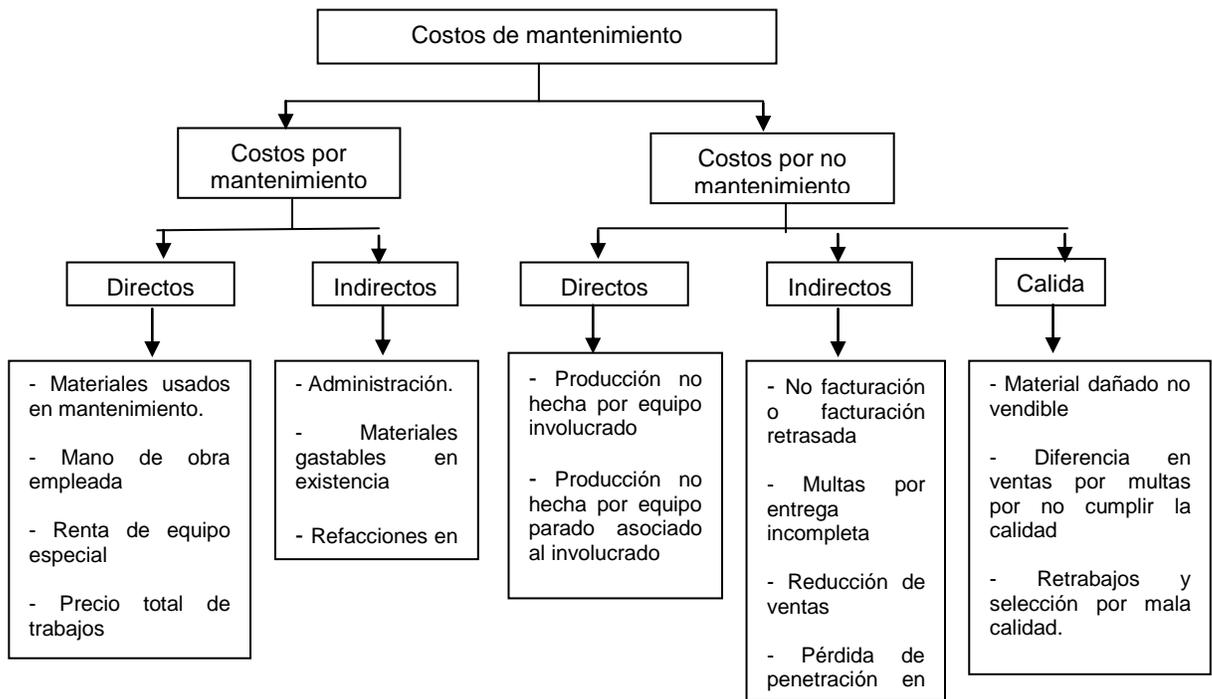
Las tareas de mantenimiento resultan ser muy caras, ya que el deterioro de las partes va más allá del calculado en diseño, llegándose a sustituir componentes a los cuales de haberseles proporcionado mantenimiento antes, sólo hubieran requerido un reajuste.

El mantenimiento adecuado considera el estudio de probabilidad de falla, oportunidad de paro para efectuar las tareas, costo de disponibilidad de refacciones o factores políticos de la empresa, es decir, es necesaria la planeación, de tal forma que se logre identificar totalmente la cantidad necesaria de mantenimiento (Ruíz, 2012). Igualmente, al no realizarse un mantenimiento también se incide en costos.

En la figura 1, se observa la estructura de todos los costos de mantenimiento, la cual merece un control constante, a través de informes periódicos que indiquen los programas de reducción más urgentes, que generalmente van dirigidos hacia los siguientes aspectos (López, 2010):

- Considerar el uso de materiales alternos para mantenimiento.
- Modificar los procedimientos de inspección.
- Revisar los procedimientos de mantenimiento, haciendo ajustes particularmente en el tamaño del equipo de trabajo y los métodos.
- Rediseñar los procedimientos de manejo de materiales.

Figura 1. Tipos de costos de mantenimiento



Fuente: Las autoras, basado en Magallón, Aaron (2011).

Cada uno de los costos mencionados, están relacionados directamente con indicadores que permiten medir la gestión de las actividades en relación a costos, como por ejemplo el indicador de costos de mantenimiento preventivos por mantenimientos totales (figura 2), el cual pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas programadas (Raouf, 2004), de tal forma que refleja el estado actual del consumo de los costos por tipo de mantenimiento.

Figura 2. Indicador de costos de mantenimiento preventivos por mantenimientos totales

$$CPTC = \frac{CP}{CTM}$$

CPTC = Costos de mantenimiento preventivo por mantenimiento totales  
 CP = Costos de mantenimiento preventivo  
 CTM = Costos totales de mantenimiento (Preventivo + Correctivo programado)

Fuente: Raouf, Duffoaa Dixon (2004)

De igual manera, para realizar cualquier tipo de mantenimiento es necesario realizar una gestión, que permita analizar las necesidades de la empresa para definir una solución integral que abarque desde costos, plazos, rendimientos y

evaluación de riesgos. En el siguiente apartado, se explica más al detalle en qué consiste la gestión del mantenimiento.

## 2.7 Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento abarca todas aquellas operaciones orientadas a mantener los procesos productivos de una planta, con el fin de garantizar su cumplimiento con las actividades productivas, realizándolas en condiciones económicamente favorables, es decir al mínimo costo y de acuerdo con las normas de protección integral. (Becerra, 2010).

Así para la norma vigente UNE-EN13306:2011<sup>1</sup>, publicada por la Asociación Española de Normalización y Certificación -AENOR- la gestión del mantenimiento son aquellas actividades que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades, y las realizan por medio de la planificación, control y la supervisión del mantenimiento.

En concordancia con esto, es muy común que en la gestión del mantenimiento se incluyan las actividades tendientes a asegurar la disponibilidad máxima planificada de los equipos al menor costo dentro de los requisitos de seguridad, la atención de los servicios al establecimiento, tales como: la energía eléctrica, calórica bajo sus distintas formas (vapor, agua caliente, tibia), agua (en la industria alimenticia potable), aire comprimido, refrigeración, vacío, en las cantidades y calidades solicitadas por la actividad de la empresa (Prando, 2006).

Incluso en algunas plantas de producción, mantenimiento también es responsable de las tareas de limpieza e higiene del establecimiento. En consecuencia con ello, la organización del mantenimiento deberá contemplar la totalidad de actividades bajo su responsabilidad buscando su desempeño eficiente, eficaz y al menor costo (Prando, 2006).

Paralelamente, debe tenerse presente que dentro de este concepto amplio de la función del mantenimiento, coexisten elementos de gestión (supervisión y control) y operativos; por lo que es pertinente mencionar algunas actividades que resultan vitales en el momento de gestionar el mantenimiento (Becerra, 2010):

- Disponer de datos técnicos inherentes a cada uno de los equipos que componen el activo fijo de la empresa y del historial de actualización de los mismos para predecir el tiempo para su reparación.

---

<sup>1</sup> Esta norma se ha convertido en una norma nacional en los 17 países asociados al Comité Europeo de Normalización.

- Generar el plan de revisiones periódicas de los equipos o de algunas de sus piezas o componentes críticos, y para cada una de ellas, la orden de revisión correspondiente. El plan debe incluir herramienta de posible uso, normas para realizar el trabajo y autorización para su ejecución.
- Controlar la ejecución del plan y captar la información generada.
- Analizar el comportamiento de los equipos.
- Procesar la información para controlar la gestión de mantenimiento.

Sin embargo, para garantizar la eficiencia de esta gestión de mantenimiento es necesario realizar las siguientes acciones (López, 2010):

- Definir los datos relevantes a los equipos e instalaciones.
- Definir procedimientos normalizados para trabajos repetitivos.
- Analizar las causas de desviación de los presupuestos.
- Determinar los costos unitarios del mantenimiento (por hora, por unidad de producto, por departamento).
- Determinar datos relativos a las averías.

En la figura 3, se muestra un sistema típico de mantenimiento, evidenciando todas las actividades necesarias para hacer que este sistema sea funcional, a saber, planeación, organización y control.

Figura 3. Gestión del mantenimiento



Fuente: Raouf, Duffuaa Dixon (2004).

## 2.8 Indicadores de gestión del mantenimiento para controlar el cumplimiento del plan.

Los indicadores de gestión se utilizan para el análisis de factores que se interrelacionan con la función mantenimiento y permiten resaltar las principales causas de falla de los equipos, frecuencia de ocurrencia de averías con vistas a establecer mejoras en los planes de inspecciones y reparaciones correspondientes para el buen desempeño de la organización (Leal, 2010).

Los indicadores empleados en esta investigación son: confiabilidad, averías, tiempo medio entre fallas (MTBF) e índice de nivel de mantenimiento, pues a partir de ellos es posible conocer el grado de cumplimiento de los planes de mantenimientos, lo cual constituye uno de los propósitos de este proyecto. A continuación se definen cada uno de dichos indicadores, según Murillo (2013):

- Averías: Mide el número de averías de un equipo en un período determinado.
- Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo o sistema realice su función adecuadamente en un período de tiempo, operando en condiciones normales y estables de operación.

En la figura 4, se muestra la fórmula con la cual se calcula la confiabilidad de un equipo.

Figura 4. Ecuación de confiabilidad

$$R(t) = 1 - F(t)$$

F(t) = Probabilidad de falla  
R(t) = Probabilidad de funcionamiento  
t = Tiempo

Fuente: Murillo (2013).

- Tiempo medio entre fallas (MTBF): Es el intervalo de tiempo promedio entre la ocurrencia de una falla y la próxima sobre un equipo dado (figura 5).

Figura 5. Ecuación MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Suma de tiempos entre fallas}}{\text{Número de fallas}}$$

Fuente: Murillo (2013).

- Índice de nivel de mantenimiento: Es la distribución del número de mantenimientos que se deben ejecutar, con el fin de garantizar una gestión adecuada (tabla 4).

Tabla 4. Índice de mantenimiento

<b>Tipos de Mantenimiento</b>	<b>Nivel de mantenimiento adecuado</b>
M. Correctivo Programado	Menor al 15%
M. Preventivo	Mayor al 85%
M. Correctivo	Menor al 15%

Fuente: Murillo (2013).

## 2.9 Técnicas especializadas en la gestión del mantenimiento

A continuación se definen las técnicas especializadas en la gestión aplicables a nivel industrial en la actualidad; no sin antes mencionar, que el análisis se centra entre el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y la Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO); con el fin de dar a conocer posteriormente los argumentos que justifican la elección del modelo PMO para el presente trabajo.

### 2.9.1 TPM – Mantenimiento Productivo Total

El TPM es definido como mantenimiento productivo que se implementa por todos los empleados, se basa en que la mejora del equipo debe involucrar a todos los funcionarios de la organización, desde los operadores hasta los empleados de la alta dirección (Suzuki, 2000)

Esta metodología se fundamenta en cuatro principios fundamentales (Nakajima, 1991):

- Satisfacción del cliente.
- Dominio de los procesos y sistemas de producción.
- Implicar a personas a través del mantenimiento autónomo y aprendizaje.
- La mejora continua.

El TPM como táctica es la más básica de todas, es la pionera en este ramo, sus dos grandes propósitos son: elevar la productividad y concentrar los esfuerzos del personal de producción alrededor del mantenimiento, aglutinando todo el recurso humano alrededor de la gestión y operación del mantenimiento. Y cuenta con pilares básicos como: mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejoras enfocadas, educación y entrenamiento, seguridad y gestión ambiental, control inicial, mantenimiento de la calidad y eficiencia administrativa (Susuki, 2000).

Para el presente trabajo, se tiene en cuenta que el TPM, presenta limitaciones como:

- ❖ Costos elevados para su implementación
- ❖ Cambio de actitud organizacional
- ❖ Resultados a largo plazo

Por lo tanto, se recomiendan otras metodologías (Da costa Burga, 2010).

### 2.9.2 RCM - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Es un proceso usado para determinar sistemática y científicamente que debe ser hecho para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que hagan (Da costa Burga, Martín, 2010)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso que determina lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico tenga la disponibilidad de 100% dentro de la empresa, y es una guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional (Moubray, 2004).

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- La evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
- La identificación de los componentes críticos
- El chequeo en sitio y en operación del estado funcional de los elementos

A partir de lo anterior, los objetivos del RCM se pueden sintetizar en:

- Eliminación de las averías de los equipos.
- El suministro de fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- La minimización de los costos de mano de obra de reparaciones.
- La anticipación y planificación con precisión de las necesidades de mantenimiento.
- El establecimiento de horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.

### 2.9.3 PMO – Optimización del Mantenimiento Preventivo

La optimización de mantenimiento preventivo fue una técnica diseñada por el australiano Steve Turner, ingeniero de mantenimiento y fundador de la agencia de consultoría OMCS International<sup>2</sup>, cuyo objetivo principal se basa en proveer soluciones de gestión de rendimiento de activos para empresas completas, a partir de la optimización de los planes de mantenimiento existentes.

Esta metodología permite disminuir problemas relacionados con la minimización de la productividad, debido a los mantenimientos no planificados que lesionan los mantenimientos preventivos y por tanto generan una mentalidad de reparar rápidamente, promoviendo así un mantenimiento apaga incendios o mantenimiento temporal, que a largo plazo terminan agravando la situación, de tal forma que se genera un círculo vicioso que llevan a las organizaciones a ser totalmente reactivas. (Turner, 2012)

---

<sup>2</sup> [www.omcsinternational.com](http://www.omcsinternational.com)

El PMO se caracteriza por:

- Maximizar la fiabilidad de activos, minimizar los tiempos de intervención de equipos dando como consecuencia directa el aumento de la capacidad de producción.
- Se implementa con una sexta parte del tiempo que el RCM, inicia con el programa de mantenimiento existente, el historial de fallas e información técnica.
- Maximizar la eficiencia del personal de mantenimiento.
- Maximizar la eficacia y el retorno de la inversión.
- Reducir al máximo los gastos de mantenimiento
- Motiva al personal con respecto a los conocimientos, procesos y herramientas.
- La mejora seguridad y desempeño ambiental (Turner, 2012)

A partir de lo anterior, en la tabla 5 se realiza un comparativo entre el PMO y el RCM, con el fin de evidenciar sus principales diferencias.

Tabla 5. Comparativo PMO y RCM

Aspecto	RCM	PMO
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un enfoque sistemático para analizar los requerimientos de mantenimiento de un equipo.</li> <li>- Inicia con una hoja en blanco y hace un análisis completo de la funcionalidad del equipo.</li> <li>- Elabora una lista de todas las posibles averías y analiza todas las posibles causas de falla, cuando sólo a muy pocas se les puede aplicar un mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se basa en los principios del RCM para racionalizar los programas existentes de mantenimiento, historial de fallas y otra información técnica.</li> <li>- Se capturan las causas de falla a las que les puede realizar mantenimiento sin tener que analizar todo.</li> </ul>
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toma mucho tiempo del análisis definiendo funciones, debido a que aborda todas las posibles causas de falla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se completan los análisis funcionales mucho más rápido, teniendo en cuenta que no aborda todas las causas de falla.</li> </ul>
Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta elevados costos debido a la complejidad de la implementación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta bajos costos de implementación respecto al RCM, ya que solo evalúa los parámetros y necesidades más críticos de la empresa.</li> </ul>

Fuente: Las autoras, basado en Jiménez, José Andrés (2010).

Según la tabla 3, el RCM y PMO son metodologías enfocadas a determinar acciones efectivas específicamente en el área de mantenimiento, pues se enfocan en crear, reemplazar o modificar tareas cuando el mantenimiento preventivo no es apropiado. Y aunque estos dos procesos dan como resultado el mismo programa de mantenimiento, el RCM es recomendado para plantas nuevas donde no existe un plan formal de mantenimiento y/o se han generado cambios mayores en los activos que componen el sistema; mientras que el PMO es recomendado en la etapa operativa, ya que la mayoría de las empresas cuentan con un plan de mantenimiento e historial de falla.

Conociendo las diferencias existentes entre los modelos RCM y PMO, y respondiendo al objetivo general del presente trabajo de tesis, a continuación se argumenta el por qué la escogencia del modelo PMO:

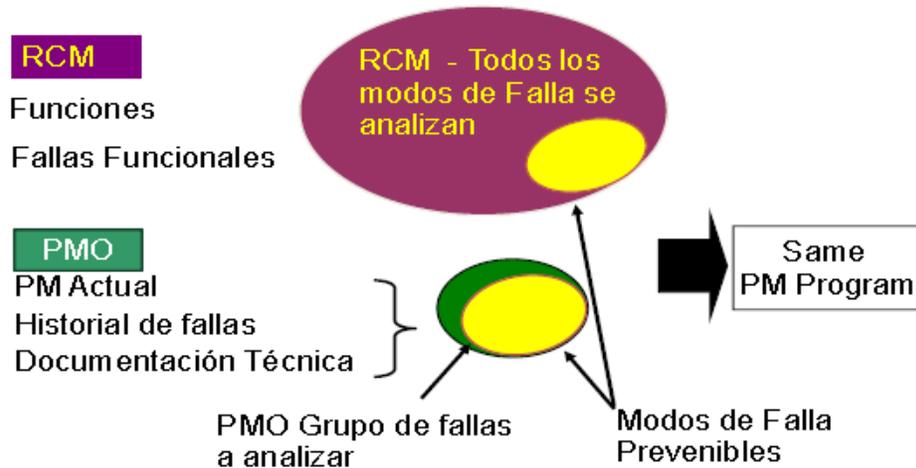
RCM y PMO son dos productos completamente diferentes con el mismo objetivo, definir los requerimientos de mantenimiento de los equipos. Sin embargo, se debe entender que están diseñados para ser utilizados en situaciones totalmente diferentes; pues por un lado, el RCM fue diseñado para desarrollar el programa inicial del mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos (Moubray, 2004), mientras que PMO ha sido diseñado para usarlos una vez los activos están en uso.

Como resultado, PMO es un método de revisión mientras que RCM es un proceso de fundación; PMO es un análisis mucho más efectivo y flexible que RCM, ya que inicia el trabajo desde un programa de mantenimiento razonablemente bueno y toma en cuenta la experiencia de operación y las características de falla de la planta (Turner, 2012).

Por lo tanto, la diferencia metodológica central entre RCM y PMO, radica en la forma en que se generan las causas de falla, pues de acuerdo a la figura 6, PMO maneja una cantidad mucho menor de causas de falla que RCM, llegando a ellos de manera más rápida; razón por la cual en la industria de energía nuclear de los Estados Unidos se ha demostrado que en promedio, el PMO es seis veces más rápido que RCM en generar resultados (Mora, 2005).

Figura 6. Comparativo entre RCM y PMO

### PMO Alcanza los mismos resultados que RCM...



Fuente: Turner, Steve (2002)

En este orden de ideas, PMO es la técnica de gestión seleccionada para el desarrollo de este trabajo, debido a que el mejoramiento del proceso de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430, se llevará a cabo a partir de los planes de mantenimiento, la experiencia técnica y el historial de fallas de dicho equipo; es decir que se tomará como punto de partida el programa de mantenimiento existente y además se aplicará sobre una máquina que constituye un activo en uso, características que fueron mencionadas previamente y que hacen parte fundamental de esta metodología.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se realiza una descripción más detallada de esta metodología, así como de las etapas que lo conforman y su desarrollo.

#### 2.10 Etapas de la Optimización del mantenimiento preventivo – PMO

La optimización de mantenimiento preventivo lleva a las empresas y exactamente a los gerentes de los departamentos de mantenimiento a desarrollar políticas bien enfocadas, que mejoren la planeación y la programación del mantenimiento, bajo políticas revisadas que garanticen la eliminación de fallas, pues de esta forma podrían concebir programas de mantenimiento preventivo que agregaran valor. (Turner, 2012).

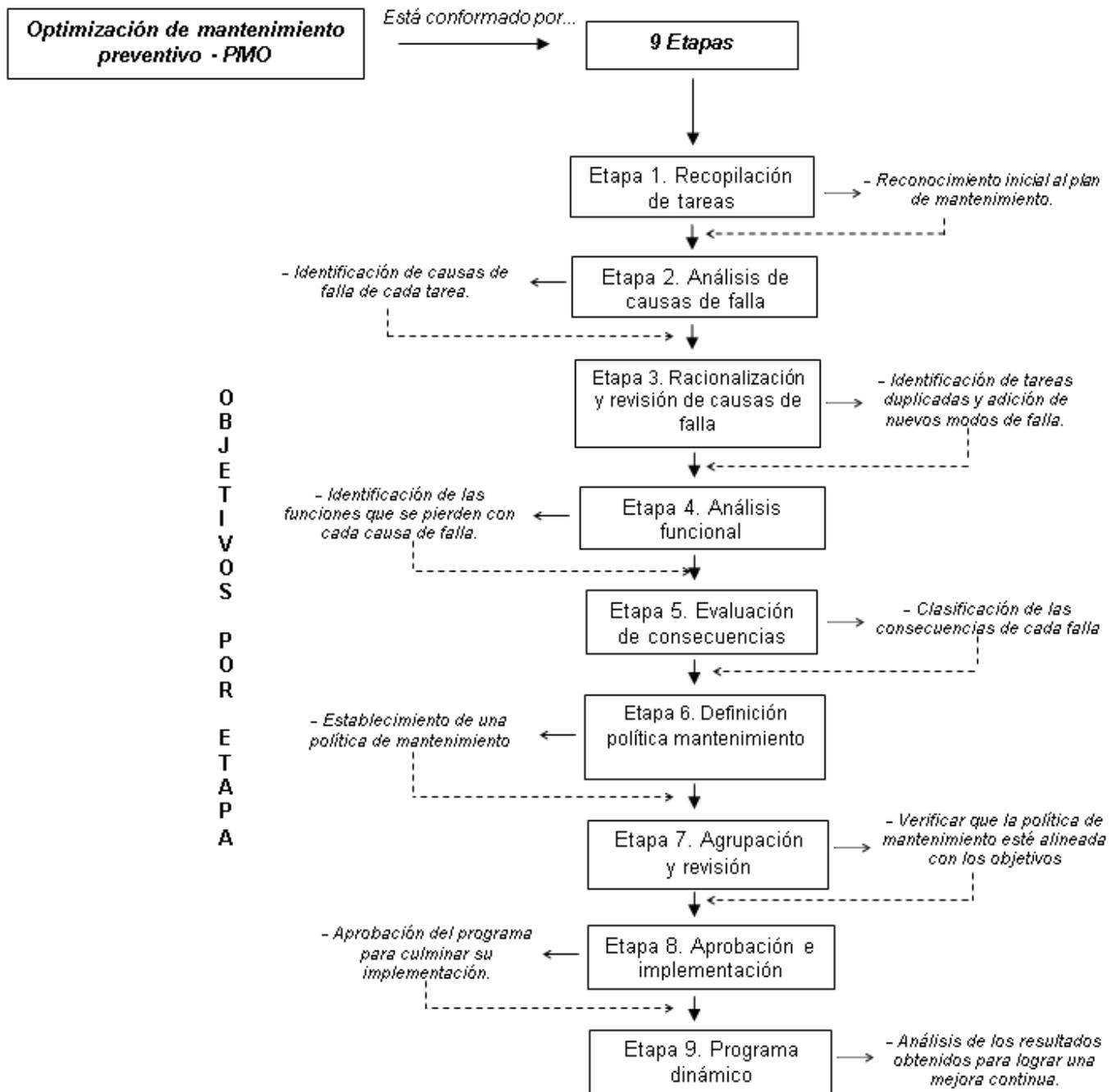
De acuerdo con Moubrey (2004), entre el 40% y 60% de las tareas de mantenimiento preventivo hacen muy poco por el desempeño de la planta, debido a que a través de estudios de PMO se ha descubierto:

- En los planes de mantenimiento existen tareas duplicadas
- Algunas tareas de los planes de mantenimiento se hacen muy frecuentemente y otras muy tardes
- Algunas tareas de los planes de mantenimiento no generan beneficios
- Algunas tareas de los planes de mantenimiento son intrusivas, cuando deberían ser basadas en condición.
- Se presentan muchas fallas costosas y fácilmente prevenibles

La optimización de mantenimiento preventivo se logra a través de nueve etapas, de las cuales, las tres primeras permiten realizar el diagnóstico al plan de mantenimiento del equipo; y las seis restantes están enfocadas a realizar el diseño de la propuesta de mejoramiento del plan de mantenimiento y su implementación. (Ballesteros, 2012).

En la figura 7, se muestra cada una de las etapas que componen la metodología, el orden secuencial en que deben ser implementadas y los objetivos de cada una de ellas, los cuales constituyen los datos iniciales para la ejecución de la siguiente fase.

Figura 7. Etapas del PMO



Fuente: Las autoras, basado en Turner, Steve (2002).

### 2.10.1 Etapa 1 - Recopilación de tareas.

La recopilación de tareas se enfoca en todas las tareas de mantenimiento que están siendo ejecutadas en los equipos, ya sean formales e informales; por lo tanto, el objetivo de esta etapa es realizar un reconocimiento inicial al plan de mantenimiento, mediante la identificación del número de actividades que lo conforman, sus frecuencias y los responsables de su ejecución (Turner, 2012).

La recopilación de tareas se realiza a partir de los datos encontrados en diversas fuentes de información como historial de fallas, experiencia técnica o manuales de fabricante, y se deben documentar en una base de datos con los siguientes campos, tal y como se muestra en la tabla 6.

- Tarea: Especificar todas la tareas o actividades que están siendo ejecutadas a los componentes y que están descritas en el plan de mantenimiento.
- Frecuencia: Especificar el intervalo de tiempo con el cual se ejecutan las tareas o actividades y que están descritas en el plan de mantenimiento.
- Responsable: Especificar los responsables de realizar las tareas o actividades que están siendo ejecutadas a los componentes y que se mencionan en el plan de mantenimiento.

Tabla 6. Base de datos para recopilar información

Tarea	Frecuencia	Responsable

Fuente: Turner, Steve (2002)

### 2.10.2 Etapa 2 - Análisis de causas de falla (FMA).

En esta etapa se debe elaborar una lista de causas de falla que están siendo atacadas por el plan de mantenimiento (Turner, 2012), pues el objetivo es identificar las causas que generan la falla de cada una de las tareas que conforman el plan de mantenimiento y que fueron identificadas en la fase anterior.

En este sentido, se debe tener en cuenta que una falla es un evento que genera la finalización de la capacidad de un equipo para realizar su función adecuadamente o para dejar de realizarla en su totalidad (AEC, 1990). Por lo tanto, al revisar las causas de falla se analizan las variables que evitan que se presente la falla.

Para documentar el análisis de causas de falla se agregan las causas de falla, con el fin de adicionar esta información a la base de datos generada en la etapa uno, tal y como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Base de datos análisis causas de falla

Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de Falla

Fuente: Turner, Steve (2002)

### 2.10.3 Etapa 3 - Racionalización y revisión de causas de falla.

Los objetivos de esta etapa son:

- Identificar las tareas duplicadas que conforman el plan de mantenimiento.
- Identificar nuevas causas de falla que deben conformar el plan de mantenimiento.

Por lo tanto, es necesario identificar las tareas duplicadas, lo cual se presenta cuando a la misma causa de falla se le aplican varias rutinas de mantenimiento preventivo por parte de las diferentes especialidades, de los operadores y de los especialistas de monitoreo (Turner, 2012).

También, se debe revisar el historial de fallas, la documentación técnica y consultar la experiencia del equipo de trabajo, de tal manera que se puedan encontrar las nuevas causas de falla (Turner, 2012).

Para lograr lo anterior, se debe consolidar la base de datos de la etapa dos bajo causas de fallas únicas, tal y como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Base de datos consolidada

Tarea	Frecuencia	Responsable	Agrupación de Causas de Falla

Fuente: Turner, Steve (2002)

#### 2.10.4 Etapa 4 - Análisis funcional.

La etapa cuatro es un paso opcional y únicamente debe aplicarse a aquellos equipos críticos o muy complejos y que requieren un entendimiento detallado de todas sus funciones (Turner, 2012); pues el objetivo principal de esta fase es identificar la función que se pierde con cada causa de falla.

Para documentar el análisis funcional, se especifica a la base de datos generada en la etapa tres dicha información, tal y como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Base de datos con análisis funcional

Tarea	Frecuencia	Responsable	Agrupación de Causa de Falla	Función

Fuente: Turner, Steve (2002)

#### 2.10.5 Etapa 5 - Evaluación de consecuencias.

En esta etapa se deben clasificar las fallas entre ocultas y evidentes, y para éstas últimas realizar un análisis de riesgos y consecuencias operacionales (Turner, 2012), pues el objetivo es priorizar las tareas del plan de mantenimiento.

La evaluación de consecuencias asigna un calificativo que es previamente estandarizado, evidente u oculto, y la consecuencia si la falla ocurre de manera inesperada, peligrosa u operacional, con el fin de poder estandarizar y manejar un cierto nivel de formalidad en control de la información, todo esto facilita que ocurra una priorización de tareas y se imponga un régimen jerárquico para la pronta y temprana intervención del equipo de la planta y crear un diagrama de decisión lógica (Ballesteros, 2012).

En este sentido, se debe tener en cuenta que una falla oculta es aquella que no puede ser detectada por el operador, bajo circunstancias normales; una falla evidente, es aquella que puede ser detectada por el operador, y se clasifica en tres categorías (Moubray, 2004):

- Seguridad y medio ambiente: Una causa de falla tiene consecuencias para la seguridad si causa daños que pudieran lesionar o matar a alguien; y tiene

consecuencias ambientales si causa una infracción de una normativa o reglamento ambiental conocido.

- Operacional: Son aquellas causas de falla que afectan el volumen de producción total, calidad del producto, servicio al cliente e incrementa el costo operacional sumando a este costo el costo directo de reparación.
- No operacional: Son aquellas causas de falla que afectan los costos directos de reparación.

Para documentar la evaluación de consecuencias, se especifica a la base de datos generada en la etapa cuatro dicha información, conformando así la tabla 10.

Tabla 10. Base de datos evaluación de consecuencias

Tarea	Frecuencia	Responsable	Agrupación de Causas de Falla	Función	Consecuencia

Fuente: Turner, Steve (2002)

#### 2.10.6 Etapa 6 - Definición de la política de mantenimiento.

En este paso cada causa de falla debe analizarse bajo los principios de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), pues esta metodología cuenta con una herramienta denominada diagrama de decisión que integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado, de tal manera que permite realizar análisis a profundidad de las causas de falla previamente identificadas en las etapas 1, 2, 3, 4 y 5 del PMO (Sexto, 2010).

Por lo tanto, el objetivo central de esta etapa es establecer una política de mantenimiento, que permita mitigar las causas de falla, haciendo evidente lo siguiente (Turner, 2012):

- Que tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa
- Qué tareas serían más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas
- Qué fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple
- Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida
- Qué fallas se deben eliminar con la ayuda de análisis de causa raíz

- Qué tareas serían más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa.

Para establecer la política de mantenimiento se cuentan las siguientes estrategias, las cuales son consideradas por el diagrama de decisión RCM:

1. Mantenimiento predictivo
2. Reemplazo o reparación programada - Mantenimiento preventivo
3. Llevar al equipo a un estado de falla- Mantenimiento correctivo

Estas estrategias se seleccionan teniendo en cuenta los siguientes aspectos (Moubray, 2004):

- Mantenimiento predictivo

- Algunos componentes dan señales de aviso cuando los equipos se encuentran en proceso de deterioro.
- Las tareas por condición usualmente no son intrusivas y pueden realizarse con el equipo en línea, maximizan la vida de los equipos, pueden ejecutarse independientemente del patrón de la falla, pueden evaluarse sin un historial de falla
- No se pueden usar para todas las fallas, sólo para aquellas que nos dan algún tipo de aviso.

- Mantenimiento preventivo

- Los intervalos de las tareas están basados en la vida útil de los componentes, en el cual la edad y el desgaste (fatiga, corrosión y oxidación) son razones primordiales para la toma de decisiones en el cambio o reparación de los equipos
- La mayoría de las fallas son aleatorias por naturaleza y no tienen solución en intervalos basados en el tiempo.

Por otra parte, cuando las fallas son ocultas la política de mantenimiento se basa en la estrategia de mantenimiento predictivo y análisis de fallas.

#### 2.10.7 Etapa 7 - Agrupación y Revisión.

Se agrupan las tareas de mantenimiento por responsables y frecuencias y se revisan los resultados del análisis, con el fin de cumplir con el objetivo central, que consiste en establecer los medios eficientes y efectivos para asegurar que la política de mantenimiento esté alineada con los objetivos de mantenimiento (Turner, 2012).

### 2.10.8 Etapa 8 - Aprobación e implementación

El objetivo de esta etapa es lograr la aprobación del personal indicado, identificar lo que se necesita para iniciar la implementación de las recomendaciones y completar el proceso (Turner, 2012).

### 2.10.9 Etapa 9 - Programa dinámico.

La finalidad de esta fase es analizar los resultados obtenidos con la implementación de las etapas anteriores y realizar los ajustes necesarios para lograr una mejora continua; es decir que se debe asegurar que el programa de mantenimiento que se ha revisado se complete a tiempo, revisar las fallas de los equipos y adoptar las herramientas de ingeniería de confiabilidad apropiadas para acelerar la tasa de mejoramiento (Turner, 2012).

### 2.11 Análisis crítico de la metodología PMO.

Como se ha mencionado anteriormente, el PMO es una metodología de revisión que permite realizar mejoras a programas de mantenimiento ya existentes de una forma efectiva; sin embargo, se observa cierto grado de complejidad porque la literatura no es lo suficientemente descriptiva en la explicación del cómo desarrollar los objetivos trazados en cada una de las etapas que conforman la metodología.

Un ejemplo de la situación mencionada, se presenta en la etapa recopilación de tareas, pues la bibliografía menciona las diversas fuentes de información (historia de fallas, experiencia técnica y manuales de fabricante), para la recolección de datos, pero no explica cómo utilizarlas y en qué momento; además, no existe una descripción clara sobre la manera de evaluar la frecuencia de las tareas para definir cuáles se realizan continuamente y cuáles muy tarde.

Además, en las etapas análisis de causas de falla y racionalización y revisión de causas de falla, no hay un detalle del cómo se pueden identificar y qué variables se deben tener en cuenta para definir cuándo se deben agregar nuevas causas de falla al plan de mantenimiento.

Por otra parte, las bases de datos que propone la literatura para las etapas 1, 2, 3, 4 y 5, no permiten identificar el componente sobre el cual se está aplicando la revisión, generando así, dificultades para la identificación de causas de falla y actividades repetitivas.

En cuanto a la etapa 6, el PMO propone utilizar los principios de RCM para definir una política de mantenimiento, sin embargo no presenta un modelo claro que describa el proceso mediante el cual se pueda asignar a una causa de falla un tipo

de mantenimiento (preventivo, predictivo o correctivo), a partir del comportamiento, características y tipos de falla que presenten los componentes del equipo.

Para las etapas 7 y 8 el autor no especifica las herramientas a utilizar, ni las actividades a desarrollar que faciliten la implementación de las nuevas estrategias definidas en la fase anterior.

Finalmente, en la etapa 9 la bibliografía no menciona los indicadores y los datos que se deben recopilar para medir la efectividad de las mejoras propuestas a lo largo de la ejecución de las etapas que conforman la metodología PMO.

Así, una vez descritas las nueve etapas de la metodología y a partir de los comentarios de las autoras, en el siguiente capítulo se desarrolla el diagnóstico del plan de mantenimiento, para lo cual se aplicarán las siguientes técnicas:

- Sumas ponderadas: Es un método de selección o priorización entre factores cualitativos que intervienen en un suceso, y permite seleccionar un factor o reducido conjunto de factores como prioritarios entre una lista amplia de los mismos, minimizando así, la subjetividad (Ikasketa, 2008).

Para aplicar este método es necesario (Ikasketa, 2008):

- Listar todos los factores o evaluar con una valoración u orden de prioridad previamente establecido.
- Luego cada persona debe evaluar cada factor.
- Construir una tabla, en cuyas columnas aparece el conjunto de factores a evaluar con su valoración, la calificación dada por cada persona y el resultado final, el cual se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

Figura 8. Fórmula sumas ponderadas

$$X = \frac{(n1 * P) + (nj * p)}{100}$$

X = Variable o factor a evaluar  
n = calificación dada por cada persona al factor  
p = valor de cada factor

Fuente: Ikasketa (2008)

- Si algún hecho de la lista ha conseguido al mismo tiempo la máxima calificación, este hecho es el que hay que seleccionar.

- Sesión de grupo: La sesión de grupo es el procedimiento de investigación cualitativa más importante, que consiste en una entrevista de forma no estructurada y natural que un moderador capacitado realiza a un grupo pequeño grupo. El principal propósito de esta técnica es obtener información al escuchar un grupo de personas apropiadas hablar sobre un tema de interés para el investigador (Malhotra, 2008).

Se debe tener en cuenta que esta técnica es utilizada en cualquier situación que requiere cierta información y conocimientos preliminares, pues permite (Hair, 2006):

- Obtener amplia información e ideas que las respuestas individuales obtenidas de manera privada.
- Los participantes expresen sus ideas y expongan sus conocimientos.
- Flexibilidad en los temas que se abarcan.
- Recopilar y analizar los datos relativamente rápido.
- Surjan ideas de manera inesperada en un grupo que una entrevista individual.

- Listas de chequeo: Las listas de chequeo son un listado de preguntas en forma de cuestionario que permite verificar el grado de cumplimiento de determinadas reglas establecidas. El uso de estas listas está generalizado en rubros muy diversos que van desde verificar y determinar el potencial de mercado extranjeros hasta medir la confiabilidad y seguridad de equipos, maquinas, sistemas informáticos, así como también la verificación de un plan de mantenimiento. (Bichachi, 2012)

Según Bichachi (2012), uno de los formatos más prácticos y fáciles de usar son aquellos diseñados en forma de cuadro, que permiten un llenado rápido de los distintos casilleros, de acuerdo a lo que se verifique en la regla en cuestión. Se pueden contestar SI o NO. Algunas de las claves de éxito de una lista, en cuanto a aceptación e incorporación para su uso, es que se caractericen por:

- Quien deba responderla la entienda fácilmente.
- Que no requiera mucho tiempo el llenar el formulario.
- Que quien debe leer las respuestas, también lo pueda hacer de una manera rápida y clara.

### CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

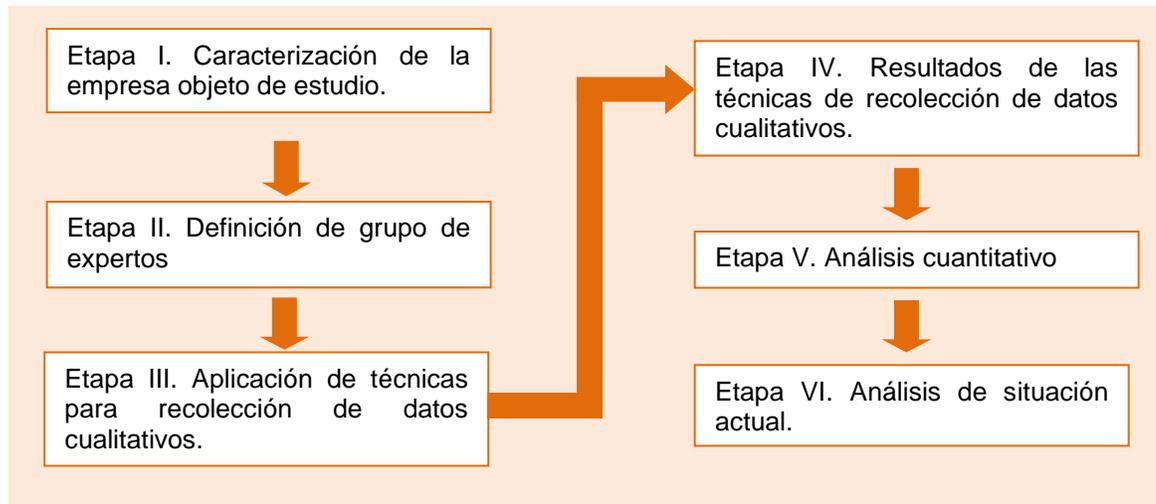
En este capítulo se presenta el resultado del diagnóstico realizado al plan de mantenimiento (PM), mediante la definición de un modelo que permite realizar una descripción de las técnicas utilizadas, los resultados obtenidos y la identificación de las causas del problema.

#### 3.1 Modelo de diagnóstico.

Para realizar el diagnóstico al plan de mantenimiento de Alicar SA Planta Caloto, se utiliza un procedimiento que señala cada uno de los pasos a seguir para alcanzar una descripción clara del objeto de estudio, de tal manera que se puedan tomar cursos de acción de acuerdo a los resultados encontrados durante el análisis.

En la figura 9, se exponen los elementos que conforman el modelo de diagnóstico, los cuales se desarrollarán a lo largo de este capítulo, con el fin de identificar las causas del problema y diseñar una propuesta de mejoramiento sobre el plan de mantenimiento.

Figura 9. Modelo de diagnóstico



Fuente: La autoras, basado en Garza, González, Pérez, Delgado (2012)

#### **Etapa I. Caracterización de la empresa.**

El Grupo Nutricar S.A es una sociedad Colombiana especializada en inversiones en empresas de alimentos en la región Andina, Centro América, Estados Unidos y

el Caribe; participa en seis negocios bajo los cuales se agrupan más de 41 empresas: cárnico, galletas, chocolates, café, helados y pastas. Su operación comercial está respaldada por redes de distribución propias en Colombia y en el exterior.

Esta organización se consolidó en el año 2008 con la fusión de las siguientes empresas de alimentos, las cuales conforman el negocio cárnico en Colombia: Alicar Planta Barranquilla, Alicar Planta Bogotá, ZU SA y Alicar Planta Caloto; por política de la Compañía, estas plantas se especializaron en proceso de fabricación por líneas de producción y cuentan con la más alta tecnología.

Alicar S.A Planta Caloto, es una compañía que pertenece a la división de negocio cárnico del Grupo Nutricar S.A, por ello a continuación se expone su misión, visión, estructura organizacional y política de gestión.

#### *Misión.*

La misión de nuestra empresa es la creciente creación de valor, logrando un destacado retorno de las inversiones, superior al costo del capital empleado.

En nuestro negocio de alimentos buscamos siempre la mejor calidad de vida del consumidor y el progreso de nuestra gente. Buscamos el crecimiento rentable con marcas líderes, servicio superior y una excelente distribución nacional e internacional.

Gestionamos nuestras actividades comprometidos con el desarrollo sostenible, con el mejor talento humano; innovación sobresaliente y un comportamiento corporativo ejemplar.

#### *Política integral de gestión.*

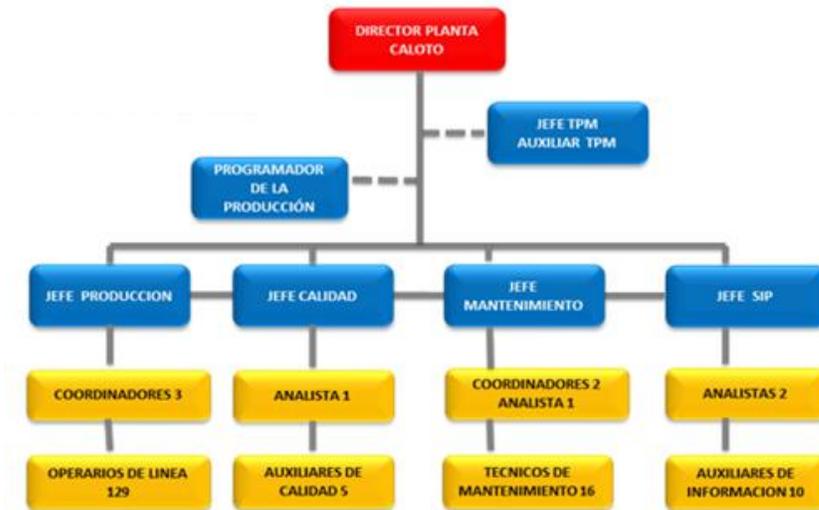
Nuestra responsabilidad es alimentar y deleitar a nuestros consumidores, con soluciones alimenticias convenientes, que brinden nutrición, placer y confianza.

Enmarcados en el sistema integral de gestión, continuamente mejoramos el desempeño de nuestros procesos con ambientes de trabajo seguros, la inocuidad, el uso eficiente de los recursos y la reducción de los impactos ambientales negativos asociados con nuestra actividad.

Promovemos el desarrollo integral de nuestra gente, el trabajo como equipo y la innovación. Nuestros esfuerzos están dirigidos a responder a la confianza que los consumidores tienen en nuestros productos y nuestras marcas, impulsar el bienestar de nuestra gente y el desarrollo sostenible con énfasis en el cuidado del medio ambiente.

Es nuestro deber garantizar el cumplimiento de los requisitos legales, así como la búsqueda de la creciente generación de valor del Negocio Cárnico que asegure su competitividad en el presente y futuro.

### Organigrama de Alicar S.As



Fuente: Política interna de la compañía Alicar S.A.

### Área de mantenimiento

La misión del área de mantenimiento es lograr la efectividad en todos los procesos de la planta, mediante una gestión eficiente y eficaz de recursos de los recursos.

Este departamento está conformado por el jefe de mantenimiento, dos coordinadores y nueve técnicos.

### Etapa II. Definición de grupo de expertos.

Inicialmente se conformaron dos grupos de trabajo, el grupo 1 es de tipo estratégico y el grupo 2 es de tipo operativo, con el fin de contraponer sus opiniones y dar mayor validez a los datos encontrados.

El grupo 1 fue conformado por: jefe de planta, jefe de mantenimiento, dos coordinadores y analista, con el objetivo de evaluar y diagnosticar el estado actual del plan mantenimiento desde una perspectiva estratégica para lograr una mejor comprensión del proceso de mantenimiento de la compañía.

El grupo 2 fue conformado por los nueve técnicos del área, con el objetivo de identificar desde una perspectiva técnica cómo se ejecuta el plan de mantenimiento.

### **Etapa III. Aplicación de técnicas para la recolección de datos cualitativos.**

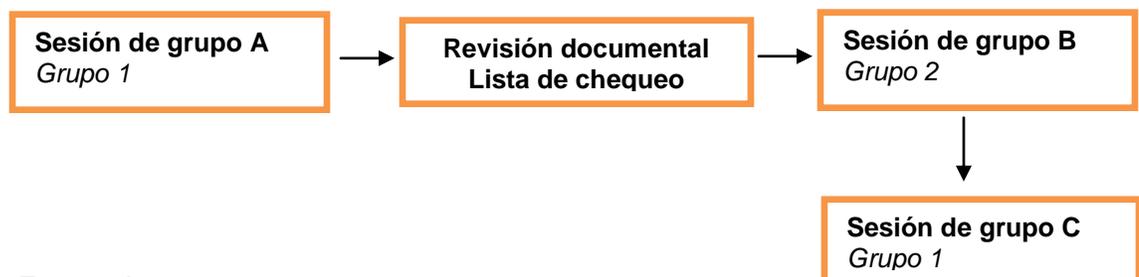
Tras la finalidad de valorar cualitativamente el estado actual del plan de mantenimiento, se aplicaron las siguientes técnicas:

- **Sesiones de grupo:** Se realizaron tres sesiones de grupo lideradas por las autoras, en dos momentos específicos durante la recolección de datos, la primera se realizó con el grupo estratégico, con el fin de llevar a cabo una lluvia de ideas. La segunda y tercera se desarrolló con el grupo operativo y estratégico, con el objetivo de contraponer las decisiones y opiniones de dichos expertos, y dar así mayor validez a los datos obtenidos hasta ese momento.
- **Revisión documental:** La revisión documental se realizó mediante la aplicación de una lista de chequeo, cuyo objetivo era identificar las variables de mayor criticidad del plan de mantenimiento, de tal manera que se pudieran definir los aspectos a evaluar en la segunda y tercera sesión de grupo.

Al aplicar la lista de chequeo fue necesario consultar: los manuales de fabricante, órdenes de trabajo, políticas corporativas, históricos de cumplimiento, procedimientos, programas de gestión de recursos, indicadores y el plan de mantenimiento.

A continuación, se presenta una descripción de cada una de las técnicas utilizadas, de acuerdo a la figura 11, la cual evidencia el orden en el cual se desarrollaron dichos métodos, así como los participantes de los mismos.

Figura 11. Modelo para la aplicación de sesiones de grupo y listas de chequeo



Fuente: La autoras.

### - Sesión de grupo A.

Una vez seleccionado el grupo 1, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas, con el fin de identificar las causas que generan un impacto sobre los costos de mantenimiento, dichos resultados se muestran en el anexo 1. Esta actividad fue desarrollada durante tres horas aproximadamente con el jefe de planta, jefe de mantenimiento, los dos coordinadores y analista.

### - Revisión documental: Lista de chequeo.

A partir de los resultados obtenidos en la lluvia de ideas, se diseñó la lista de chequeo, la cual puede encontrarse en el anexo 5, con el fin de diagnosticar cada una de los aspectos propuestos por el grupo estratégico, pues dichos factores coinciden con los planteamientos de Raouf (2004) y Magallón (2011), quienes definen bajo las variables método, frecuencias/tiempos, asignación de recursos, mano de obra y costos, los componentes de un plan de mantenimiento.

No obstante, la variable costos por ser dependiente de las demás, no es incluida en la lista de chequeo, pues el objetivo de utilizar esta técnica es identificar el nivel de cumplimiento de cada uno de los aspectos que conforman el plan y que impactan sobre los costos del mantenimiento. Por lo tanto, en la medida que se logra identificar el comportamiento de las demás variables, será posible conocer la causa que genera una variación sobre los costos del proceso.

En la tabla 11, se describe el objetivo de evaluación de cada una de las variables, tomando como punto de partida las definiciones dadas por la literatura.

Tabla 11. Objetivo de evaluación por variable.

Variable	Objetivo
Método	Verificar si las actividades están definidas de forma clara, de manera que facilitan tanto su ejecución, como la ubicación de las partes sobre las cuales se debe realizar el mantenimiento. Igualmente, busca identificar si el PM tiene definido un tiempo de revisión y actualización de las actividades, de tal forma que se pueda evaluar permanentemente su pertinencia y calidad.
Asignación de recursos	Conocer la planeación de los recursos (partes, materiales y herramientas especializadas) para la ejecución de las actividades del PM.
Mano de obra	Verificar si el personal de mantenimiento cuenta con un programa permanente de capacitación para asegurar que cuenten con las habilidades necesarias para realizar un plan de mantenimiento eficaz.
Frecuencias/ tiempos	Evaluar si las tareas del PM cuenta con tiempos y frecuencias establecidos para su ejecución, si son adecuados y si se actualizan permanentemente.

La lista de chequeo se llevó a cabo mediante una revisión documental y con la ayuda de uno de los nueve técnicos del área, con quién fue posible constatar la información encontrada en los registros, y de esta forma tener una mayor claridad sobre los datos encontrados.

Para la evaluación de esta técnica, se promedió el número de afirmaciones que se cumplen y no se cumplen de cada uno de los ítems revisados, para identificar los aspectos de mayor criticidad y sobre los cuales se debe profundizar el análisis.

#### **- Sesión de grupo B**

Una vez identificadas las variables de mayor criticidad y con mayor impacto sobre los costos de mantenimiento, se llevó a cabo una sesión de grupo con los técnicos del área, con el fin de realizar un análisis a profundidad y desde una perspectiva operacional de las variables críticas identificadas previamente a través de la lista de chequeo.

La sesión de grupo se desarrolló durante dos horas, tiempo en el cual los nueve técnicos expresaron su opinión y aportaron su experiencia para definir el porqué del comportamiento de las variables estudiadas, de tal manera que se logró comprobar la información obtenida con la aplicación de la lista de chequeo.

#### **- Sesión de grupo C.**

Posteriormente, el grupo 2 fue reunido por segunda vez por un tiempo de dos horas, para encontrar el porqué del comportamiento de las variables críticas pero desde una perspectiva estratégica, de tal manera que fuera posible desarrollar un paralelo entre la información dada por este grupo de trabajo y los técnicos, garantizando así una coherencia en los datos encontrados.

### **Etapa IV. Resultados de las técnicas de recolección de datos cualitativos.**

A continuación se evidencian los resultados obtenidos en cada una de las técnicas aplicadas, de acuerdo al orden en el cual fueron desarrolladas.

#### **- Sesión de grupo A**

Mediante la realización de esta sesión de grupo, el grupo estratégico mencionó 37 causas asociadas a la situación planteada, las cuales se relacionaron bajo conceptos análogos que se sintetizan en los siguientes aspectos: método, asignación de recursos, mano de obra, frecuencias/tiempo.

Por otra parte, este grupo estableció un orden de importancia a cada uno de los factores propuestos definiendo para cada uno de ellos un valor porcentual que

representa el impacto que tiene sobre los costos del proceso de mantenimiento. Estos resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Priorización de variables.

<b>Variable</b>	<b>Valoración</b>
Método	45%
Frecuencias/tiempos	30%
Asignación de recursos	15%
Mano de obra	10%

**- Revisión documental: Lista de chequeo.**

La aplicación de la lista de chequeo y los resultados obtenidos se describen a continuación por cada variable evaluada:

Variable: Método.

Para revisar cada una de las condiciones contempladas en la variable método, se consultó el módulo PM del sistema de información SAP, el catálogo de ficha técnica del equipo, hoja de vida del equipo, el sistema de información de maquinaria de mantenimiento y los registros del aplicativo SGC conexión - política y flujo de mantenimiento.

En la figura 11, se muestran los aspectos evaluados en esta variable, así como el resultado obtenido.

Figura 11. Lista de chequeo con variable método

Método		Cumple	No cumple	Observaciones				
1	Se cuentan con registros para la identificación de los equipos, a través de un sistema de códigos, los cuales deben indicar la ubicación, tipo y número de la máquina.	X						
2	Existen registros de las instalaciones que contienen: número de identificación, ubicación, tipo de máquina, fabricante, fecha de fabricación, especificaciones, tamaño y dimensionamiento	X						
3	Se utiliza un sistema de órdenes de trabajo para organizar, autorizar el trabajo, preparar y controlar lo realizado.	X						
4	Se ordenan las órdenes de trabajo por prioridad.		X					
5	Existen documentos con la descripción del procedimiento para cada una de las tareas del plan de mantenimiento, indicando el número de identificación del equipo, número de referencia, tipo de técnicos y procedimiento de seguridad a seguir.		X	No existen procedimientos o instructivos para desarrollar el plan de mantenimiento				
6	Se desarrollan estándares de trabajo para garantizar una uniformidad en la ejecución del plan de mantenimiento.		X	Los técnicos desarrollan las actividades de acuerdo a su experiencia.				
7	Se realizan inspecciones de las acciones y procedimientos.		X					
8	Se actualizan las normas de seguridad de mantenimiento.	X						
9	Se actualizan los documentos, procedimientos de mantenimiento.		X	No existen procedimientos o instructivos para desarrollar el plan de mantenimiento				
10	Se desarrollan los procedimientos de mantenimiento a nuevos equipos.		X					
11	Se realizan inspecciones de las acciones que se ejecutan para determinar si el personal respeta las actividades de los planes de mantenimiento.		X					
12	Existe una metodología para actualizar las actividades de los planes de mantenimiento		X					
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: right;">% Condiciones cumplen</td> <td style="text-align: right;"><b>33%</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">% Condiciones no cumplen</td> <td style="text-align: right;"><b>67%</b></td> </tr> </table>	% Condiciones cumplen	<b>33%</b>	% Condiciones no cumplen	<b>67%</b>
% Condiciones cumplen	<b>33%</b>							
% Condiciones no cumplen	<b>67%</b>							

Fuente: Las autoras, basadas en Raoff (2004), García (2006).

Durante la evaluación se encontró que el 67% de las condiciones de esta variable no se cumplen, debido a:

- No existen procedimientos y estándares de trabajo para la ejecución del plan de mantenimiento, por lo tanto, no hay uniformidad en la ejecución de las actividades y no es posible controlarlas.
- Las tareas del plan están desactualizadas, pues no existe una metodología de trabajo que permita y garantice la revisión periódica de las actividades del plan, de tal manera que se pueda determinar su pertinencia.
- A pesar que se cuenta con un sistema de órdenes de trabajo, las cuales contienen información vital sobre las actividades como: fechas de ejecución, tiempo de ejecución, frecuencias, nombre del equipo y prioridad; éstas no son ordenadas de acuerdo a su nivel de importancia, pues el campo destinado para tal fin no es diligenciado.

Claro está, que el 33% de las condiciones se cumplen, gracias a:

- Existen normas de seguridad que respaldan cada una de las actividades a desarrollar, sin embargo, éstas no se relacionan directamente en el plan de mantenimiento.
- Se cuentan con registros donde para identificar los equipos, su ubicación, fecha de fabricación fabricante y especificaciones de la máquina.

Variable: Asignación de recursos.

Al evaluar las condiciones contempladas en la variable asignación de recursos, se consultó el módulo PM del sistema de información SAP, el sistema de información de maquinaria y registros del aplicativo SGC conexión – política y flujos de mantenimiento.

En la figura 12, se muestran los aspectos evaluados en esta variable, así como el resultado obtenido.

Figura 12. Lista de chequeo con la variable asignación de recursos

Asignación de recursos		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El plan de mantenimiento especifica las herramientas especiales y materiales necesarios para la ejecución de las tareas.		X	La herramientas especiales y materiales que se utilizan son definidas por lo técnicos según su experiencia.	
2	Durante la planeación del mantenimiento, se determinan los materiales necesarios para todo tipo de trabajo de mantenimiento.		X	Los materiales son definidas por lo técnicos según su experiencia, en el momento de ejecutar el mantenimiento.	
3	Durante la planeación del mantenimiento, se determinan las herramientas necesarios para todo tipo de trabajo de mantenimiento.	X			
4	Se cuentan con materiales y herramientas en cantidades suficientes	X			
5	Existen políticas para el control de materiales y herramientas.	X			
6	Se establece un programa para la custodia de las herramientas.	X			
7	Se analizan las demoras en la ejecución del plan de mantenimiento por falta de disponibilidad de piezas.	X			
8	Se revisan y actualizan las políticas de mantenimiento.	X			
<b>Total</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	<b>75%</b>
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	<b>25%</b>

Fuente: Las autoras, basadas en Raoff (2004), García (2006).

En este caso se encontró que el 25% de las condiciones no se cumplen, debido a:

- El plan de mantenimiento no especifica los materiales especiales para la ejecución de las tareas; pues, en el cronograma de actividades del sistema

de información de la maquinaria, no existe una especificación sobre los recursos requeridos para el desarrollo de cada una de las tareas.

- Aunque, en el cronograma de actividades del sistema de información de la maquinaria, se establecen las herramientas básicas a utilizar en cada una de las actividades, éstas no se relacionan directamente al plan de mantenimiento.

Variable: Mano de obra

Al evaluar las condiciones contempladas en la variable mano de obra, se consultó el cronograma de capacitaciones, publicado por el área de educación y entrenamiento de la Compañía versión EE012, actas de encuestas de clima laboral, aplicativo evaluación de desempeño y actas de grupos primarios, a través los cuales fue posible evidenciar que este aspecto se cumple en un 100%, pues el área de mantenimiento:

- Cuenta con un programa de capacitación anual.
- Cada año desarrolla un estudio de clima laboral para valorar la motivación del recurso humano.

En la figura 13, se muestran los aspectos evaluados en esta variable, así como el resultado obtenido.

Figura 13. Lista de chequeo con la variable mano de obra

Mano de obra		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El área de mantenimiento cuenta con programa de capacitación anual para mejorar y actualizar el conocimiento de los técnicos.	X			
2	Se realiza una encuesta para evaluar el estado de ánimo de los empleados.	X			
3	Existe un ambiente de trabajo seguro y limpio.	X			
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>0</b>	% Condiciones cumplen	<b>100%</b>
				% Condiciones no cumplen	<b>0%</b>

Fuente: Las autoras, basadas en Raoff (2004), García (2006).

Variable: Frecuencia y tiempos.

Para revisar cada una de las condiciones contempladas en la variable frecuencias y tiempos, se consultaron los módulos PM y órdenes de trabajo del sistema de información SAP, registros de mantenimiento, hojas de ruta maquinaria y registros del aplicativo SGC conexión – política y flujos de mantenimiento, lo cual permitió encontrar que esta variable se cumple en un 33%, debido a:

- No se utilizan técnicas de medición directa para la determinación de los estándares de tiempo.
- No existe un proceso de actualización periódico para la revisión de frecuencias y tiempos.

Sin embargo, se debe mencionar que esta variable se cumple en un 67% porque el plan de mantenimiento incluye las frecuencias de cada tarea, se utilizan técnicas de medición indirecta para la determinación de los estándares y las actividades se desarrollan en el tiempo indicado, pues las órdenes de trabajo se cumplen en un 95%.

En la figura 14, se muestran los aspectos evaluados en esta variable, así como el resultado obtenido.

Figura 14. Lista de chequeo con la variable frecuencias y tiempos

Frecuencias y tiempos		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El plan de mantenimiento incluye las frecuencias de cada tarea.	X			
2	Existen estándares de tiempo para la realización de tareas de mantenimiento.	X			
3	Se utilizan técnicas de medición directa para la determinación de estándares de tiempo.		X		
4	Se utilizan técnicas de medición indirecta para la determinación de estándares de tiempo.	X			
5	Las tareas del plan de mantenimiento se realizan en el tiempo planeado.	X			
6	Las frecuencias y tiempos definidos para cada tarea del plan de mantenimiento se evalúan periódicamente.		X	No existe un proceso de actualización periódico para la revisión de frecuencias y tiempos.	
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	<b>67%</b>
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	<b>33%</b>

Fuente: Las autoras, basadas en Raoff (2004), García (2006).

A partir de los datos obtenidos en cada uno de los ítems evaluados, y tomando la escala de valoración porcentual establecida previamente en la lluvia de ideas por el grupo estratégico, se encontró que los aspectos de mayor criticidad son método y frecuencias/tiempos, pues se encuentran en un nivel de incumplimiento del 30% y 10% respectivamente, lo cual se evidencia en la tabla 13.

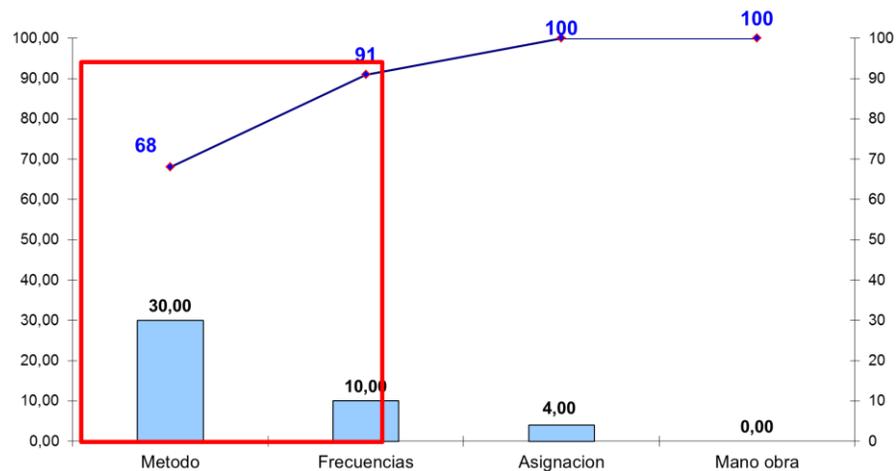
Tabla 13. Cálculo del cumplimiento de las variables según escala de valoración.

Variable	Resultados lista de chequeo		Escala de valoración	% cumplimiento real	% incumplimiento real
	% condiciones cumplen	% condiciones sin cumplir			
Método	33%	67%	45%	15%	30%
Frecuencias /tiempos	67%	33%	30%	20%	10%
Asignación recursos	75%	25%	15%	11%	4%
Mano de obra	100%	0%	10%	10%	0%
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>	<b>56%</b>	<b>44%</b>

Fuente: Las autoras

A partir de la tabla anterior, se observa que a pesar de presentarse un 56% de cumplimiento de las variables que componen el plan de mantenimiento, existe un 44% que presenta debilidades, del cual el 91%, tal y como se muestra en la gráfica 6, se concentra en las variables método y frecuencias/tiempos, motivo por el cual se profundizará el análisis sobre ellas, con el fin de identificar las causas precisas que generan una variación sobre los costos de mantenimiento.

Gráfica 6. Pareto porcentaje de incumplimiento real de las variables



Fuente: Las autoras

Se debe tener en cuenta que, aunque en la gráfica anterior el principio de Pareto no se cumple, las variables método y frecuencias presentan una mayor criticidad, por lo tanto es necesario realizar un análisis a profundidad sobre este

comportamiento, mediante sesiones de grupo con los técnicos y jefes del área, quienes suministrarán una información exacta sobre los resultados encontrados.

### **- Sesión de grupo B y Sesión de grupo C.**

La información obtenida en las sesiones de grupo B y C, se enfocan en las variables de mayor criticidad.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por variable, mediante un comparativo entre la respuesta dada por el grupo 1 y grupo 2.

#### Variable Método

Durante el desarrollo de la sesión de grupo, los técnicos opinaron que el plan de mantenimiento no refleja la realidad de las actividades que se desarrollan, ya que las tareas no están debidamente ordenadas, igualmente no especifica los sistemas y componentes sobre las cuales se debe ejecutar las actividades y no detalla los procedimientos de seguridad con el cual se debe ejecutar cada labor.

Por otra parte, el personal considera que las actividades del plan de mantenimiento presentan una debilidad en su estructura semántica, pues no son lo suficientemente claras y explícitas y por lo tanto hay subjetividad en su interpretación.

Lo anterior, se sustenta con la información suministrada por el jefe de planta, jefe de mantenimiento, coordinadores y analistas, quienes opinaron que el plan de mantenimiento no refleja la realidad de las actividades, debido a que el plan no está actualizado, no hay una secuencia de actividades ordenadas, algunas de ellas no aplican por modificaciones que se han realizado al equipo y no se detallan los sistemas y componentes del mismo.

Además, expresaron que el plan de mantenimiento no refleja la realidad de las actividades que se ejecutan, debido a que se está presentando un porcentaje de mantenimiento correctivo programado. Adicionalmente, afirmaron que no existe un estándar de ejecución para el desarrollo de las actividades del plan, motivo por el cual no se cuenta con un procedimiento de seguridad relacionado a las actividades del plan.

Finalmente, se encontró que los técnicos seleccionan basados en su experiencia las herramientas especializadas a utilizar en la ejecución de las actividades del plan, pues no existe un estándar que describa de forma clara en qué momento utilizar cada herramienta.

### Variable Frecuencias/métodos

En este caso, los técnicos afirmaron que los tiempos de ejecución no están acordes con lo planeado, lo cual fue constatado por el grupo estratégico, quienes aclararon que esta situación se debe a:

- ✓ No está actualizado el plan de mantenimiento.
- ✓ No se revisan los estándares de tiempo de cada una de las actividades.
- ✓ Existen errores en los tiempos establecidos para cada actividad.

### Etapa V. Análisis cuantitativo

Para desarrollar el análisis cuantitativo, se revisó el índice de nivel de mantenimiento, el plan de mantenimiento, las órdenes de trabajo y los indicadores de averías y confiabilidad de la máquina Tiromat VA 430, con el fin de identificar el comportamiento de las causas de las variables de mayor criticidad discutidas durante las sesiones de grupo y listas de chequeo.

Este análisis cuantitativo, se realizó de la siguiente forma:

- Se calculó el porcentaje de cada tipo de mantenimiento ejecutado entre los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, para compararlo con el comportamiento de clase mundial recomendado por Murillo (2013) y el cual corresponde al indicador denominado índice de nivel de mantenimiento.
- Se revisó el plan de mantenimiento del equipo, para realizar un reconocimiento inicial sobre su composición.
- Se revisaron 300 órdenes de trabajo correspondientes a los mantenimientos de mayor ejecución durante los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, logrando así identificar los sistemas de mayor criticidad.
- Se revisaron las 29 averías generadas entre los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013 del equipo para identificar su comportamiento en términos de falla, los sistemas y componentes de mayor falla.
- Se calculó la confiabilidad del equipo a partir de las averías y el tiempo entre fallas (MTBF), con el fin de identificar el porcentaje de seguridad con el cual cuenta el equipo para mantener su condición básica.

A continuación, se presentan los datos encontrados durante el análisis cuantitativo.

### Índice nivel de mantenimiento empacadora Tiromat 4 VA 430

En este caso se consultaron 429 órdenes de trabajo para identificar los tipos de mantenimiento ejecutados entre los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013.

Posteriormente, se hizo una comparación de los datos con la definición dada por Murillo (2013) sobre los niveles adecuados de tipos de mantenimiento, y se encontró que la empacadora presenta un 23% de mantenimiento preventivo, un 70% de mantenimiento correctivo programado y un 7% de mantenimiento correctivo (tabla 14).

Tabla 14. Índice nivel de mantenimiento de la Empacadora Tiromat VA 430 entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013.

Tipo de Mantenimiento	Cantidad Ordenes	Porcentaje actual	Clase Mundial	Diferencia
M. Preventivo	100	23%	Mayor al 85%	62%
M. Correctivo Programado	300	70%	Menor al 15%	-55%
M. Correctivo	29	7%	Menor al 15%	8%
Total	429	100%		

Fuente: Las autoras, basado en Murillo (2013)

En la tabla 12, se observa que existe una desviación de los mantenimientos preventivo y correctivo programado, con relación al comportamiento ideal, pues encuentra que el mantenimiento correctivo programado está un 55% por encima del nivel recomendado y el mantenimiento preventivo está un 62% por debajo del estándar, por lo tanto, es necesario revisar las órdenes de trabajo de cada uno de estos mantenimientos para identificar a qué se debe esta variación.

### Plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430

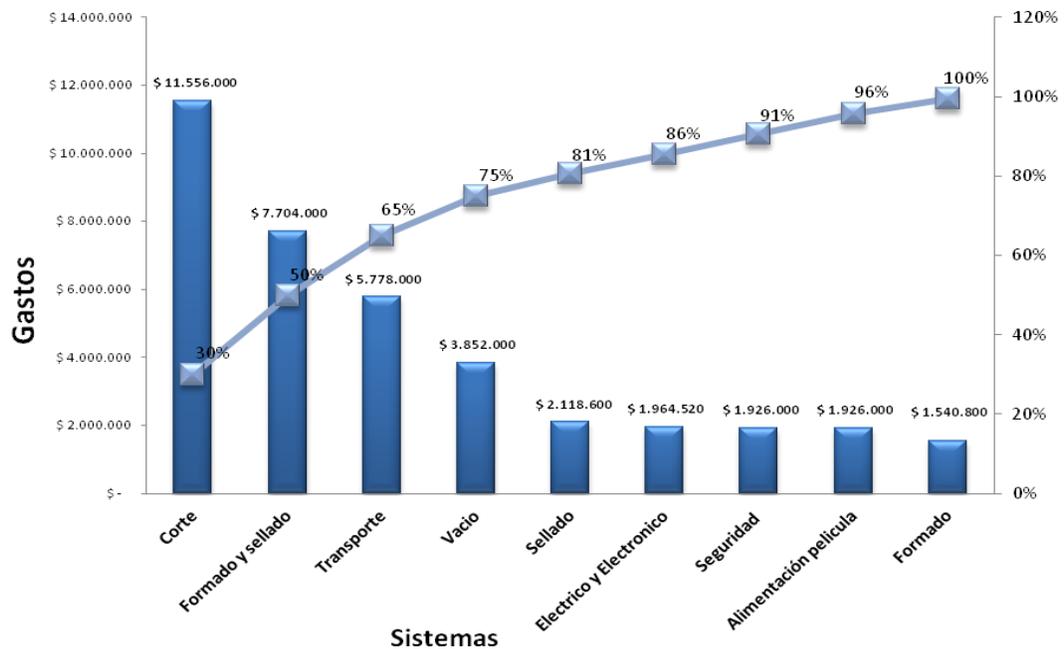
Se llevó a cabo una revisión del plan de mantenimiento en su forma y contenido, el cual se encuentra en el anexo 6 y se logró encontrar que este equipo posee:

- Un total de 92 tareas, de las cuales el 20% debe ejecutarse de manera semanal, el 40% mensual, el 10% trimestral, el 15% semestral, el 5% anual y 10% cada 2 y 5 años.
- Los responsables de la ejecución de las actividades del plan se clasifican por especialidad, en este sentido existen 51 tareas mecánicas, 22 eléctricas, 17 de lubricación y 2 electrónicas,

- 55 actividades repetidas, que no previenen ningún fallo o pertenecen a componentes que no existen en la máquina, lo cual representa un 59% del plan de mantenimiento.
- Además, los sistemas de corte, eléctrico, electrónico y de seguridad presentan el mayor número de actividades sobre componentes que no existen en el equipo.

Por otra parte, se revisaron las 100 órdenes de trabajo del mantenimiento preventivo de los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013 y se encontró que su ejecución generó un costo de \$38.520.000, los cuales se concentran en los sistemas de corte, formado y sellado y transporte con un 30%, 20% Y 15% respectivamente (gráfica 7).

Gráfica 7. Gastos de mantenimiento preventivo por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre 2013.



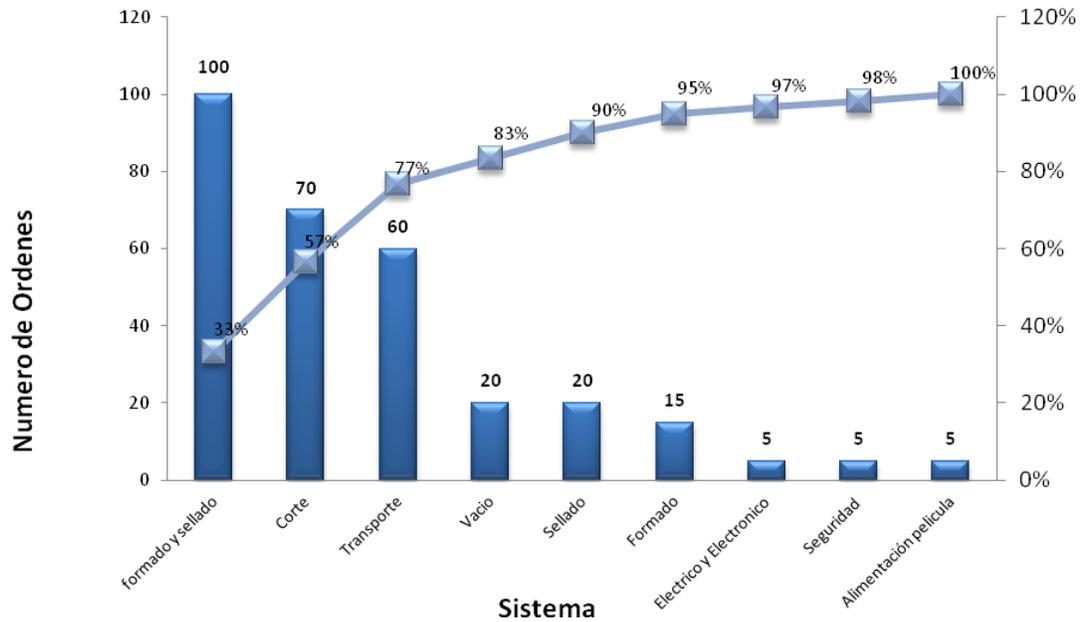
Fuente: Las autoras

### Órdenes de trabajo del mantenimiento correctivo programado de la empacadora Tiromat VA 430.

Se revisaron las 300 órdenes de trabajo generadas en los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013 de los mantenimientos correctivo programado, y se

encontró que el 70% de las órdenes se concentran en los sistemas de corte, formado y sellado y transporte (gráfica 8).

Gráfica 8. Número de órdenes mantenimiento correctivo programado por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013.

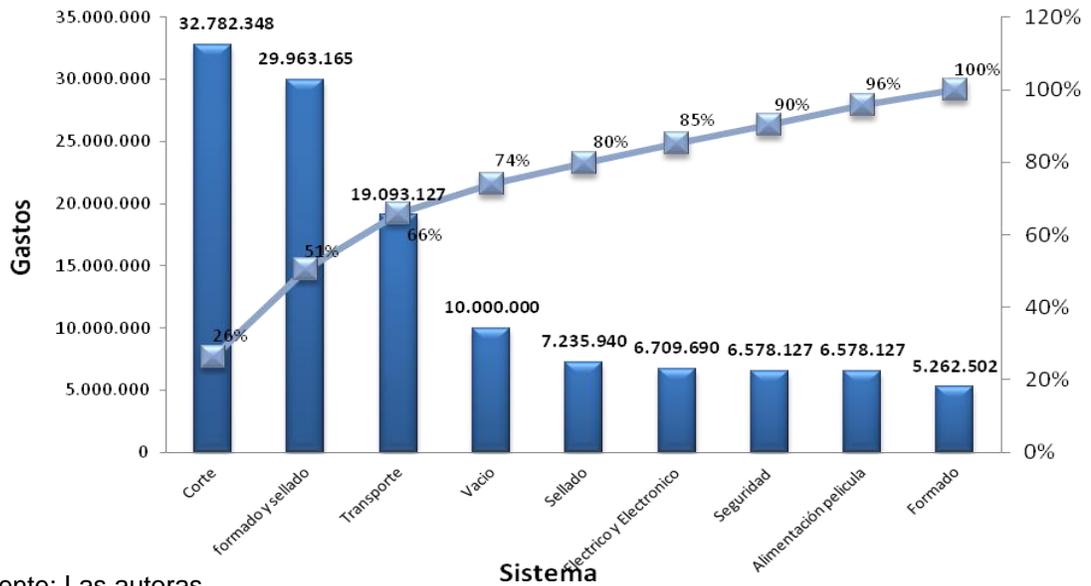


Fuente: Las autoras

Por lo tanto, se vio necesidad de revisar las tareas asociadas a cada uno de los sistemas mencionados; y se encontraron 24 actividades, las cuales deben revisarse bajo las variables método y frecuencias para evaluar su pertinencia. Dichas actividades se encuentran en el anexo 6, en los números 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 44, 55, 56, 57, 76, 81, 82, 83, 84, 85.

Debido a este comportamiento, se verificó la columna costos de las órdenes de trabajo y se evidenció que el 66% de los costos por mantenimiento correctivo programado se encuentran en los sistemas ya mencionados (gráfica 9).

Gráfica 9. Gastos de Mantenimiento correctivo programado por sistema entre los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013.



Fuente: Las autoras

A partir de este comportamiento, se vio la necesidad de revisar las averías del equipo, con el fin de identificar si existe alguna relación entre el comportamiento del mantenimiento preventivo, correctivo programado y correctivo.

Averías de la empacadora Tiromat VA 430.

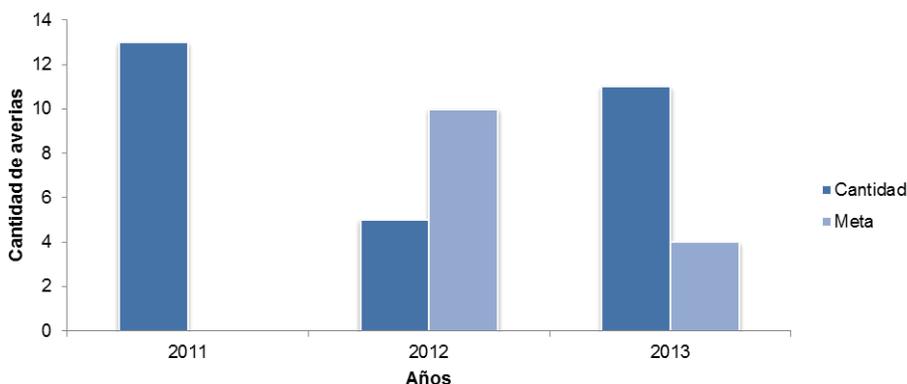
Al revisar el histórico de averías de los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, el cual se encuentra en el anexo 7, se evidenció que:

- En el año 2011 se generaron 13 averías, de las cuales 7 fueron del sistema de sellado y formado, 2 del sistema de corte, 2 del sistema de impresión, 1 del sistema de seguridad y 1 del sistema de transporte.

Se debe mencionar que durante este año, no se estableció una meta para este indicador.

- En el año 2012 se presentaron 5 averías, de las cuales 3 fueron del sistema de corte y 2 del sistema de transporte.
- En el primer semestre del año 2013 se presentaron 11 averías, de las cuales 6 fueron del sistema de formado y sellado, 4 del sistema de transporte, 1 del sistema de vacío (gráfico 10).

Gráfica 10. Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre de 2013

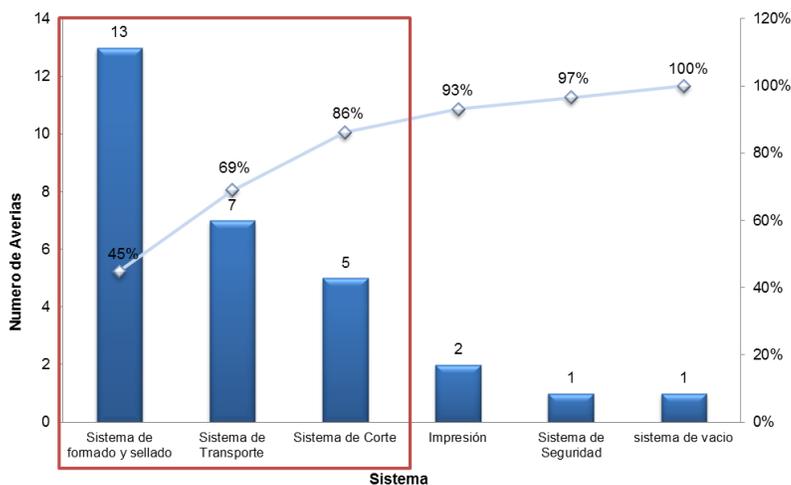


Fuente: Las autoras

A partir lo anterior se encontró que las averías en el 2012 disminuyeron en un 62% respecto al 2011, mientras que en el 2013 éstas se incrementaron en un 63% respecto al año 2012.

Además, se evidenció que el sistema de mayor falla es el sistema de formado y sellado con un 45%, seguido del sistema de transporte con un 24% y el sistema de corte con un 17% (gráfica 11).

Gráfica 11. Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013

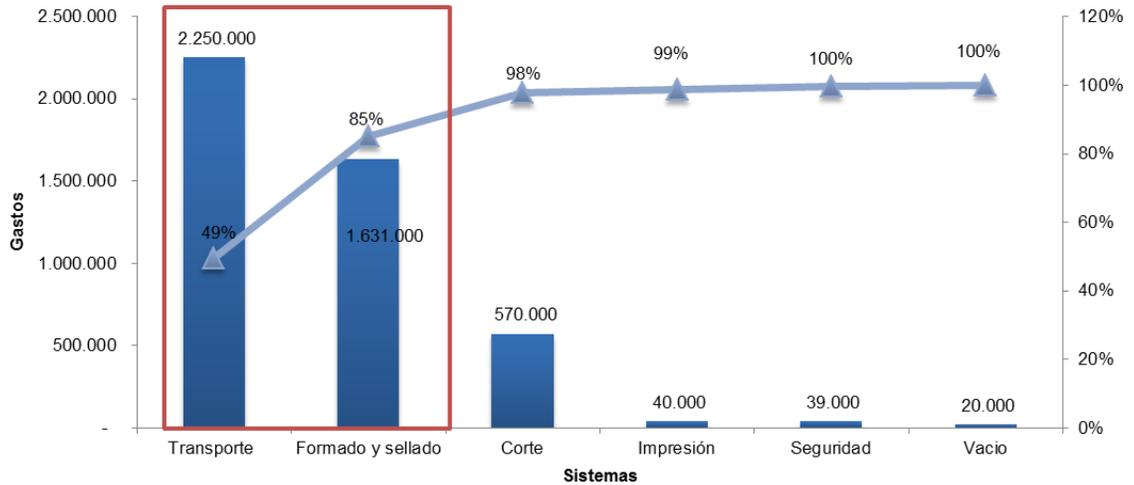


Fuente: Las autoras

Aunque en la gráfica anterior no se cumple el principio de Pareto, se observa que los sistemas que presentan mayor número de averías son: formado y sellado, transporte y corte. Sin embargo, al revisar los gastos de las averías del equipo, se

encuentra que el 85% de ellos se concentra en los sistemas transporte, formado y sellado (gráfica 12).

Gráfica 12. Averías de la empacadora Tiromat VA 430 en los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013



Fuente: Las autoras

Debido al comportamiento anterior, se revisó nuevamente el histórico de averías, y se encontró que el 71% de las averías del sistema de transporte se encuentran en el componente cadena transportadora de película y el 85% de las averías del sistema de formado y sellado se concentran en los componentes cadenas de las herramientas, planchas de formado y sellado y moldes de sellados.

Además, existen 14 las tareas asociadas a cada uno de los sistemas mencionados, las cuales deben revisarse bajo las variables método y frecuencias para evaluar su pertinencia. Dichas actividades se encuentran en el anexo 6, en los números 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 44.

Teniendo en cuenta lo anterior, se revisó el indicador de confiabilidad de la máquina para identificar la probabilidad de que ocurra una falla en un intervalo de tiempo.

### Confiabilidad de la empacadora Tiromat VA 430

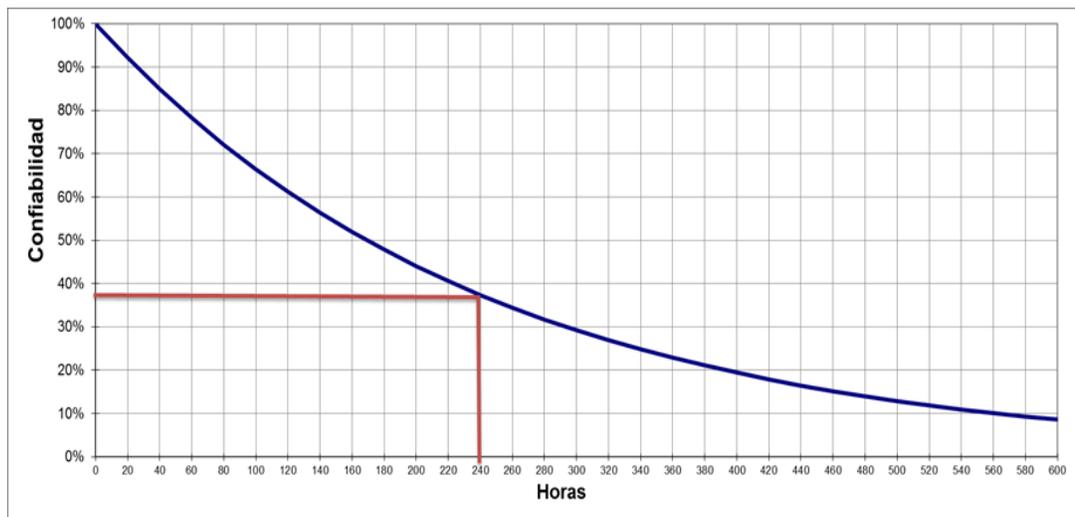
Actualmente, en el área de mantenimiento no se mide la confiabilidad de los equipos, por lo tanto, fue necesario calcular este indicador a partir del histórico de averías del equipo y del tiempo entre fallos (MTBF) para los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, de la siguiente manera:

- Se estimó el tiempo de entre fallos (MTBF) entre los años 2011, 2012 y primer semestre del año 2013, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Tiempo operativo en horas}}{\text{Número de averías}} \quad \Rightarrow \quad \frac{6967 \text{ horas}}{29 \text{ averías}} = 240 \text{ horas}$$

- Se realizó gráfica de confiabilidad, fijando sobre el eje x el valor encontrado del MTBF, en este caso 240 horas.
- Se proyectó sobre eje y, el valor encontrado del MTBF, con el fin de determinar el porcentaje de confiabilidad del equipo (grafica 13).

Gráfica 13. Confiabilidad de la Empacadora Tiromat VA 430 entre los años 2011, 2012 y 2013



Fuente: Las autoras

A partir de la gráfica 20, se concluye que con un MTBF de 240 horas, la confiabilidad del equipo es del 37%, es decir en un intervalo de 240 horas, el equipo tiene una probabilidad de fallo del 63%.

En este sentido se observa, que el indicador de confiabilidad no cumple con el estándar de clase mundial determinado por Murillo (2013), quien menciona que éste indicador debe oscilar entre el 90% y 100%.

### **Etapas VI. Análisis de la situación actual.**

A partir de los resultados obtenidos con las listas de chequeo y sesiones de grupo, se encontró que el plan de mantenimiento de la compañía presenta una debilidad debido a que no tiene definido un método y procedimiento para ejecutar cada una

de las actividades, las tareas no están actualizadas al igual que sus estándares de tiempo y procedimientos.

La no actualización de las actividades y los tiempos del plan de mantenimiento repercute en la generación de tareas que no están contempladas en el plan de mantenimiento y que conllevan a la ejecución de un tipo de mantenimiento no deseado, pues tal y como se encontró en la empacadora Tiromat VA 430, el 70% de las órdenes de trabajo de los años 2011, 2012 y primer semestre del 2013, se generaron por la ejecución de mantenimiento correctivo programado y tan solo se realizó el 23% por mantenimiento preventivo.

Por esta razón, el 79% del presupuesto del mantenimiento preventivo fue utilizado para cubrir las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo programado, generando así una variación sobre los costos del proceso, los cuales se concentran en los sistemas de corte, formado y sellado y transporte con un valor de \$ 81.838.640.

La debilidad en el plan de mantenimiento repercute no solo en los costos, sino también en la confiabilidad de los equipos, pues en el caso de la empacadora Tiromat VA 430, se encontró que su probabilidad de fallo es del 63% y no cumple con el estándar, el cual debe estar entre un 90% y 100%; sin embargo, para garantizar este comportamiento, es necesario contar con un plan de mantenimiento lo suficientemente pertinente para responder a las necesidades de las máquinas, evitando ordenes de trabajo no planificadas y la generación de averías, que conllevan a costos adicionales que consumen el recurso financiero presupuestado para garantizar la ejecución del plan.

A partir de los resultados obtenidos con el diagnóstico, en el siguiente capítulo se realiza el procedimiento para el mejoramiento del plan de mantenimiento.

## **CAPITULO IV. DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO**

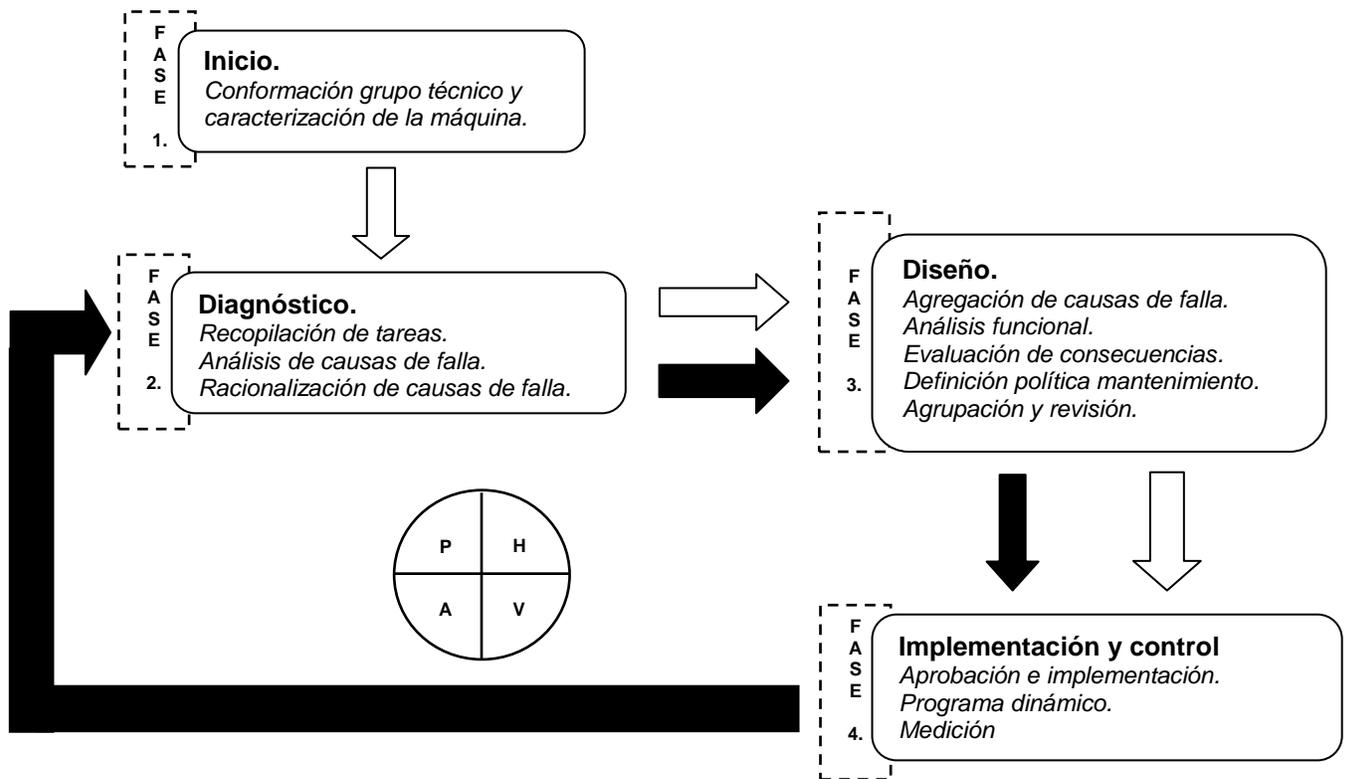
En este capítulo se presenta el modelo y el procedimiento de mejora para el plan de mantenimiento basado en los principios del PMO, a través de cuatro fases: inicio, diagnóstico, diseño e implementación, las cuales permitirán establecer un ciclo de control sobre el proceso de mantenimiento de la empresa; pues en la literatura no existe una descripción para la implementación de metodologías que permitan la evaluación y/o reestructuración de planes de mantenimiento.

Por lo tanto, este modelo se caracteriza por brindar los siguientes aportes:

- Creación de un grupo de técnico conformado por niveles de mando intermedio y alto del área de mantenimiento, con el fin definir los objetivos del estudio y definir los indicadores que permitirán ejercer un control sobre el mismo.
- Proponer la utilización de la metodología PMO para la evaluación y/o reestructuración de los planes de mantenimiento.
- Proponer el diseño de un formato para la consolidación del plan de mantenimiento.
- Proponer la utilización de técnicas de medición directa de tiempos para las actividades del plan de mantenimiento.
- Integrar las herramientas de decisión de la metodología RCM para la definición de la política de mantenimiento de cada una de las actividades.

El esquema del modelo propuesto se muestra en la figura 15.

Figura 15. Modelo de la propuesta de mejoramiento



Fuente: Las autoras, basado en Turner (2004) y Arias (2008)

A partir de la figura 16, se observa que este modelo constituye un proceso de mejora donde cada una de las fases sigue inmediatamente a otra y con ello define la formación de un sistema que requiere premisas, objetivos, entradas y salidas, las cuales se especifican a continuación.

#### Premisas.

Para el desarrollo y aplicación de este procedimiento se requiere:

- ✓ El área de mantenimiento debe tener definidas sus estrategias y objetivos.
- ✓ Sensibilización del personal de los diferentes niveles a participar en la solución del problema.
- ✓ Conformación de un grupo técnico que logre la aplicación y garantice la continuidad del procedimiento.

#### Objetivos.

Este procedimiento tiene como objetivo:

- ✓ Evaluar y/o reestructurar los planes de mantenimiento, para establecer un nivel adecuado de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento correctivo programado.

#### Entradas.

Las entradas al procedimiento que deben considerarse son:

- ✓ Documentación técnica, la cual debe estar constituida por: plan de mantenimiento, manuales de fabricante de los equipos, historial de fallas y órdenes de trabajo de mantenimiento y producción.
- ✓ Indicadores con los cuales será posible medir y controlar el plan de mantenimiento.

#### Salidas.

El procedimiento genera las siguientes salidas:

- ✓ Definición del plan de mantenimiento del equipo.
- ✓ Nivel de los indicadores propuestos para medir y controlar el plan de mantenimiento.

Para la aplicación de este modelo se propone un procedimiento, conformado por las siguientes fases:

- ✓ Fase 1. Caracterización de la(s) máquina(s) y conformación grupo técnico.
- ✓ Fase 2. Diagnóstico del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s).
- ✓ Fase 3. Diseño del plan de mantenimiento la(s) máquina(s)
- ✓ Fase 4. Implementación y control del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s)

Además, este procedimiento está soportado en la norma OSHA 1910.147 de seguridad, bloqueo, etiquetado de equipos que se encuentra en el anexo 8, y en la metodología de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO).

Para ser desarrollado, se diseñaron los siguientes formatos y el instructivo PL001, los cuales se encuentran en los anexos 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

- Formato D001 - Recopilación de tareas del plan de mantenimiento: Mediante la utilización de este formato se realiza un reconocimiento al plan actual de mantenimiento, mediante la identificación del número de tareas, los sistemas, subsistemas, componentes, frecuencias, responsables, causas de falla que previene y consecuencias de las mismas.
- Formato D002 - Recopilación de tareas del plan de mantenimiento que no previenen ningún fallo: A través de este formato se consolidan y cuantifican

las tareas del plan actual de mantenimiento que no tienen asociada ninguna causa de falla.

- Formato D003 – Recopilación de tareas repetidas del plan de mantenimiento: Con este formato se identifican las tareas repetidas del plan actual de mantenimiento.
- Instructivo PL001 – Definición del plan de mantenimiento: El objetivo de este instructivo es describir los pasos que se deben desarrollar para la definición del plan de mantenimiento.
- Formato D004 – Definición del tipo de mantenimiento: A través de este formato se identifica el tipo de mantenimiento a aplicar a cada tarea, de acuerdo al resultado obtenido en el diagrama de decisión, que se explica en el instructivo PL001.
- Formato PM001 - Plan de mantenimiento: En este formato se consolidan las nuevas tareas que conforman el plan de mantenimiento, estableciendo para cada una de ellas, el sistema, subsistema, componente, frecuencias, responsable, tipo de mantenimiento, tipo de tarea y costo.

A continuación, se detallan cada una de las fases del procedimiento propuesto:

#### **4.1 Fase 1. Conformación de grupo de expertos y caracterización de la(s) máquina(s).**

La fase inicial permite conformar el grupo técnico y recopilar los datos sobre el funcionamiento, sistemas y nivel de ocupación de los equipos sobre los cuales se implementará el procedimiento.

Para lograr estos objetivos es necesario:

- Conformar un grupo de expertos para el diagnóstico y la implementación del procedimiento: Este grupo se divide en dos, el primero de ellos es de tipo estratégico y el segundo de tipo operativo.

El grupo estratégico lo conforman la gerencia y mandos intermedios de la empresa, pues son quienes pueden garantizar el cumplimiento de las decisiones que se tomen a partir de la implementación de este procedimiento.

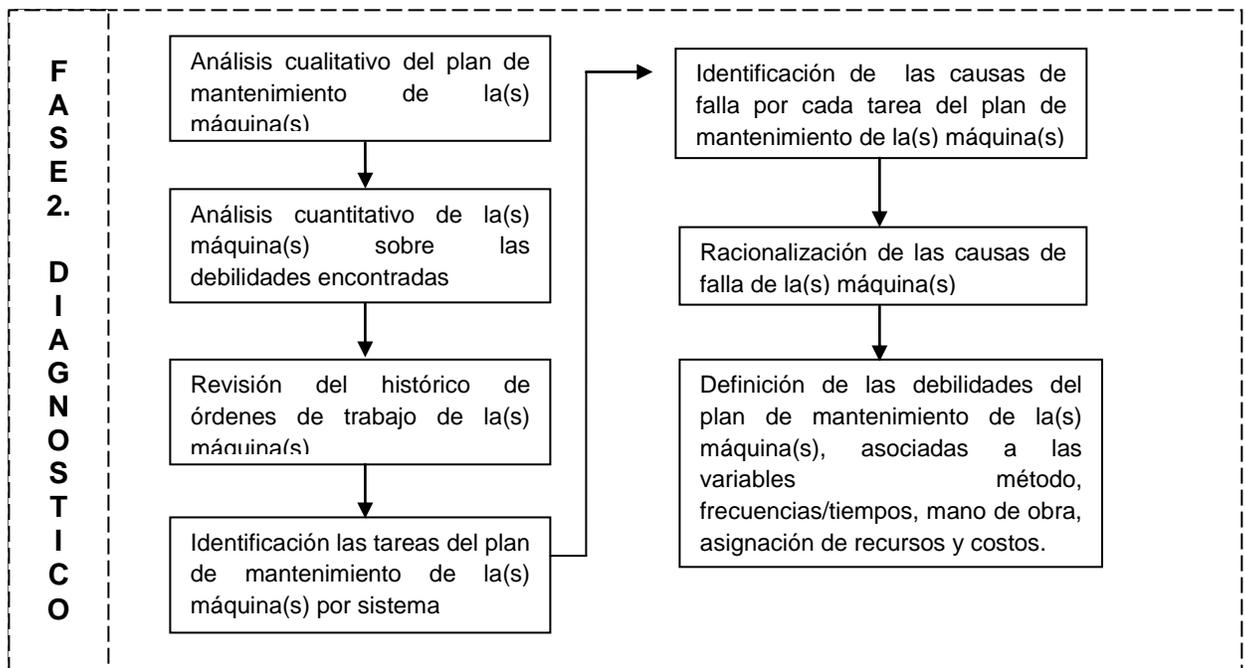
El grupo operativo lo conforman los técnicos de la empresa, quienes a partir de su experiencia y conocimiento pueden aportar información valiosa durante la implementación del procedimiento.

- Asignar a un integrante del grupo técnico como responsable de la implementación y control del procedimiento.
- Verificar el cumplimiento de las premisas establecidas, en caso que no se cumplan, la gerencia debe comprometerse con la implementación de los resultados que se obtengan con este procedimiento.
- Realizar la caracterización de la(s) máquina(s) : Esto incluye:
  - Consultar los manuales de fabricante, órdenes de trabajo y órdenes de producción de la(s) máquina del último año para extraer la siguiente información: sistemas de la(s) máquina, nivel de ocupación de la(s) máquina, plano general del equipo y plano de los sistemas del equipo.
  - Realizar un informe con la caracterización de la(s) máquina(s), detallando: su funcionamiento, sistemas, especificaciones técnicas, plano general y de los sistemas y nivel de ocupación.

#### 4.2 Fase 2. Diagnóstico del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s).

Para la fase diagnóstico se propone el siguiente esquema:

Figura 17. Pasos de la fase de diagnóstico.



Fuente: Las autoras

La fase diagnóstica tiene como objetivo identificar las debilidades del plan de mantenimiento asociadas a las variables método, frecuencias/tiempos, mano de obra, asignación de recursos y costos, generando así el insumo para diseñar el nuevo plan de mantenimiento en la Fase 3.

Para garantizar el cumplimiento de estos objetivos, es necesario que el responsable asignado por el grupo técnico:

- Realice un análisis cualitativo de la(s) máquina(s) para identificar las debilidades y fortalezas del plan de mantenimiento entorno a las variables método, frecuencias/tiempos, mano de obra y asignación de recursos. Esto incluye:
  - Grupo de expertos definido en la Fase 1.
  - Utilización de técnicas cualitativas como listas de chequeo, sesiones de grupo o entrevistas, para contraponer las opiniones de cada uno de los participantes y se logre identificar la debilidad del plan desde el punto de vista de todo el equipo del área.
- Realice un análisis cuantitativo de la(s) máquina(s) sobre las debilidades encontradas, para identificar cuál es su impacto sobre el proceso de mantenimiento. Esto incluye:
  - Medir el comportamiento de los siguientes indicadores: índice de nivel de mantenimiento, averías y confiabilidad.
  - Utilizar gráficos de barras y/o pareto para mostrar el comportamiento de los indicadores mencionados.
- Revise el histórico de órdenes de trabajo de la(s) máquina(s) por tipo de mantenimiento e identifique las consecuencias que están relacionadas con las debilidades establecidas en el análisis cualitativo.
- Identifique las tareas del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s) por sistema. Esto incluye:
  - Consultar el plan de mantenimiento y recopilar las tareas en el formato D001, especificando para cada una de ellas: el sistema, subsistema, componente, frecuencia y responsable.
- Identifique las causas de falla por cada tarea relacionada en el plan de mantenimiento. Esto incluye:

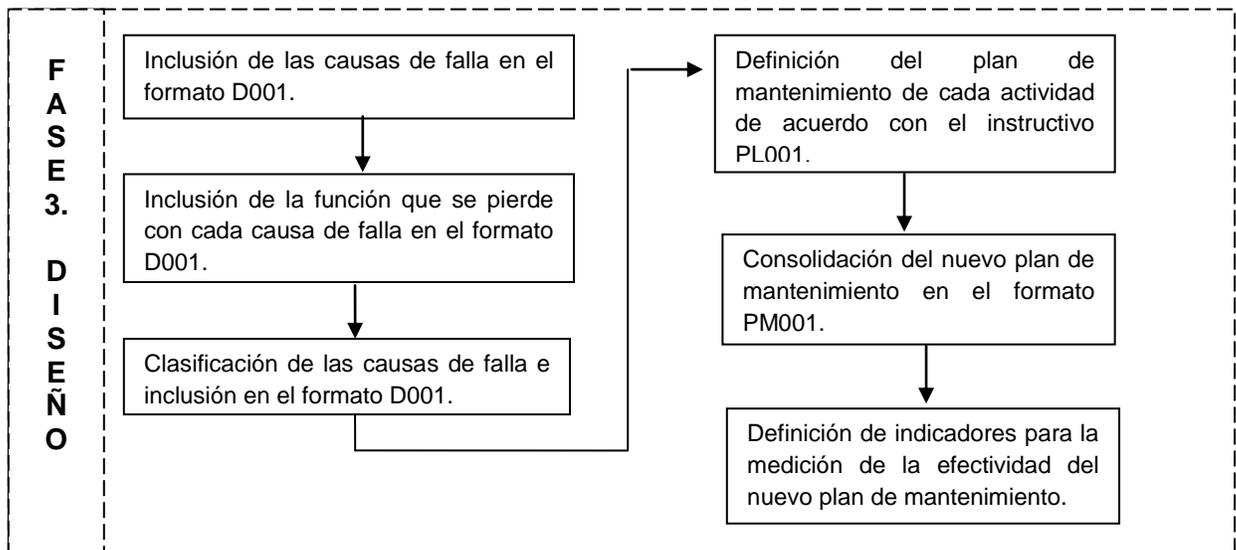
- Identificar las tareas del formato D001 que tengan relacionadas dos o más componentes
- Agrupar las tareas recopiladas en el formato D001 por sistema y subsistema.
- Consultar los manuales de fabricante y experiencia técnica para identificar la causa de falla que está siendo atacada en cada tarea consignada en el formato D001.
- Consignar la causa de falla de la tarea en el campo: causa de falla del formato D001.
- Racionalice las causas de falla.  
Esto incluye:
  - Identificar y excluir las causas de falla de las actividades consignadas en el formato D001 que no prevengan ningún fallo o que corresponden a componentes de la máquina que ya no existen.
  - Consignar las actividades que no previenen ningún fallo o que corresponden a componentes que no existen, en el formato D002, detallando: sistema, subsistema, componente, tarea y responsable.
  - Agrupar las actividades del formato D001 por sistema y componente.
  - Identificar las actividades del formato D001 que tengan el mismo componente y que tengan asociada la misma causa de falla.
  - Excluir las actividades que tengan el mismo componente y que tengan asociada la misma causa de falla y la consigna en el formato D003.
- Define cuál es el estado actual del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s) objeto de estudio entorno a las variables método, frecuencias/tiempos, mano de obra, asignación de recursos y costos.  
Esto incluye:
  - Establecer las debilidades del plan de mantenimiento encontradas durante el análisis cualitativo y cuantitativo.
  - Analizar los datos recopilados en los formatos D001, D002 y D003, para evidenciar la calidad de las actividades que conforman el plan, mostrando en gráfico de barra las tareas que no agregan valor y las actividades repetidas.

Una vez se logra identificar el estado actual del proceso de mantenimiento de la(s) máquina(s), se continúa con la fase de diseño.

### 4.3 Fase 3. Diseño del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s).

Para la fase de diseño se propone el siguiente esquema:

Figura 18. Pasos de la fase de diseño.



Fuente: Las autoras

La fase de diseño tiene como objetivo definir el nuevo plan de mantenimiento de la(s) máquina(s) objeto de estudio, así como la definición de los indicadores que permitirán medir la efectividad, tomando como punto de partida los datos obtenidos en la fase diagnóstica.

Para definir el nuevo plan de mantenimiento, es necesario que el responsable asignado por el grupo técnico:

- Agregue las causas de falla en el formato D001 obtenido en la fase diagnóstica, diligenciando los siguientes campos: sistema, subsistema, componente y causa de falla.
- Identifique con la ayuda de los manuales de fabricante, la función de la máquina que se pierde con cada causa de falla consignada en el formato D001.

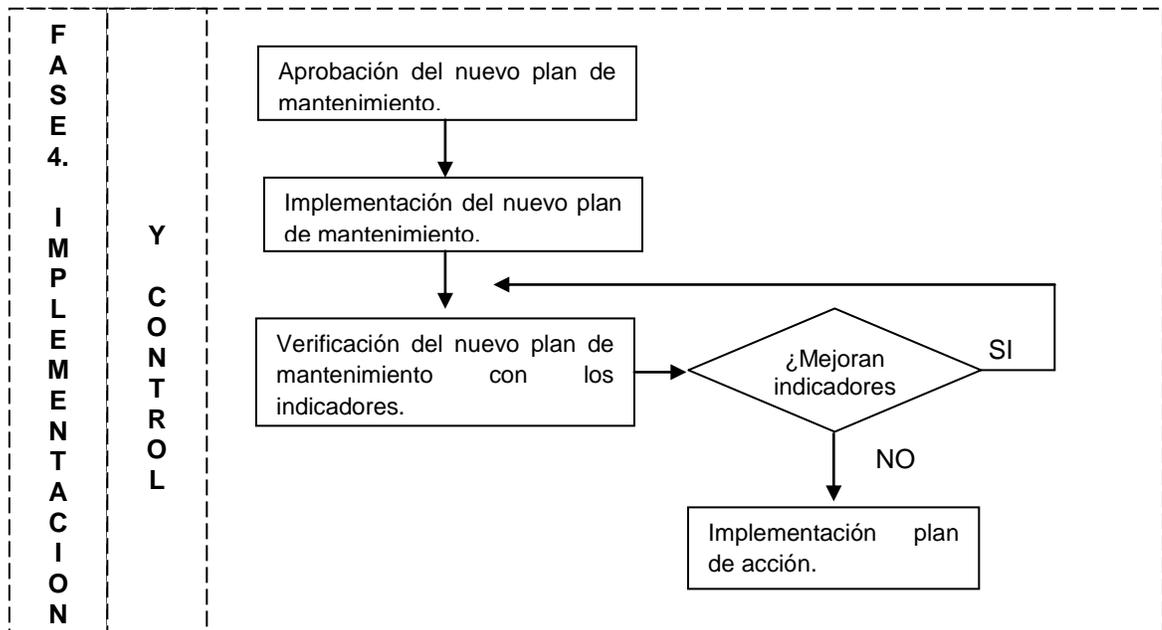
- Registre la función que se pierde con cada causa de falla en el campo: Función, del formato D001.
- Clasifique con ayuda de la experiencia técnica, cada una de las causas de falla del formato D001 en: evidente, oculta, operacional, no operacional, seguridad o medio ambiente.
- Defina el plan de mantenimiento de cada una de las tareas registradas en el formato D001, con el instructivo PL001 (anexo 12).
- Consolida el nuevo plan de mantenimiento obtenido con el instructivo PL001 (anexo 12) en el formato PM001, detallando: sistema, subsistema, componente, tarea, frecuencia, tiempo, tipo de mantenimiento, responsable y costo.
- Defina los indicadores para medir la efectividad del nuevo plan de mantenimiento, teniendo en cuenta la debilidad encontrada en la Fase de diagnóstico.

Una vez se logra establecer el nuevo plan de mantenimiento y definir los indicadores para la medición se continúa con la fase de implementación.

#### 4.4 Fase 4. Implementación y control del plan de mantenimiento de la(s) máquina(s).

Para la fase implementación y control se propone el siguiente esquema:

Figura 18. Pasos de la fase de implementación y control



Esta fase tiene como objetivo implementar un programa de mejora continua, para verificar y controlar la pertinencia del nuevo plan de mantenimiento a partir de los indicadores definidos en la fase de diseño.

Para el cumplimiento del objetivo de esta fase, es necesario que el responsable asignado por el grupo técnico:

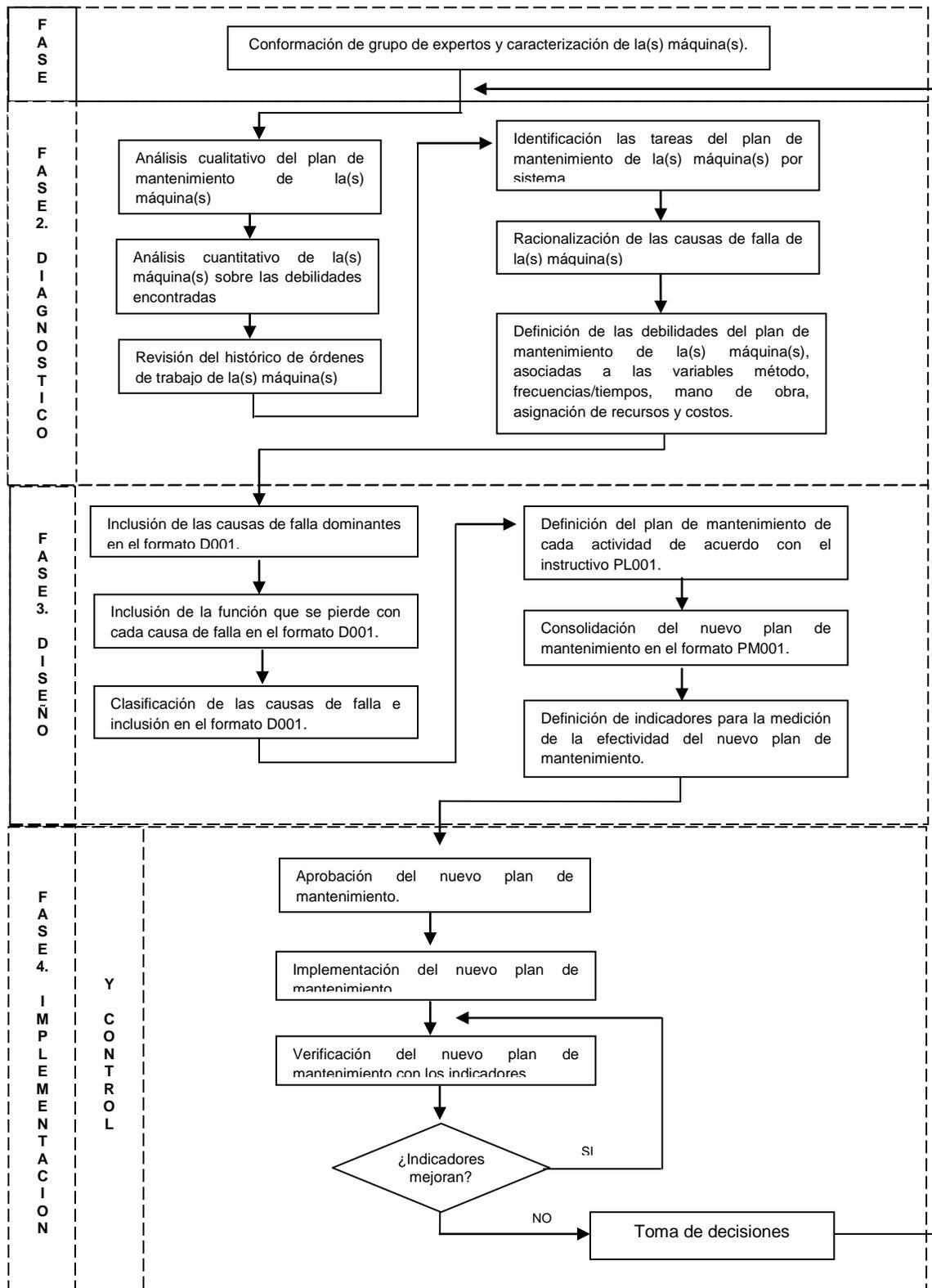
- Presente al grupo de expertos de tipo estratégico el nuevo plan de mantenimiento de la(s) máquina(s) y solicite su aprobación.
- Una vez aprobado el plan de mantenimiento, éste debe ser implementado, y mes después debe ser verificado para ejercer un control sobre él, para lo cual es necesario:
  - Registrar los datos de los indicadores seleccionados en la Fase de diagnóstico, los cuales son: índice de nivel de mantenimiento, averías y confiabilidad, para compararlos mensualmente con los resultados y la meta previamente establecida por la empresa.

Si en dichas comparaciones no se presentan mejoras, se debe realizar un plan de acción que busque identificar las causas de estos resultados e implementar los correctivos necesarios para lograr el cumplimiento de los indicadores, los cuales garantizan la efectividad del plan de mantenimiento.

En caso que al comparar los resultados de los indicadores se observe una mejora en ellos y un cumplimiento con su meta mensual, se continúa con la ejecución del nuevo plan de mantenimiento y se revisa el siguiente mes.

A continuación se muestran todas las etapas y cada uno de los pasos del procedimiento.

Figura 19. Pasos del modelo propuesto por fase.



Fuente: Las autoras

## **CAPITULO V. IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO**

En este capítulo se presenta la implementación y medición del procedimiento del plan de mantenimiento en la empacadora Tiromat VA 430, a través de las cuatro fases diseñadas en la implementación.

A continuación, se describe la implementación y los resultados de cada una de las etapas.

### **5.1 Fase 1. Conformación de grupo de expertos y caracterización de la empacadora Tiromat VA 430.**

- Conformación de grupo de expertos: Para la implementación del procedimiento, se conformó un grupo expertos, el cual se subdividió en dos tipos: estratégico y operativo.

El grupo estratégico fue constituido por el analista, dos coordinadores y jefe de mantenimiento del área, con el fin de garantizar la ejecución y cumplimiento de cada una de las etapas que conforman el modelo.

El grupo operativo fue constituido por los nueve técnicos del área.

El grupo estratégico, asignó como principales responsables de la implementación del procedimiento a las autoras y a uno de los coordinadores, quienes tendrán el compromiso de ejecutar cada uno de los pasos y validar los resultados del modelo.

El coordinador y las autoras verificaron el cumplimiento de las premisas del procedimiento y procedieron a realizar la caracterización de la máquina objeto de estudio, para lo cual consultaron los manuales de partes y servicios de fabricante CFS Tiromat, Kramer+Grebe, el procedimiento estándar de operación y experiencia técnica.

- Caracterización de la empacadora Tiromat VA 430: Se encontró que la empacadora Tiromat VA 430 es una máquina que transforma una lámina plástica o película en bolsillos, de la siguiente forma: a. Calienta la lámina o película en una plancha; b. Después por un sistema de moldes y de vacío forma los bolsillos que serán llenados con producto.

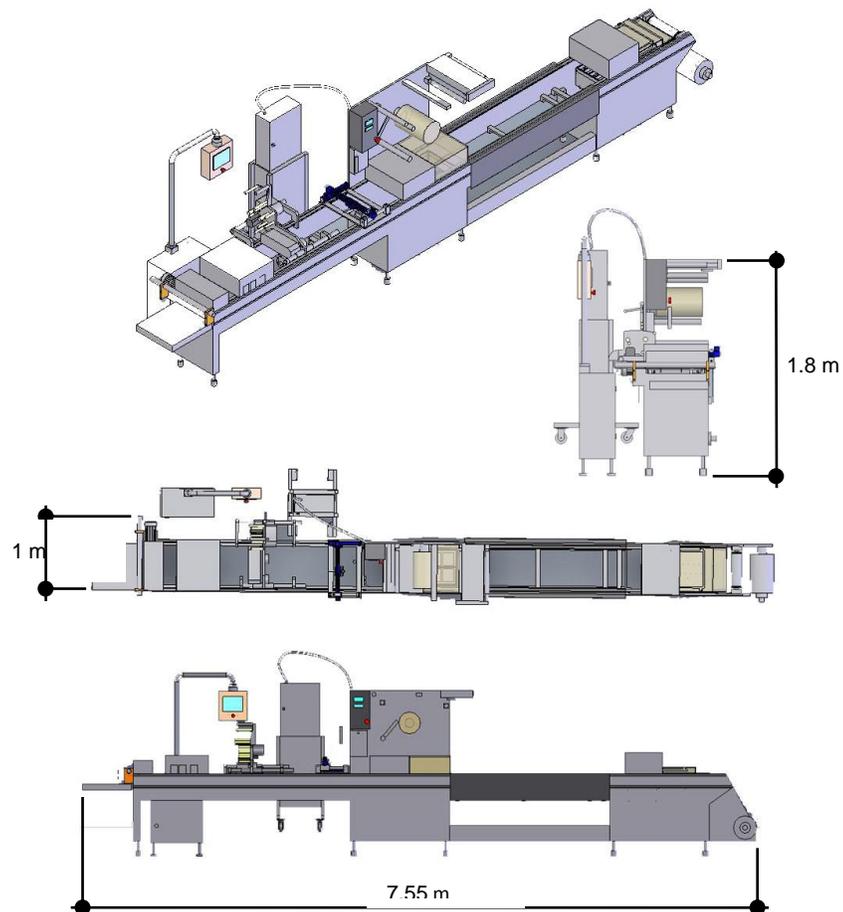
Este equipo está diseñado para empacar al vacío producto cárnico embutido de diferentes formas y tamaños, dentro de bolsillos formados en películas de diferente espesor y en diferentes formatos. Además, soporta el 46% del empaque de productos en las 3 líneas de producción, chorizo, salchicha y tocineta/costilla.

Las especificaciones técnicas de la empacadora Tiromat VA 430 son:

Modelo: VA 430L  
Serie: 500/541-87  
Marca: KRAMER + GRABE  
Potencia: 60 Amp  
Máximo avance: 450 mm  
Voltaje de alimentación: 220 vts 3 fases 1 tierra  
Agua: 30 psi  
Aire: 80 psi  
Sección: Empaque  
Dimensiones Generales: 1.8x1x7.55m  
Proveedor: Juan Neustadt y CIA S.A.

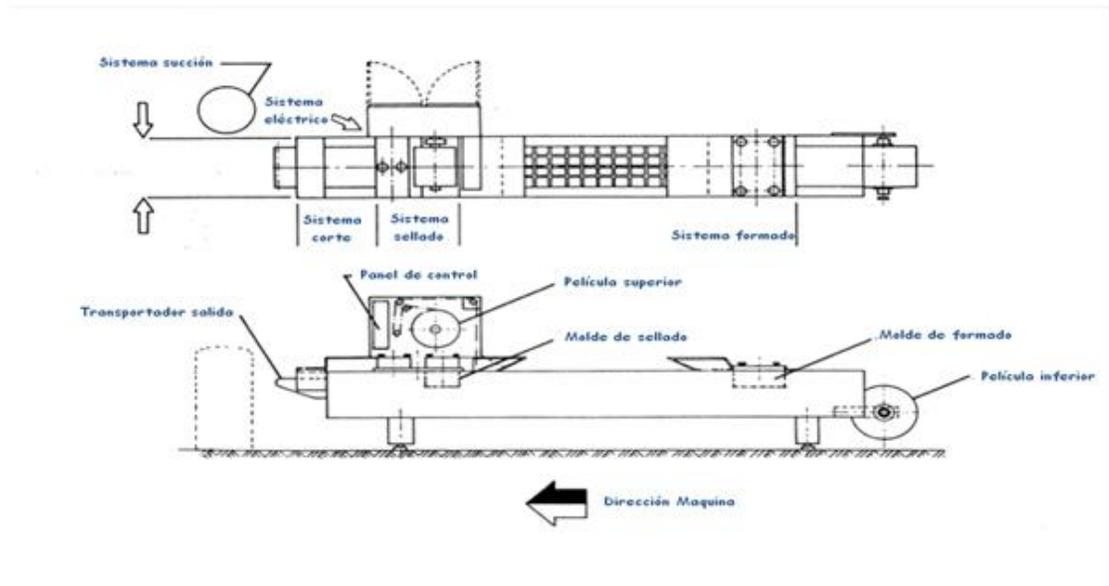
En la figura 20, se muestra el plano de la empacadora, con el cual se logra una idea más real sobre el tamaño y conformación del equipo.

Figura 20. Plano general de la empacadora Tiromat VA 430



La empacadora Tiromat VA 430 está conformada por once sistemas, los cuales se muestran en la figura 21 y se describen posteriormente.

Figura 21. Plano de los sistemas de la empacadora Tiromat VA 430



**Sistema Eléctrico:** Requiere de una conexión de 220 voltios, tres fases con una capacidad para 35 amperios.

**Sistema Neumático:** Requiere de una instalación de aire de 25 metros cúbicos por minuto.

**Sistema de suministro de agua:** Requiere para el enfriamiento de las estaciones de sellado y formado 50 litros por hora, a una temperatura de 20°C aproximadamente.

**Sistema de alimentación de la película inferior:** El bobinado de la película se debe hacer a través de los rodillos inferiores, de tal manera que el lado (cara) del sellante vaya hacia arriba.

Este sistema además cuenta con un soporte de rollo de película inferior, el cual permite colocar de forma manual la película que va a ser sometida al sistema de moldeo y que debe asegurarse a través de la tuerca para ir alineándola a través de la perilla.

**Sistema de formado:** Es la zona donde se transforma la película en el molde que se requiere, por medio de un proceso térmico y de vacío.

Existen diferentes tipos de molde y marco dependiendo del tipo de producto que se va a empacar en la máquina.

**Sistema de Transporte:** Es el área donde el operario se ubica para llenar con producto los bolsillos ya previamente formados. Es importante tener en cuenta que el producto debe quedar 1 a 2 mm por debajo del molde y las áreas de sellado no deben ser contaminadas por agua o grasa.

**Sistema de alimentación de la película superior:** El bobinado de la película se debe hacer a través de los rodillos dispuestos para tal fin de tal manera que el lado (cara) del sellante quede hacia abajo.

**Sistema de sellado:** Es la zona donde se extrae el vacío al paquete y se sellan las dos películas, superior e inferior.

La estación de sellado está compuesta por: la plancha de sellado, el marco de anteojos de sellado, conexiones sistema eléctrico, molde de sellado y suplementos de molde de sellado.

**Sistema de fechador:** Es el área donde se ubica el sistema de colocación de fecha en cada paquete empacado, para esto se utiliza una impresora sin contacto, de chorro de tinta diseñada para imprimir mensajes con pequeños caracteres sobre el producto la máquina, denominada Videojet Excel 2000.

Este equipo se usa habitualmente para marcación industrial, codificación y sobreimpresión.

**Sistema de corte:** Es la zona donde se separan los paquetes de producto de acuerdo a la presentación requerida, a través de un sistema de cuchillas, las cuales pueden ser de corte transversal o de corte longitudinal y se ubican en la maquina según la necesidad.

**Detector de metales:** Es un sistema de detección de partículas metálicas a través de un campo magnético, que funciona con una programación específica para cada producto e implica generar una alarma cuando pasa un metal u otra partícula. Igualmente debe hacerse un auto verificación del adecuado funcionamiento del sistema.

## **5.2 Fase 2. Diagnóstico del plan mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430.**

Para realizar el diagnóstico del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430, las autoras realizaron un análisis cualitativo, cuantitativo, revisión de histórico de averías e identificación del plan de mantenimiento, lo cual se encuentra en el Capítulo III. Diagnóstico de la situación actual.

Durante el desarrollo de las etapas que conforman esta fase, se diligenciaron los formatos D001, D002 y D003, los cuales se encuentran en los anexos 15, 16 y 17, fue posible encontrar:

- Una debilidad en el plan de mantenimiento, debido a que no tiene definido un método y procedimiento para ejecutar las actividades, las tareas no están actualizadas al igual que sus estándares de tiempo y procedimientos, lo cual repercute en la generación de tareas que no están contempladas en el plan y conllevan a la ejecución de un tipo de mantenimiento no deseado, pues el 70% de las órdenes de trabajo de los años 2011, 2012 y primer semestre del 2013, se generaron por la ejecución de mantenimiento correctivo programado, incidiendo en la variación de los costos del proceso, pues el 79% del presupuesto de mantenimiento preventivo fue utilizado para cubrir las actividades del mantenimiento correctivo programado.

- La confiabilidad de la empacadora es del 37% y por tanto no cumple con el estándar, el cual establece que debe estar entre un 90% y 100%.

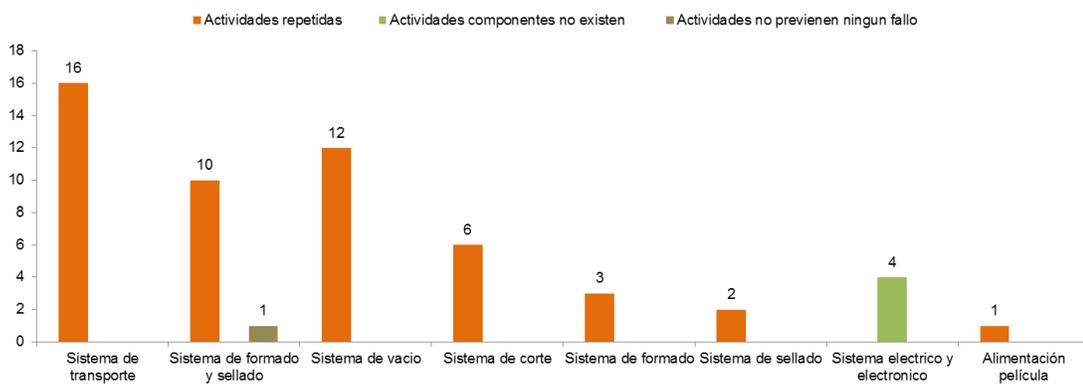
- El plan está conformado por:

- 92 tareas, de las cuales el 20% son de frecuencias semanales, 40% mensuales, 10% trimestrales, 15% semestrales, 5% anuales y 10% cada dos y cinco años.

- Tareas definidas por especialidad, de las cuales 51 son mecánicas, 22 son eléctricas, 17 de lubricación y 2 electrónicas.

- 50 tareas repetidas, 1 tarea que no previene ningún fallo y 4 de componentes que no existen en la máquina, lo cual representa un 59% del plan de mantenimiento (gráfica 14).

Gráfica 14. Actividades que no agregan valor por sistema



Fuente: Las autoras

### **5.3 Fase 3. Diseño del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430.**

Para realizar el diseño del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430, las autoras desarrollaron cada uno de los pasos descritos en la fase 3 del Capítulo IV y definieron el plan de mantenimiento en los formatos PM001 y D004 que se encuentra en el anexos 18 y 19.

El nuevo plan de mantenimiento está conformado por:

- 55 tareas, de las cuales el 35% son de frecuencias trimestrales, 18% semestrales, 15% semanales, 5% anuales, 9% quincenales, 5% mensuales, 2% bimestrales, 2% cada dos años y tres años y 7% cada cinco años.
- Tareas definidas por especialidad, de las cuales 28 son mecánicas, 12 eléctricas, 8 de lubricación, 6 de tipo operativo (limpieza, lubricación y ajuste) y 1 de metrología.
- 5 tareas de mantenimiento predictivo y 50 de mantenimiento preventivo, de las cuales 31 corresponden a tareas de inspección y 19 de desarme y/o reemplazo de componente.

De acuerdo con los datos obtenidos en la fase diagnóstica, se evidencia un cambio en la forma y contenido del plan de mantenimiento de la empacadora, pues éste pasó de tener 92 a 55 tareas, es decir tuvo una reducción del 40%, ya que se excluyeron tareas repetidas y que no agregaban valor; además, se amplió el rango de especialidades y las frecuencias.

Para medir la efectividad del nuevo plan de mantenimiento, teniendo en cuenta la debilidad encontrada en la fase de diagnóstico, se proponen los siguientes indicadores:

- ✓ Índice de nivel de mantenimiento
- ✓ Averías
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Costos de mantenimiento preventivo por mantenimiento totales

### **5.4 Fase 4. Implementación y control del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430.**

Para realizar la implementación del plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430, las autoras desarrollaron las siguientes actividades:

- Presentaron al grupo de expertos de tipo estratégico el nuevo plan de mantenimiento para su aprobación.

- Implementaron el plan de mantenimiento a partir del 15 de agosto de 2013 sobre la empacadora Tiromat VA 430.

- Durante los dos meses siguientes, midieron cada uno de los indicadores seleccionados así:

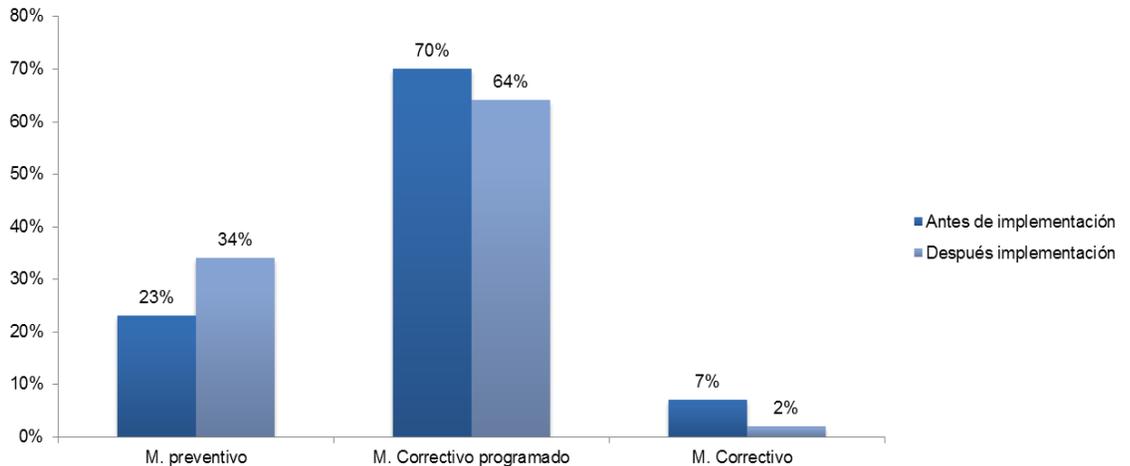
- ✓ Índice de nivel de mantenimiento: Se consultaron las 44 órdenes de trabajo generadas durante este período de tiempo, las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 15. Comparativo del indicador Índice nivel de mantenimiento antes y después implementación

Tipo de mantenimiento	Antes de implementación		Después implementación	
	Cantidad ordenes	Porcentaje	Cantidad ordenes	Porcentaje
<b>M. preventivo</b>	100	23%	15	34%
<b>M. Correctivo programado</b>	300	70%	28	64%
<b>M. Correctivo</b>	29	7%	1	2%
<b>Total</b>	429	100%	44	100%

Fuente: Las autoras

Gráfica 15. Comparativo del indicador Índice nivel de mantenimiento antes y después implementación



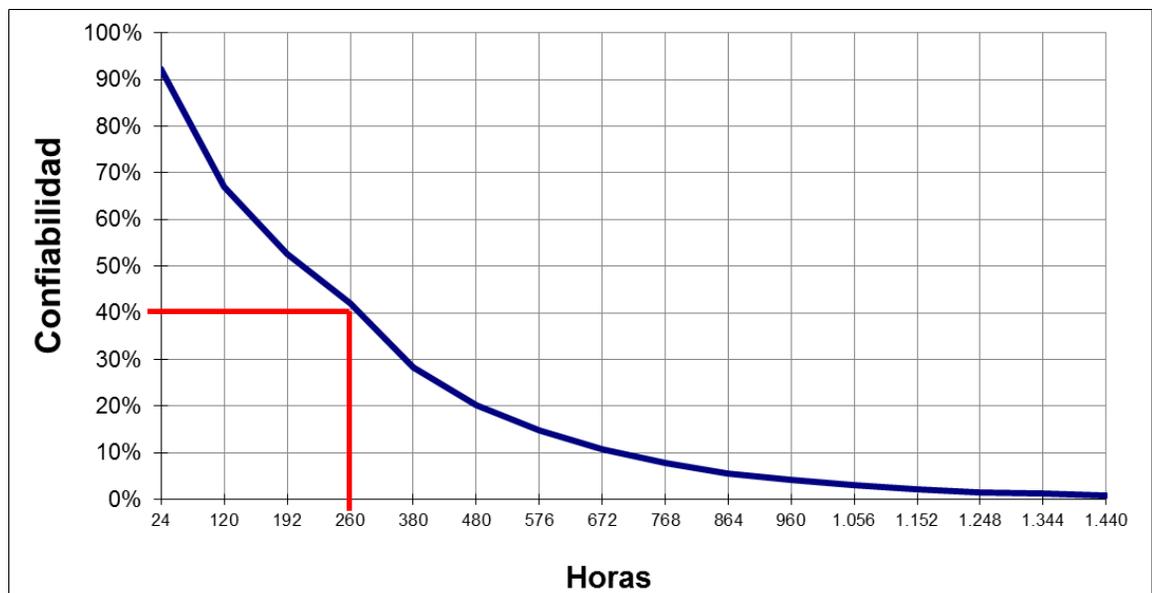
Fuente: Las autoras

A partir de los resultados obtenidos, se observa una disminución del 6% y 5% en la ejecución de mantenimiento correctivo programado y

mantenimiento correctivo, además se presenta un incremento del 11% en el mantenimiento preventivo, por lo tanto, el comportamiento presentado obedece al estándar de clase mundial, el cual establece una mayor concentración en el mantenimiento preventivo.

- ✓ **Averías:** Se consultó el histórico de averías y se encontró que durante este período de tiempo solo se presentó una, sin embargo este comportamiento no es una evidencia de una optimización, debido a que esto solo es posible medirse en el largo plazo, mediante una tendencia entre seis meses a un año.
- ✓ **Confiabilidad:** A partir del histórico de averías y el tiempo entre fallos (MTBF) se calculó la confiabilidad de la máquina durante este período y se encontró una mejora del 3%, pues pasó de 37% a un 40% de confiabilidad (gráfico 16).

Gráfica 16. Resultados de confiabilidad



Fuente: Las autoras

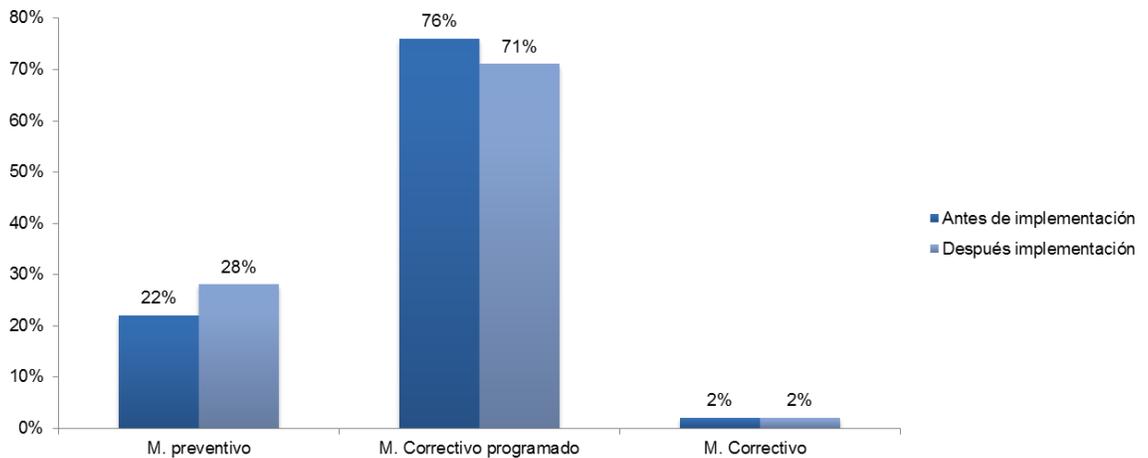
- ✓ **Costos de mantenimiento preventivo por mantenimiento totales:** Se estimaron los gastos de cada uno de los mantenimientos de la empacadora antes de la implementación, y se compararon con los gastos obtenidos después de ella y se encontró una mejora del 6% distribución de los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo programado (tabla 16).

Tabla 16. Comparativo gastos por tipos de mantenimiento antes y después de implementación

	Gastos de mantenimiento (antes de implementación)		Gastos de mantenimiento( después de la implementación)		Diferencia
Preventivo	\$ 14.676.345	22%	\$ 7.000.000	28%	6%
Correctivo Programado	\$ 51.678.909	76%	\$ 18.000.000	71%	-6%
Correctivo	\$ 1.584.567	2%	\$ 400.000	2%	0%
	\$ 67.939.821		\$ 25.400.000		

Fuente: Las autoras

Gráfica 17. Comparativo gastos por tipos de mantenimiento antes y después de implementación



Fuente: Las autoras

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que el plan de mantenimiento diseñado para la empacadora permitió:

- Incrementar en un 11% la ejecución del mantenimiento preventivo, lo que generó una disminución del 6% de gastos de mantenimiento correctivo programado.
- Un control sobre las averías, pues se presentó un aumento del 4% en la confiabilidad del equipo.

Por lo tanto, se debe continuar con la ejecución del nuevo plan de mantenimiento y su correspondiente medición.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en cada una de los capítulos del documento, fue posible evidenciar que:

- El modelo propuesto para el diagnóstico de la situación actual, permite identificar el estado de un plan de mantenimiento, mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las variables: método, asignación de recursos, mano de obra, frecuencias/tiempos y costos, las cuales confirman un plan de mantenimiento.
- El diagnóstico de un plan de mantenimiento debe integrar una fase exploratoria, donde vincule a los participantes del proceso con el fin de tener una visión global de la situación actual e identificar sus debilidades, de manera que en una fase de tipo cuantitativa se pueda evidenciar este comportamiento mediante un análisis de indicadores y técnicas de recopilación de datos.
- El modelo propuesto para el diseño del procedimiento, permite realizar una revisión, actualización y seguimiento a los planes de mantenimiento, estableciendo así una mejora continua en este proceso.
- Los gastos de un proceso de mantenimiento son dependientes al comportamiento de las variables método y frecuencias/tiempos, pues con la implementación del modelo propuesto, se logró disminuir el porcentaje de gasto de mantenimiento correctivo programado, lo cual se reflejó tanto en el incremento de gastos de mantenimiento preventivo como en su ejecución.
- Las debilidades de un plan de mantenimiento se pueden contrarrestar con el diseño de un procedimiento que conjugue la técnica de la Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO) y herramientas de ingeniería industrial, de tal manera que se pueda establecer un proceso de mejora continua para garantizar el monitoreo y seguimiento constante de las actividades que lo conforman.

## **RECOMENDACIONES**

Aunque con la implementación de este proyecto, se obtuvieron mejoras sobre el proceso de mantenimiento de la empresa, se recomienda:

- Diseñar un instructivo al plan de mantenimiento, con el fin de describir a los técnicos la forma de ejecutar cada una de las tareas definidas él.
- Implementar el procedimiento sobre los demás equipos de la planta de producción, de tal manera que se logre un mayor impacto sobre la organización.
- Verificar continuamente el desempeño del plan de mantenimiento para garantizar su efectividad y pertinencia, logrando así una mejora continua sobre el proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

Abella, María Belén (2003) – Mantenimiento Industrial. Págs. 12-15

AEC, (1990) – Análisis de modos de fallos, efectos y criticidad. Asociación Española para la calidad.

AEC, (1998) – Gestión moderna del mantenimiento industrial. Asociación Española para la calidad.

Ballesteros, Freddy (2012) – Metodología para implementar un modelo de confiabilidad basado en PMO para concretos Argos S.A. Universidad de Santander. Pág. 61 - 70

Becerra, Fabiana (2010) – Gestión de Mantenimiento. Págs. 8-10

Bichachi, Diana Susana (2012) – El uso de las listas de chequeo como herramienta para controlar la calidad. Instituto internacional de estudio y formación sobre calidad. Universidad del Salvador. Págs. 14 – 20.

Da Costa Burga, Martín (2010) – Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Págs. 80-106

Escobar, Jazmine y Jiménez, Ivonne (2011) – Grupos focales: Una guía conceptual y metodológica. Universidad el Bosque. Vol. 9. Pág. 51-60

Fernández, Armando (1998) – Teoría y práctica del mantenimiento en España. Págs. 5-10

González, Francisco Javier (2012) – El mantenimiento industrial en España: Cómo optimizar recursos y ahorrar costes. Tomado de: <http://www.atteg.es/media/6831/AEM%20%20Sector%20del%20Mantenimiento.pdf>

Hair, Bush (2005) – Investigación de mercados. Segunda edición. Ed. Mc-graw Hill. Pag. 123

Ikasketa, Kalitate (2008) – Herramientas de selección: La selección ponderada. Universidad del País Vasco. Pág. 13.

Jiménez, José Andrés (2010) – Tácticas de mantenimiento. Págs. 20-26.

Lezana, E. (1989) – Medida y control de la eficiencia del mantenimiento preventivo. Ingeniería química. Págs. 88-90

Leal, Sandra (2010) – Índices e Indicadores de gestión de mantenimiento en las organizaciones. Tercer congreso uruguayo de mantenimiento, gestión de activos y confiabilidad. Montevideo, Uruguay.

López, Mónica y Crespo, Adolfo (2010) – Un modelo de referencia para la gestión del Mantenimiento. Pág. 2.

Magallon, Aaron (2011) – Implementación de mantenimiento preventivo/predictivo en equipo biomédico en el instituto mexicano del seguro social. Págs. 20-30

Martín, S. y Arranz A. (1990) – El mantenimiento predictivo. Revista de la Sociedad Nuclear Española. Pág. 42-45

Malhotra, Naresh (2008) – Investigación de mercados. Quinta Edición. Ed. Pearson. Pag.145-150

Moubray, Jhon (2004) – Mantenimiento centrado en confiabilidad. Traducido por: Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires Argentina – Madrid, España. España en español.

Mora, Alberto (2005) – Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Medellín. Editorial AMG. Págs. 300 a 306.

Murillo, William (2013) – Análisis de confiabilidad de equipos, Reliability analysis – RAM.

Nakajima, Seiichi (1991) – Introducción al TPM. Pág. 25

Olarte, William, Botero, Marcela y Cañon, Benhur (2010) – Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. Revista Scientia et Technica. Universidad Tecnológica de Pereira. Págs. 354 - 357

Olmedo, Fernando (2004) – Estrategia magazine. Brainstorming o tormenta de ideas. Edición n° 18.

Pérez, Carlos Mario (2003) – Confiabilidad y Evolución del mantenimiento. Pág. 6

Prando, Raúl (2006) – Manual de Gestión de Mantenimiento. Pág. 20

Raouf, Duffuaa Dixon (2004) – Sistemas de mantenimiento, planeación y control. Págs. 32-50

Ruiz, Adriana María (2012) – Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo. Pág. 31

Rey, F. (1998) – La gestión de la mejora continua en el mantenimiento. Pág. 12

Ruiz, J. (1995) – Análisis de los costes de mantenimiento. VIII Jornadas de energía sobre aspectos innovativos del mantenimiento en CC.TT. Energía. Pág. 30.

Sanzol, Lorenzo (2010) – Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración. Págs. 12-22

Sexto, Luis Felipe (2010) – La evaluación de tareas en un proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Pág. 6.

Suzuki, Takutaro (2000) – TPM en industrias del procesos. Págs. 13 al 20

Tobar, Arízaga (2011) – Plan de mantenimiento preventivo. Pág. 43

Turner, Steve (2012) – Optimización integral del mantenimiento. <http://confiabilidad.net/articulos/optimizacion-integral-de-mantenimiento/>

Turner, Steve. MBA. OMCS. PM Optimization Programs Maintenance, Analysis for results. 2002. Disponible en internet: <http://www.pmo2000.com>

Valdivieso, Torres JC (2011) – Análisis de tipos de mantenimiento. Pág. 12

## ANEXOS

### Anexo 1.

Lluvia de ideas agrupadas por variables definidas por los participantes

Variable	Ideas asociadas
Método	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia en el plan de mantenimiento</li> <li>- El no cumplimiento de algunas actividades (limpieza, lubricación y ajuste) definidas en el plan de mantenimiento.</li> <li>- Generación de desgaste forzado de las máquinas</li> <li>- Generación de anomalías</li> <li>- Poco control de gastos de mantenimiento</li> <li>- Poco control en los gastos por mano de obra contratada</li> <li>- Debilidad en la planificación y control de las actividades de mantenimiento</li> <li>- Debilidad en las estrategias definidas para el mantenimiento de las máquinas y equipos</li> <li>- Oportunidad de mejora en algunos indicadores de mantenimiento</li> <li>- No registro de las modificaciones realizadas a los estándares</li> <li>- Debilidad en la retroalimentación del plan cuando la actividad no corresponde</li> <li>- No aplicabilidad de algunas actividades en los planes de la maquina</li> <li>- No hay registros de mantenimientos de mejoras</li> <li>- Debilidad en documentación MP</li> <li>- Reducción del presupuesto año por parte de la Compañía</li> <li>- No cumplimiento del presupuesto en algunos meses</li> <li>- No se encuentran identificadas las actividades que puedan generar riesgo en su ejecución</li> <li>- No hay seguridad que se cumplan con las BPM en los mantenimientos</li> <li>- No hay una buena calificación de la criticidad de las maquinas.</li> <li>- No se han establecidos los tipos de mantenimiento de acuerdo a la criticidad</li> <li>- Todos los equipos tipo C no deben tener mantenimiento preventivo</li> <li>- Reevaluar los tipos de mantenimiento</li> </ul>

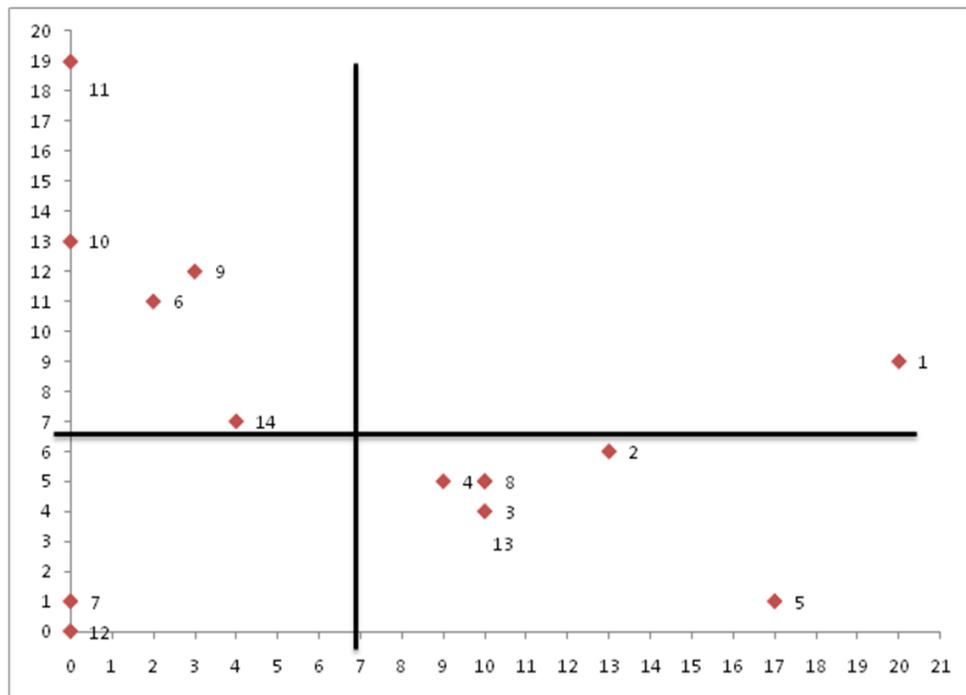
	<p>para cada máquina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Debilidad en el establecimiento de una estrategia para los materiales más costosos del inventario</li> <li>- Debilidad en la especificación de las actividades a realizar en el plan de mantenimiento.</li> </ul>
Frecuencias/tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementos de tiempos de mantenimiento de máquinas</li> <li>- Incrementos en los tiempos de producción por actividades imprevistas de mantenimiento</li> <li>- Generación de problemas de confiabilidad de los equipos</li> <li>- Debilidad en el cumplimiento del indicador de tiempo que dura la avería</li> <li>- Debilidad en las frecuencias de algunos planes</li> <li>- Debilidad en algunos tiempos de mantenimiento pues son muy extensos y no permite el cumplimiento de todas las actividades</li> <li>- Falta de una metodología que permita valorar el efecto, la velocidad y la frecuencia de los mantenimientos de los equipos.</li> </ul>
Asignación de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La no identificación de los inventarios críticos de las máquinas</li> <li>- Deficiencia en la identificación de los materiales que se deben consumir en determinadas fechas</li> <li>- No se identifican los materiales que se requieren para cada mantenimiento antes de que se realice</li> <li>- Establecimiento de un nivel de inventario de modo que se garantice la disponibilidad de los materiales en los mantenimientos</li> <li>- Debilidad en identificación de los materiales que se requieren para los mantenimientos</li> <li>- Debilidad en los la identificación de los materiales que se requieren tener en inventarios</li> </ul>
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debilidad en habilidades técnicas</li> </ul>

Anexo 2.  
Matriz de Vester

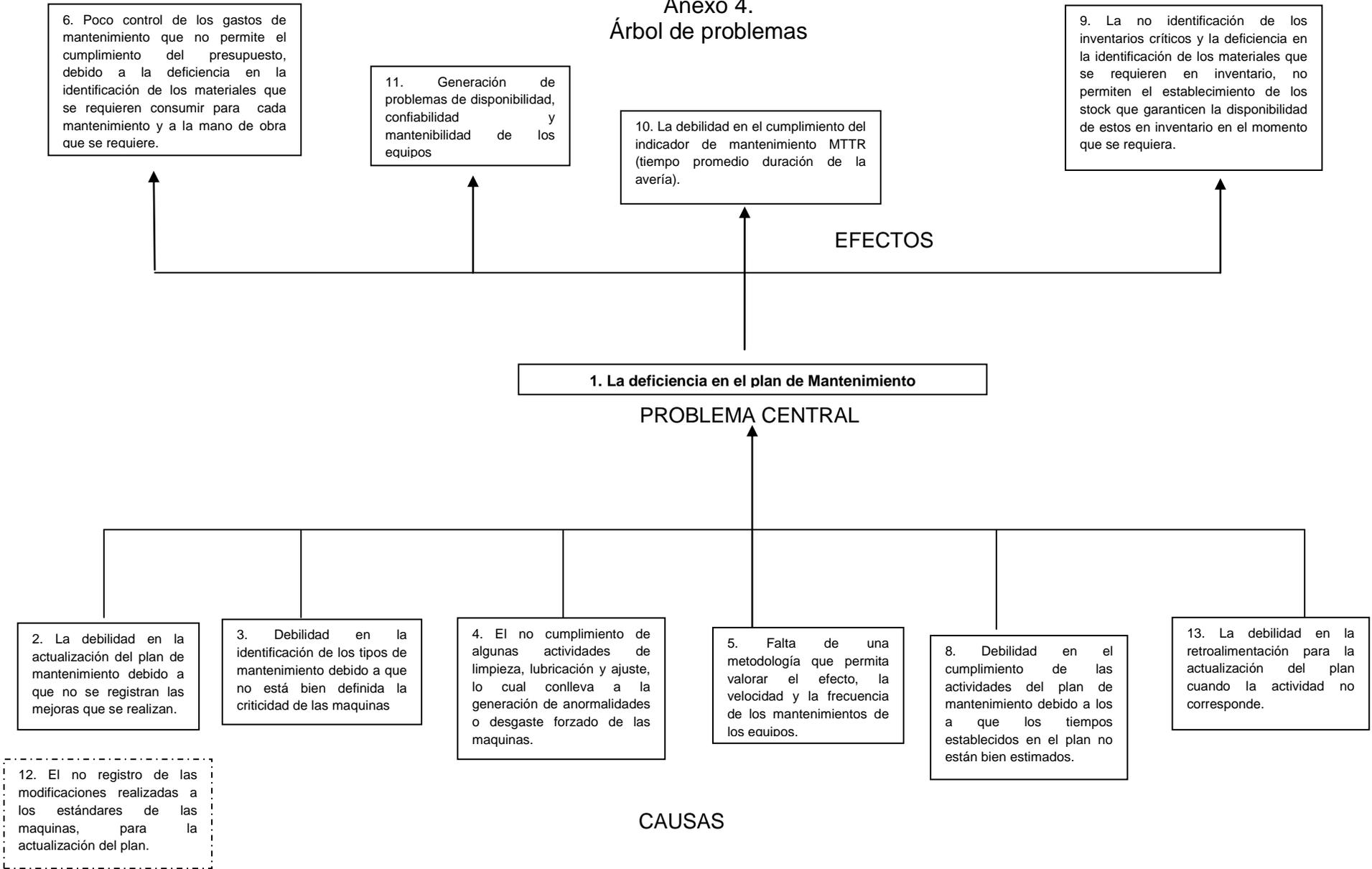
Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total Activos (Motricidad)
1. La deficiencia en el Plan de Mantenimiento	0	2	1	1	1	3	1	1	2	2	3	0	2	1	20
2. La debilidad en la actualización del plan de mantenimiento debido a que no se registran las mejoras que se realizan.	3	0	0	1	0	2	0	1	2	0	2	0	0	2	13
3. Debilidad en la identificación de los tipos de mantenimiento debido a que no está bien definida la criticidad de las maquinas	3	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1	0	0	0	10
4. El no cumplimiento de algunas actividades de limpieza, lubricación y ajuste, lo cual conlleva a la generación de anomalías o desgaste forzado de las maquinas.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	3	0	2	0	9
5. Falta de una metodología que permita valorar el efecto, la velocidad y la frecuencia de los mantenimientos de los equipos	3	2	3	0	0	2	0	0	1	2	3	0	0	1	17
6. Poco control de los gastos de mantenimiento que no permite el cumplimiento del presupuesto, debido a la deficiencia en la identificación de los materiales que se requieren consumir para cada mantenimiento y a la mano de obra que se requiere.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
7. La no identificación de actividades de seguridad y de BPM que de cumplimiento normas de la compañía.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. Debilidad en el cumplimiento de las actividades del plan de mantenimiento debido a los diferentes niveles de habilidad y experiencia técnica y a que los tiempos establecidos en el plan no están bien estimados.	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2	3	0	1	0	10
9. La no identificación de los inventarios críticos y la deficiencia en la identificación de los materiales que se requieren en inventario, no permiten el establecimiento de los stock que garanticen la disponibilidad de estos en inventario en el momento que se requiera.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
10. La debilidad en el cumplimiento del indicador de mantenimiento MTTR (tiempo promedio duración de la avería).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. Generación de problemas de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. El no registro de las modificaciones realizadas a los estándares de las maquinas, para la actualización del plan.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

13. La debilidad en la retroalimentación para la actualización del plan cuando la actividad no corresponde.	0	1	0	1	0	0	0	2	1	0	2	0	0	3	<b>10</b>
14. Debilidad en la especificación de las actividades a realizar en el plan de mantenimiento, que conllevan a una interpretación de forma subjetiva.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	<b>4</b>
<b>Total Pasivos (Dependencia)</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>98</b>

Anexo 3.  
Diagrama causa efecto



## Anexo 4. Árbol de problemas



Fuente: Las autoras.

## Anexo 5. Lista de chequeo

### Formato lista de chequeo Diagnóstico plan de mantenimiento

Área de Mantenimiento  
Inspeccionado por:

Fecha:

Método		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	Se cuentan con registros para la identificación de los equipos, a través de un sistema de códigos, los cuales deben indicar la ubicación, tipo y número de la máquina.				
2	Existen registros de las instalaciones que contienen: número de identificación, ubicación, tipo de máquina, fabricante, fecha de fabricación, especificaciones, tamaño y dimensionamiento				
3	Se utiliza un sistema de órdenes de trabajo para organizar, autorizar el trabajo, preparar y controlar lo realizado.				
4	Se ordenan las órdenes de trabajo por prioridad.				
5	Existen documentos con la descripción del procedimiento para cada una de las tareas del plan de mantenimiento, indicando el número de identificación del equipo, número de referencia, tipo de técnicos y procedimiento de seguridad a seguir.				
6	Se desarrollan estándares de trabajo para garantizar una uniformidad en la ejecución del plan de mantenimiento.				
7	Se realizan inspecciones de las acciones y procedimientos.				
8	Se actualizan las normas de mantenimiento.				
9	Se actualizan los documentos, procedimientos de mantenimiento.				
10	Se desarrollan los procedimientos de mantenimiento a nuevos equipos.				
11	Se realizan inspecciones de las acciones que se ejecutan para determinar si el personal respeta las actividades de los planes de mantenimiento.				
12	Existe una metodología para actualizar las actividades de los planes de mantenimiento				
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	
Asignación de recursos		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El plan de mantenimiento especifica las herramientas especiales y materiales necesarios para la ejecución de las tareas.				
2	Durante la planeación del mantenimiento, se determinan los materiales necesarios para todo tipo de trabajo de mantenimiento.				
3	Durante la planeación del mantenimiento, se determinan las herramientas necesarios para todo tipo de trabajo de mantenimiento.				
4	Se cuentan con materiales y herramientas en cantidades suficientes				
5	Existen políticas para el control de materiales y herramientas.				
6	Se establece un programa para la custodia de las herramientas.				
7	Se analizan las demoras en la ejecución del plan de mantenimiento por falta de disponibilidad de piezas.				
8	Se revisan y actualizan las políticas de mantenimiento.				
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	
Mano de obra		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El área de mantenimiento cuenta con programa de capacitación anual para mejorar y actualizar el conocimiento de los técnicos.				
2	Se realiza una encuesta para evaluar el estado de ánimo de los empleados.				
3	Existe un ambiente de trabajo seguro y limpio.				
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	
Frecuencias y tiempos		Cumple	No cumple	Observaciones	
1	El plan de mantenimiento incluye las frecuencias de cada tarea.				
2	Existen estándares de tiempo para la realización de tareas de mantenimiento.				
3	Se utilizan técnicas de medición directa para la determinación de estándares de tiempo.				
4	Se utilizan técnicas de medición indirecta para la determinación de estándares de tiempo.				
5	Las tareas del plan de mantenimiento se realizan en el tiempo planeado.				
6	Las frecuencias y tiempos definidos para cada tarea del plan de mantenimiento se evalúan periódicamente.				
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>% Condiciones cumplen</b>	
				<b>% Condiciones no cumplen</b>	

Anexo 6.  
Plan de mantenimiento.

N°	Sistema	Tarea	Responsable	Frecuencia	Cantidad Técnicos
1	Vacio	Realizar over holl general a la bomba	MECANICO	CADA AÑO 1/2	2
2	Vacio	Revisión del nivel de aceite del tanque ( ACEITE OMALA 320)	LUBRICADOR	SEMANTAL	1
3	Vacio	Cambio de acople motor	MECANICO	SEMESTRAL	1
4	Vacio	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	LUBRICADOR	SEMESTRAL	1
5	Vacio	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	LUBRICADOR	SEMESTRAL	1
6	Vacio	Revisión y ajuste	Eléctrico	SEMESTRAL	1
7	Vacio	Revisión y ajuste	Eléctrico	SEMESTRAL	1
8	Vacio	Revisión y ajuste	Eléctrico	SEMESTRAL	1
9	Vacio	Verificación de voltajes, corrientes en la bornera y estado general	Eléctrico	SEMESTRAL	1
10	Vacio	Revisión sistema de Refrigeración	MECANICO	SEMESTRAL	1
11	Vacio	Verificación del nivel y estado de aceite cambiar si es necesario (ACEITE OMALA 320.	LUBRICADOR	SEMESTRAL	1
12	Vacio	Revisión del filtro exhosto	MECANICO	SEMESTRAL	1
13	Vacio	Revisión de la válvula de admisión	MECANICO	SEMESTRAL	1
14	Vacio	Revisión de válvulas del bloque de estación de sellado y formado	MECANICO	Trimestral	1
15	Vacio	Realizar limpieza	MECANICO	Trimestral	1
16	Vacio	Realizar limpieza	MECANICO	Trimestral	1
17	Vacio	Revisión de bloques de la estación de sellado y formado	MECANICO	Trimestral	1
18	Vacio	Revisión de aceite	LUBRICADOR	Trimestral	1
19	Formado y Sellado	Ajustar tornillería en la plancha calentadora de formado	ELECTRICO	Trimestral	1
20	Formado y Sellado	Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de la plancha calentadora de formado	ELECTRICO	Trimestral	1
21	Formado y Sellado	Revisión y ajuste de las planchas de formado y sellado, verificación el voltaje de entrada de la fuente en el tablero de control	ELECTRICO	Bimensual	1

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

<b>N°</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Cantidad Técnicos</b>
22	Formado Sellado y	Lubricación general a los rodamientos de las herramientas (GRASA SUPRKOTE 2000, 3 BOMBAZOS CADA UNO)	LUBRICADOR	Semanal	1
23	Formado Sellado y	Lubricar los rodamientos de las herramientas (GRASA SUPERKOTE 2000 3 BOMBAZOS)	LUBRICADOR	Mensual	1
24	Formado Sellado y	Verificar linealidad del marco (NO HAYA PANDEO)	MECANICO	Mensual	1
25	Formado Sellado y	Revisión y/o cambio de empaque redondo del marco de sellado y formado	MECANICO	Mensual	1
26	Formado Sellado y	Revisión del sello y pistones de la estación de sellado	MECANICO	Bimensual	1
27	Formado Sellado y	Revisión del bloque de pistones de estación de sellado	MECANICO	Trimestral	1
28	Formado Sellado y	Limpiar los residuos de la película entre marco y la plancha en el sistema de sellado y formado	MECANICO	Mensual	1
29	Formado Sellado y	Verificar estado de teflón en la plancha de sellado y formado	MECANICO	Mensual	1
30	Formado Sellado y	Recubrimiento con teflón de las planchas de formado y sellado	MECANICO	Anual	1
31	Formado Sellado y	Realizar limpieza de los cilindros de formado y Sellado	MECANICO	Trimestral	1
32	Formado Sellado y	Desmontar y limpiar el ducto del puente de sellado	MECANICO	Mensual	1
33	Formado Sellado y	Limpiar, revisar y lubricar las cadenas de los cilindros de las herramientas (LUBRICANTE OKS 451 SPRY)	LUBRICADOR	Semanal	1
34	Formado Sellado y	Desmante de cadenas de las herramientas, revisión y/o cambio de la unión, lavado en aceite mineral y revisión general de las mismas	MECANICO	Semestral	1
35	Formado Sellado y	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de estación de sellado	MECANICO	Mensual	1
36	Formado Sellado y	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de la estación de formado	MECANICO	Mensual	1

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

N°	Sistema	Tarea	Responsable	Frecuencia	Cantidad Técnicos
37	Formado y Sellado	Cambio de cadenas de las herramientas de formado	MECANICO	Trimestral	2
38	Formado y Sellado	Revisión general de las cadenas de las herramientas del sistema de formado	MECANICO	Trimestral	2
39	Transporte	Revisión, limpieza de rodillos guías de la banda transportadora de película	MECANICO	Bimensual	1
40	Transporte	Limpiar y ajustar terminales del pulsador de avance manual	Eléctrico	Trimestral	1
41	Transporte	Revisar bornera de motor de avance y ajustar terminales	Eléctrico	Semestral	1
42	Transporte	Cambio de rodamientos al motor principal	MECANICO	2 años	1
43	Transporte	Reparación general del reductor principal	MECANICO	2 años	1
44	Transporte	Verificar que los rodillos de contrapresión no presenten huellas de desgaste de ser así desplazar de posición las cuchillas de pre corte circular	MECANICO	Mensual	1
45	Transporte	Cambio de aceite		Trimestral	1
46	Transporte	Revisión del nivel de aceite al reductor principal	MECANICO	Mensual	1
47	Transporte	Verificación del estado del aceite del reductor principal	MECANICO	Semestral	1
48	Transporte	Cambio de aceite al reductor de las cadenas (ACEITE OMALA 320)	LUBRICADOR	Anual	1
49	Transporte	Hacerle limpieza externa al motor de avance	Eléctrico	Semestral	
50	Transporte	Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de avance manual	Eléctrico	Trimestral	1
51	Transporte	Limpiar, revisar las cadenas de transporte de la película	MECANICO	Mensual	1
52	Transporte	Verificación de calibración		Trimestral	1
53	Transporte	Limpieza del freno	MECANICO	2 años	1
54	Transporte	Revisión general del embrague del motor principal	MECANICO	Semestral	1
55	Corte	Cambio de rodamientos del eje de las cuchillas circulares	MECANICO	5 Años	1

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

<b>N°</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Cantidad Técnicos</b>
56	Corte	Revisión de base y alojamiento de las cuchillas longitudinales	MECANICO	Mensual	1
57	Corte	Afilado de cuchilla	MECANICO	Mensual	1
58	Corte	Verificar que no existan fugas en los cilindros de las cuchillas de pre corte circular	MECANICO	Mensual	1
59	Corte	Revisión y/o cambio de oring	MECANICO	Mensual	1
60	Corte	Revisión y/o cambio de resortes	MECANICO	Mensual	1
61	Corte	Revisión y/o cambio de pines	MECANICO	Mensual	1
62	Corte	Cambio de resortes del sistema de corte transversal	MECANICO	Trimestral	1
63	Corte	Realizar limpieza de las guías de las cuchillas transversales	MECANICO	Mensual	1
64	Corte	Realizar lubricación del sistema corte transversal	MECANICO	Mensual	1
65	Corte	Revisión de elementos neumáticos	MECANICO	Mensual	1
66	Corte	Revisar el estado del filtro de la salida de la aspiradora	MECANICO	Mensual	1
67	Corte	Revisión general de la aspiradora de la película	MECANICO	Mensual	1
68	Eléctrico Electrónico Y	Hacer limpieza y ajuste de terminales a la tarjeta de fusibles de la alimentación de corriente continua	ELECTRICO	Semestral	1
69	Eléctrico Electrónico Y	Ajustar fusibles de la tarjeta de alimentación de corriente continua y verificar su valor en amperios	ELECTRICO	Semestral	1
70	Eléctrico Electrónico Y	Realizar limpieza y ajuste terminales a los transformadores	ELECTRICO	Semestral	1
71	Eléctrico Electrónico Y	Hacer limpieza y ajuste de terminales al modulo de alimentación de corriente continua	ELECTRICO	Semestral	1
72	Eléctrico Electrónico Y	Hacer limpieza y ajuste de terminales de todas las borneras	ELECTRICO	Semestral	1
73	Eléctrico Electrónico Y	Revisión de controles, contactares, relevadores, sensores y líneas eléctricas	ELECTRICO	Trimestral	1
74	Eléctrico Electrónico Y	Verificar el funcionamiento del PLC y revisar estado de las tarjetas	ELECTRONICO	Semestral	1

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

75	Eléctrico Electrónico	Y	Verificar el funcionamiento de las pantallas de control y revisar conexiones	ELECTRONICO	Semestral	1
76	Sellado		Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de estación de sellado	MECANICO	Mensual	1
77	Sellado		Desmontar y limpiar el ducto del puente de sellado	MECANICO	Mensual	1
78	Sellado		Revisión del sello y pistones de la estación de sellado	MECANICO	Bimensual	1
79	Sellado		Verificar linealidad del marco (NO HAYA PANDEO)	MECANICO	Mensual	1
80	Sellado		Revisión del bloque de pistones de estación de sellado	MECANICO	Trimestral	1
81	Formado		Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de la estación de formado	MECANICO	Mensual	1
82	Formado		Cambio de cadenas de las herramientas de formado	MECANICO	Trimestral	1
83	Formado		Revisión general de las cadenas de las herramientas del sistema de formado	MECANICO	Trimestral	1
84	Formado		Ajustar tornillería en la plancha calentadora de formado	ELECTRICO	Trimestral	1
85	Formado		Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de la plancha calentadora de formado	ELECTRICO	Trimestral	1
86	Alimentación Película		Revisión del freno neumático de la película superior e inferior	MECANICO	Mensual	1
87	Alimentación Película		Lubricar rodamientos del rodillo inferior y superior que soporta el rollo de la película (GRASA SUPERKOTE 2000)	LUBRICADOR	Mensual	1
88	Alimentación Película		Realizar limpieza general al tensor de la película inferior	MECANICO	Trimestral	1
89	Alimentación Película		Realizar mantenimiento general a válvula neumática de control del freno de la película superior	MECANICO	Trimestral	1
90	Seguridad		Limpiar, ajustar y calibrar todos los sensores de la maquina	ELECTRICO	Trimestral	1
91	Seguridad		Limpiar, ajustar y calibrar el sensor de seguridad de vacío	ELECTRICO	Trimestral	1
92	Neumático		Revisar y completar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento (ACEITE TELLUS 37)	Lubricador	Semanal	1

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

Anexo 7.

Histórico de averías años 2011, 2012 y primer semestre de 2013

No.	Fecha	Sistema	Componente	Duración (Minutos)	MTBF (Horas)	Costo
1	25/01/2011	Sistema de formado y sellado	Plancha de formado	172		\$ 150.000
2	08/02/2011	Impresión	Fechador	50	57	\$ 20.000
3	14/02/2011	Sistema de Corte	Resorte del soporte de la cuchilla	25	39	\$ 50.000
4	04/04/2011	Sistema de formado y sellado	Cadena de las Herramientas	40	204	\$ 100.000
5	06/04/2011	Sistema de formado y sellado	Platina del Puente de Formado	35	14	\$ 50.000
6	08/04/2011	Sistema de formado y sellado	Plancha de formado	30	17	\$ 150.000
7	16/04/2011	Sistema de formado y sellado	Plancha de Sellado	65	45	\$ 150.000
8	02/05/2011	Sistema de formado y sellado	Plancha de Sellado	220	23	\$ 71.000
9	04/05/2011	Sistema de Seguridad	Micro suiche de seguridad	60	6	\$ 39.000
10	26/05/2011	Impresión	Fechador	32	74	\$ 20.000
11	19/07/2011	Sistema de Transporte	Cadena de transmision.	180	174	\$ 100.000
12	06/10/2011	Sistema de Corte	Cuchilla transversal.	23	244	\$ 100.000
13	18/11/2011	Sistema de formado y sellado	Molde se sellado	55	177	\$ 150.000
1	29/05/2012	Sistema de Corte	Eje cuchillas circulares	20	601	\$ 140.000
2	30/05/2012	Sistema de Corte	Eje cuchillas circulares	120	6	\$ 140.000
3	30/05/2012	Sistema de Corte	Eje cuchillas circulares	25		\$ 140.000
4	09/08/2012	Sistema de Transporte	Rodamientos del Rodillo guia de la Pelicula	50	147	\$ 50.000
5	23/12/2012	Sistema de Transporte	Cadena transportadora de pelicula	110	490	\$ 500.000
1	26/02/2013	Sistema de formado y sellado	Plancha de formado	85	314	\$ 150.000
2	08/03/2013	Sistema de formado y sellado	Bomba de vacio	66	58	\$ 300.000
3	14/03/2013	Sistema de formado y sellado	Molde se sellado	165	18	\$ 150.000
4	21/03/2013	sistema de vacio	Empaque del puente de sellado	328	88	\$ 20.000
5	24/03/2013	Sistema de Transporte	Cadena transportadora de pelicula	210	25	\$ 400.000
6	25/03/2013	Sistema de Transporte	Cadena transportadora de pelicula	60	12	\$ 400.000
7	05/04/2013	Sistema de formado y sellado	Cadena de las Herramientas	76	37	\$ 100.000
8	10/05/2013	Sistema de Transporte	Cadena transportadora de pelicula	33	157	\$ 400.000
9	11/06/2013	Sistema de formado y sellado	Cadena de las Herramientas	70	143	\$ 10.000
10	16/06/2013	Sistema de Transporte	Cadena transportadora de pelicula	85	46	\$ 400.000
11	20/06/2013	Sistema de formado y sellado	Cadena de las Herramientas	30	66	\$ 100.000
<b>Total</b>				<b>2520</b>	<b>240</b>	<b>\$ 4.550.000</b>

Fuente: Sistema de información SAP, módulo PM.

## Anexo 8.

### Norma OSHA 1910.147 de seguridad, bloqueo, etiquetado de equipos

Se utiliza cuando:

- Hay que remover o neutralizar una barrera de protección u otro mecanismo de seguridad.
- Se tiene que colocar una parte del cuerpo en un lugar donde puede ser atrapado por la máquina de movimiento
- Se realice reparación instalación o mantenimiento en sistemas de transporte de fluidos y gases equipados que operan con presión o equipos móviles por fuerza eléctrica, hidráulica o mecánica.
- Se necesite hacer una extracción o arreglo de mecanismos atascados.
- Se necesite hacer actividades de limpieza.

Pasos:

#### 1. Preparar trabajadores autorizados:

- Antes de apagar el equipo se deben tener en cuenta los tipos de energía y potencia, los peligros causados por esas energías y los mecanismos para controlarlas.
- Elaborar el permiso y tarjeta de seguridad

#### 2. Apagar el equipo

- Antes de apagar el equipo se debe avisar de que se va hacer mantenimiento. Para esto se detendrá el equipo y se bloqueara.
- Si los empleados afectados pueden resultar lesionados, deben salir de la zona de peligro.

#### 3. Aislar y bloquear

- Se debe aislar o bloquear la energía para que esta no llegue al equipo, el cual será intervenido desde los breakers, totalizadores o alimentadores principales.

#### 4. Fijar Candados y Tarjetas

- El empleado debe colocar un candado en el dispositivo de cierre y tarjeta con su información completa para que nadie, excepto la persona autorizada accione el equipo.
- Solo se debe utilizar una pieza adicional si es necesario.
- En caso de no poder usar un seguro con candado, se fijara una tarjeta lo más cerca posible al dispositivo de aislamiento.

## 5. Controlar liberación de energía almacenada

- Los sistemas a presión de aire, gas, vapor, químicos y agua pueden quedar bajo presión aun después de apagarse el equipo, por lo tanto es conveniente dejar escapar la presión ya que el movimiento de partes mecánicas, químicos, vapor y explosiones pueden causar lesiones múltiples al trabajador.
- Se deben verificar las energías residuales en condensadores, conductos y demás sistemas mediante bebo y evolución de manómetros termómetros etc.

## 6. Verificación del aislamiento del equipo:

Antes de empezar a trabajar en el equipo siga los siguientes pasos:

- Revise que el equipo este aislado y desconectado de todas las fuentes de energía, además tenga en cuenta que nadie se encuentre cerca del equipo.
- Accione los controles normales de operación para estar seguro que el equipo no arranca.
- Regrese todos los controles a su punto muerto o apagado después de revisar que el equipo no arranca. Antes de darle mantenimiento a un equipo verifique que todas las fuentes de energía estén: apagadas, aisladas, desconectadas, purgadas o encerradas.

Después de terminar la intervención de mantenimiento o servicio al equipo o máquina, aplique los siguientes pasos para quitar los candados o tarjetas:

- Inspeccionar el trabajo: asegúrese de que tiene todas sus herramientas y que ha vuelto a montar todas las partes del equipo.
- Informar a los trabajadores que los candados y tarjetas se van a quitar: verifique la zona de trabajo y asegúrese que todos los trabajadores están fuera de la zona
- verifique los controles de potencia: asegúrese que los controles de marcha estén en punto muerto o en apagado.
- Quitar el candado o tarjeta: la persona que coloca el candado y la tarjeta es la única persona que los puede quitar.
- Prender la maquina: asegúrese que todos los controles estén el punto muerto o apagado.







**ANEXO 12.**  
**Instructivo PL 001**

## Instructivo PL 001

### Definición de la política de mantenimiento

#### Descripción.

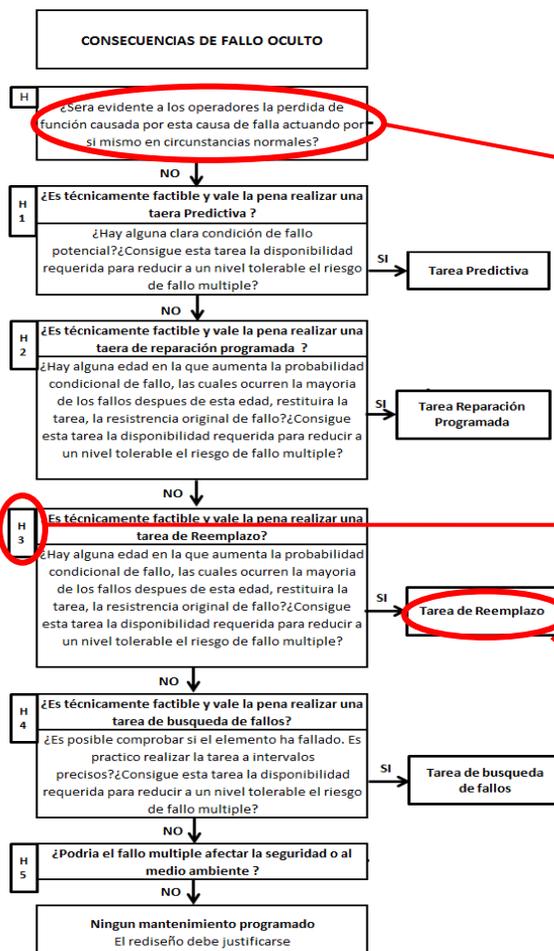
Este manual contiene las instrucciones para la definición de la política de mantenimiento de un equipo mediante la aplicación del diagrama de decisión RCM y la definición de frecuencias y tiempos.

#### 1. Descripción de Diagrama de decisión RCM

El diagrama de decisión es una técnica basada en los principios del RCM para seleccionar el tipo de mantenimiento a desarrollar para cada tarea el plan de mantenimiento existente, integrando todos los procesos de decisión en un marco estratégico y estructurado.

El diagrama de decisión está conformado por cuatro columnas: consecuencias de fallo oculto, consecuencias para la seguridad y medio ambiente, consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales.

Figura 1.



#### Columna consecuencia de fallo oculto

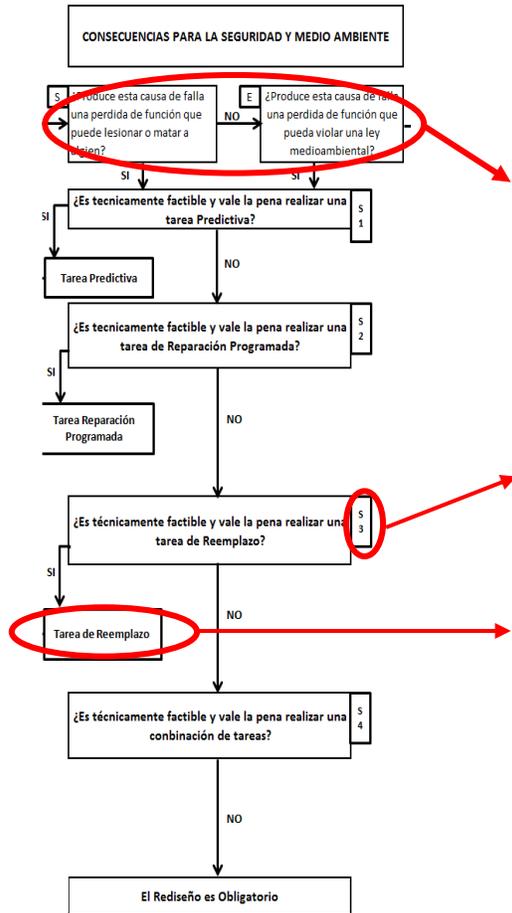
En la primera pregunta de esta columna se verifica si la consecuencia de la falla es oculta.

Si la respuesta a esta pregunta es afirmativa, se debe continuar con la columna consecuencias para seguridad y medio ambiente.

Si la respuesta es negativa, se deben validar las siguientes cinco preguntas de esta columna, las cuales están enumeradas desde la 1 hasta la 5 y tienen asignada la letra **H** que significa falla oculta.

Además, cada pregunta tiene una condicional y todas conducen a una política de mantenimiento.

**Figura 2.**



Consecuencias para la seguridad y medio ambiente.

En la primera pregunta de esta columna se verifica si la consecuencia de la falla es de seguridad y medio ambiente.

Si la respuesta es esta pregunta es afirmativa, se debe continuar con la columna consecuencias operacionales.

Si la respuesta es negativa, se deben validar las siguientes cuatro preguntas, las cuales están enumeradas desde la 1 hasta la 4 y tienen asignada la letra **S** que significa falla de seguridad y medio ambiente.

Además, cada pregunta tiene una condicional y todas conducen a una política de mantenimiento.

Consecuencias operacionales

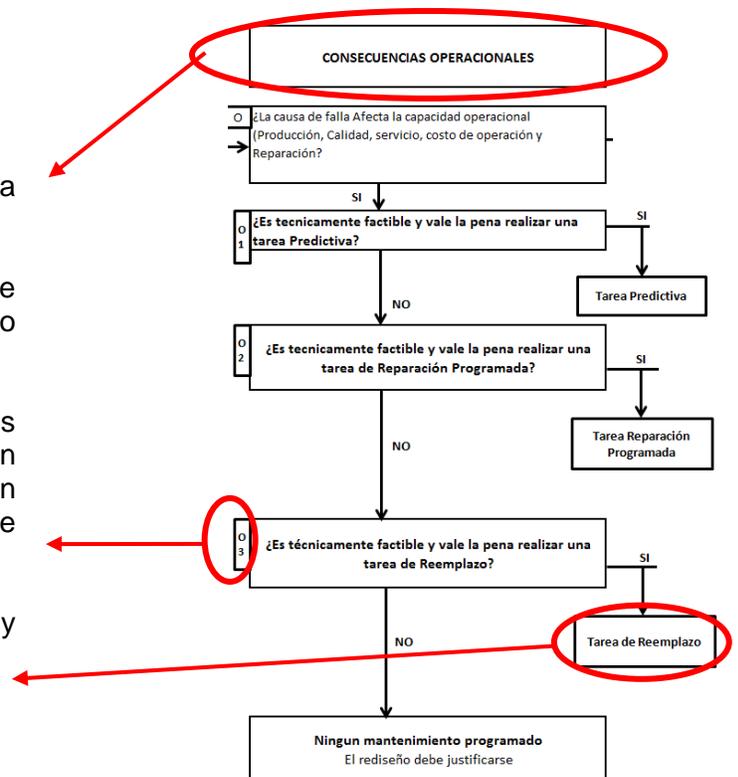
En la primera pregunta de esta columna se verifica si la consecuencia de la falla es de operacional.

Si la respuesta es esta pregunta es afirmativa, se debe continuar con la columna consecuencias no operacionales.

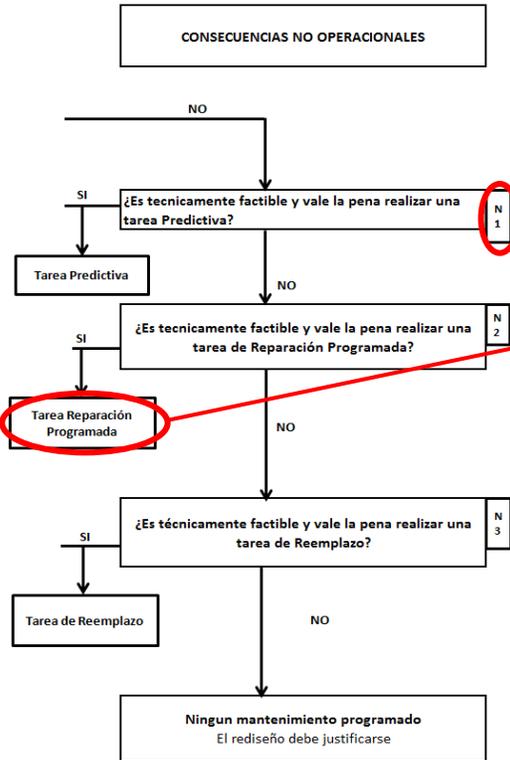
Si la respuesta es negativa, se deben validar las siguientes cuatro preguntas, las cuales están enumeradas desde la 1 hasta la 3 y tienen asignada la letra **O** que significa falla de operacional.

Además, cada pregunta tiene una condicional y todas conducen a una política de mantenimiento

**Figura 3.**



**Figura 4.**



Consecuencias No operacionales

Se deben validar las siguientes tres preguntas, las cuales están enumeradas desde la 1 hasta la 3 y tienen asignada la letra **N** que significa falla de operacional.

Además, cada pregunta tiene una condicional y todas conducen a una política de mantenimiento

**2. Descripción del formato de decisión.**

Este formato es una técnica basada en los principios de RCM que permite registrar la política de mantenimiento obtenidas con el diagrama RCM.

Los campos que conforman este formato son:

**Figura 5.**

N°	Evaluación de Consecuencias				Factibilidad Técnica de las tareas Preventivas			Tareas a falta de		
					H1	H2	H3			
					S1	S2	S3			
					O1	O2	O3			
H	S	O	N	N1	N2	N3	H4	H5	S4	

**Convenciones**

H = Falla Oculta

S = Falla de Seguridad o medio ambiente

O = Falla Operacional

N = Falla No Operacional

a. Número de la consecuencia.

En este caso se registran los números de las tareas que se encuentran en el formato D001.

b. Evaluación de consecuencias

Conformado por las columnas H, S, E, O y N, en las cuales se registran las respuestas a las preguntas del diagrama de decisión que están relacionadas con las consecuencias de cada causa de falla.

c. Factibilidad técnica de las tareas preventivas

En este campo se clasifican las tareas encontradas por tipo de mantenimiento, teniendo en cuenta la nomenclatura de las columnas mencionadas a continuación:

- Columna 1: H1, S1, O1 y N1, corresponde a una tarea predictiva.
- Columna 2: H2, S2, O2 y N2, corresponde a una tarea preventiva de inspección.
- Columna 3: H3, S3, O3 y N3 corresponde a una tarea preventiva de reemplazo o desarme de componente.

d. Tareas a falta de

Corresponden a las columnas H4, H5 y S4, las cuales se utilizan si las tres preguntas de la columna factibilidad técnica de la tarea preventiva, no conducen a ningún tipo de mantenimiento predictivo o preventivo.

*3. Descripción de los pasos para diligenciar el formato de decisión.*

Para diligenciar el formato de decisión, se debe:

- Registrar en la columna N° del formato de decisión, el número que tiene asignado cada tarea que se encuentra en el formato D001.
- Registrar con la letra "X" en la columna evaluación de consecuencias del formato de decisión, el tipo de consecuencia de cada tarea que se encuentra en el formato D001, teniendo en cuenta lo siguiente:

<b>Tipo de consecuencia del formato D001</b>	<b>Numeración formato de decisión</b>
Oculto	H
Seguridad y medio ambiente	S
Operacional	O
No operacional	N

- Identificar las consecuencias del formato D001 y realizar para cada una de ellas, la secuencia lógica del diagrama de decisión RCM, hasta llegar a las acciones de mantenimiento propuesto por dicho diagrama, para lo cual se recorre el diagrama desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha y hacia abajo respondiendo a las preguntas planteadas.



- Diligenciar el campo de factibilidad técnica de las tareas preventivas del formato de decisión de la siguiente manera:
  - En la columna 1: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando la acción obtenida en el diagrama de decisión corresponde a una tarea predictiva.
  - En la columna 2: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando la acción obtenida en el diagrama de decisión corresponde a una tarea preventiva de inspección.
  - En la columna 3: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando la acción obtenida en el diagrama de decisión corresponde a una tarea preventiva de reemplazo o desarme.
- Diligenciar el campo tareas a falta de, de la siguiente manera:
  - En la columna H4: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando, la acción obtenida en el diagrama de decisión corresponda a tareas de búsqueda de fallos.
  - En la columna H5: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando, la acción obtenida del diagrama de decisión corresponda a un rediseño.
  - En la columna S4: Se debe colocar la letra “X” siempre y cuando, la acción obtenida en el diagrama de decisión corresponda a tareas de búsqueda de fallos.

#### *4. Generación de la política de mantenimiento.*

En este punto se determina la política de mantenimiento a aplicar a cada tarea, para lo cual se debe:

- Utilizar el formato PM001 y registrar en él, la información del formato de decisión y del formato D001 que contiene: Número, tipo de mantenimiento, sistema, sub-sistema, componente.
- Hacer la descripción de la actividad a realizar, en el campo tarea propuesta del formato PM001, detallando los rangos de trabajo de cada componente,
- Asignar a cada tarea un responsable según la especialidad y el tipo de tarea a realizar teniendo en cuenta:

<b>Especialidad</b>	<b>Tipo de actividad</b>
Mecánico	Tareas mecánicas
Eléctrico	Tareas eléctricas
Electrónico	Tareas electrónicas
Lubricador	Tares de lubricación
Operario	Tares de limpieza, lubricaciones menores y ajuste menores
Metrologo	Tareas de calibración
Instrumentista	Tareas de calibración

- Definir la frecuencia de cada actividad de la siguiente forma:
  - Calcule el MTBF de cada componente, según el historial de fallas.
  - Aplique la siguiente fórmula, según el caso:

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Ecuación</b>
Inspección operativa (tareas de lubricación, ajuste e inspección)	$FFI = 2*(1-R)*MTBF$ R: Porcentaje de confiabilidad deseada para el equipo
Mantenimiento predictivo	$CBM = 0.22*MTBF$
Mantenimiento Preventivo – Intrusivo (Desarme)	$Tarea Intrusiva = 0.6*MTBF$
Mantenimiento Preventivo No intrusivo – Inspecciones	$Tarea no intrusiva = 0.16*MTBF$

- Definir el tiempo por cada actividad propuesta, teniendo en cuenta que:
  - a. Si la actividad es un ajuste, revisión, medición o limpieza el tiempo se determina con la experiencia técnica o el historial de mantenimiento y se registra en el campo tiempo del formato PM001.
  - b. Si la actividad es un desarme y arme o cambio de componente, es necesario:
- Tomar una muestra inicial del tamaño n1 y estimar la desviación estándar (S) y la media de la muestra X

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum xi^2 - \left(\frac{\sum xi}{n}\right)^2}{n-1}}$$

- Determinar el número de la muestra, utilizando el nivel de confianza Z= 95% y nivel de exactitud A = 10%

$$n = \left[ \frac{Z\alpha/2S}{AX} \right]^2$$

- Realizar el cálculo de tiempos básicos de las tareas para ello es necesario calcular: BT = OT (Calificación/100)

- Costo total:

Se registra en el campo costo, el costo total de la actividad.





Anexo 15.  
Formato D001

Formato D001 - Recopilación de tareas del plan de mantenimiento

Fecha:	DD	MM	AA
	2	7	13

*Datos responsable de ejecución*

Elaborado por: Yasmin Tocoche  
Cargo: Analista de mantenimiento

*Identificación del equipo a analizar*

Nombre equipo: Tiromat VA 430

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla	Función	Consecuencias	
1	Vacio	Bomba Vacío Bush 400 de sellado		Revisión sistema de Refrigeración	Semestral	Mecanico	Calentamiento de bomba	Vacio 0, o vacío deficiente por debajo del estándar	Evidente	Perdida operacional
2	Vacio	Bomba Vacío Bush		Realizar over holl general a la bomba	Cada Año 1/2	Mecanico	Desgaste de componentes internos	Vacio 0, o vacío deficiente por debajo del estándar	Evidente	Perdida operacional
3	Vacio	Bomba Vacío Bush Formado 400		Revisión del nivel de aceite del tanque ( ACEITE OMALA 320)	Semanal	Lubricador	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste	No hace vacío en la estación de sellado	Evidente	Perdida operacional
4	Vacio	Formado	Bomba de Formado	Cambio de acople motor	Semestral	Mecanico	Cristalización del material	No hay formación de bolsillos	Oculto	
5	Vacio	Sellado	Bomba aceleración	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	Semestral	Lubricador	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste	Vacio 0, o vacío deficiente por debajo del estándar	Evidente	Perdida operacional
6	Vacio	Bomba Vacío Bush 400 de sellado	filtro exhosto	Revisión del filtro exhosto	Semestral	Mecanico	Saturación de filtros	Contaminación en el ambiente	Evidente	Riesgo

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla	Función	Consecuencias	
7	Vacio	Bomba Vacío Bush 100 de Formado	filtro exhosto	Revisión del filtro exhosto	Semestral	Mecanico	Saturación de filtros	Contaminación en el ambiente		Revisión del filtro exhosto
8	Transporte		Rodillos guías	Revisión, limpieza de rodillos guías de la banda transportadora de película	Bimensual	Mecanico	Acumulación de película en rodillos y piñones	Atascamiento de avance	Evidente	Perdida operacional
9	Transporte		Cadenas Película	Limpiar, revisar las cadenas de transporte de la película	Mensual	Mecanico	Oxidación y estiramiento	Arrugas en el sistema de formado que conlleva a problemas de sellado, mal sellado por película inferior suelta	Evidente	Perdida operacional
10	Transporte	Motor Principal	Freno	Revisió general del embague del motor principal	Semestral	Mecanico	Suciedad entre el freno y la placa	Fallas en el corte transversal, y mal sellado, sella corrida la película	Oculto	
11	Sellado		Marco de Sellado	Verificar linealidad del marco (NO HAYA PANDEO)	Mensual	Mecanico	Fuga de vacío	Mal sellado	Evidente	Perdida operacional
12	Sellado	Vacio	Bloques de Valvulas de aireación	Revisión del bloque de pistones de estación de sellado	Trimestral	Mecanico	Obstrucción de vías de flujo de aire hacia la estación (Sellado y Formado)	Vacio 0, o vacío deficiente por debajo del estándar	Evidente	Perdida operacional
13	Seguridad		Sensores	Limpiar, ajustar y calibrar todos los sensores de la máquina	Trimestral	Eléctrico	Desajuste en las conexiones	Paro de máquina general	Oculto	
14	neumatico			Revisar y completar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento (ACEITE TELLUS 37)	Semanal	Lubricador	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste	Mal vacío de sellado y formado,	Evidente	Perdida operacional
15	Formado y Sellado		Plancha de formado	Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de la plancha calentadora de formado	Trimestral	Eléctrico	Desajuste en las conexiones	Formado deficiente	Oculto	
16	Formado y Sellado		plancha formado	Revisión y ajuste de las planchas de formado, verificación el voltaje de entrada de la fuente en el tablero de control	Bimensual	Eléctrico	Desajuste en las conexiones	Formado deficiente	Oculto	
17	Formado y Sellado		plancha sellado	Revisión y ajuste de las planchas de sellado, verificación el voltaje de entrada de la fuente en el tablero de control	Bimensual	Eléctrico	Desajuste en las conexiones	Sellado deficiente	Oculto	

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla	Función	Consecuencias	
18	Formado y Sellado		Rodamientos herramientas	Lubricación general a los rodamientos de las herramientas (GRASA SUPRKOTE 2000, 3 BOMBazos CADA UNO)	Semanal	Lubricador	Deterioro del rodamiento	Las herramientas se frenan y no hacen el recorrido necesario para realiza el sellad	Evidente	Perdida operacional
19	Formado y Sellado		Marco de Formado	Verificar linealidad del marco (NO HAYA PANDEO)	Mensual	Mecanico	Fuga de vacio	Mal formado	Evidente	Perdida operacional
20	Formado y Sellado		Marco sellado	Revisión y/o cambio de empaque redondo del marco de sellado y formado	Mensual	Mecanico	Fuga de vacio	Perdida de vacio	Evidente	Perdida operacional
21	Formado y Sellado		sello y pistones	Revisión del sello y pistones de la estación de sellado (Revisión del bloque de	Bimensual	Mecanico	Fugas de vacio	Vacio deficiente	Evidente	Perdida operacional
22	Formado y Sellado		Plancha de Sellado y formado	Limpiar los residuos de la película entre marco y la plancha en el sietma de sellado y formado	Mensual	Mecanico	Mal sellado	Sellado o formado	Evidente	Perdida operacional
23	Formado y Sellado		plancha sellado y formado	Verificar estado de teflon en la plancha de sellado y formado	Mensual	Mecanico	Mal sellado	Sellado o formado	Evidente	Solo reparación
24	Formado y Sellado		Ducto	Desmontar y limpiar el ducto del puente de sellado	Mensual	Mecanico	Obstrucción de las vías de sistema de vació	Mal vacio	Oculto	
25	Formado y Sellado		cadena de las herramientas	Revisión general de las cadenas de las herramientas del sistema de formado	Trimestral	Mecanico	Oxidación y estiramiento	avance de la película	Evidente	Perdida operacional
26	Formado		Plancha de formado	Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de la plancha calentadora de formado	Trimestral	Electrico	Desajuste en las conexiones	Mal formado	Oculto	

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla	Función	Consecuencias	
27	Electrico y Electrónico		Bornes del transformado	Realizar limpieza y ajuste terminales a los transformadores	Semestral	Electrico	Desajuste en las conexiones	Paro general de la maquina	Oculto	
28	Electrico y Electrónico		Bornes del Modulo de corriente continua	Hacer limpieza y ajuste de terminales al modulo de alimentación de corriente continua	Semestral	Electrico	Desajuste en las conexiones	Paro general de la maquina	Oculto	
29	Electrico y Electrónico		Borneras	Hacer limpieza y ajuste de terminales de todas las borneras	Semestral	Electrico	Desajuste en las conexiones	Paro general de la maquina	Oculto	
30	Electrico y Electrónico		Controles	Revisión de controles, contactores, relevadores, sensores y lineas electricas	Trimestral	Electrico	Desajuste en las conexiones	Paro general de la maquina	Oculto	
31	Corte	Transversal	Guías cuchillas transversales	Realizar limpieza de las guías de las cuchillas transversales	Mensual	Mecanico	Atascamiento de la base de la cuchillas	Mal corte transversal	Evidente	Solo reparaciõnn
32	Corte	Longitudinal	Base del eje cuchillas Circulares	Cambio de rodamientos del eje de las cuchillas circulares	5 Años	Mecanico	Desgaste de Rodamientos	Mal corte longitudinal	Evidente	Perdida operacional
33	Corte	Aspiradora		Revisión general de la aspiradora de la película	Mensual	Mecanico	Desgaste y rotura en los impellers, problemas de rodamientos.	Atascamiento en el avance, soltar la película inferior de las cadenas provocando problemas de sellado	Evidente	Perdida operacional
34	Corte	Transversal	Base cuchillas transversales	Cambio de resortes del sistema de corte transversal	Trimestral	Mecanico	Rotura de Resortes	Mal corte transversal	Evidente	Solo reparaciõnn
35	Alimentación de la Película		Freno	Revisión del freno neumático de la película superior e inferior	Mensual	Mecanico	Desgaste en la pastilla	Mal sellado y problemas corte transversal	Evidente	Solo reparaciõnn
36	Alimentación de la Película		Tensor	Realizar limpieza general al tensor de la película inferior	Trimestral	Mecanico	Fugas de aire comprimido	avance de la película	Evidente	Solo reparaciõnn
37	Alimentación de la Película		Valvula neumatica	Realizar mantenimiento generala valvula neumatica de control del freno de la película superior	Trimestral	Mecanico	Fugas de aire y desgastes internos	avance de la película	Evidente	Solo reparaciõnn

Fuente: Las autoras

Anexo 16.

Formato D002

**Formato D002- Actividades que no previenen ningún fallo**

Fecha:

DD	MM	AA
2	7	13

*Datos resposanble de ejecución*

Elaborado por: Yasmin Tocoche  
Cargo: Analista de mantenimiento

*Identificación del equipo a analizar*

Nombre equipo: Tiromat VA 430

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla
1	Formado y sellado		Cilindro doble efecto	Realizar limpieza de los cilindros de formado y sellado	Trimestral	Mecanico	No previene ningun fallo
2	Electrico y electronico			Hacer limpieza y ajuste de terminales a la tarjeta de fusibles de la alimentación de corriente continua	Semestral	Electrico	Esta maquina no tiene este material
3	Electrico y electronico			Ajustar fusibles de la tarjeta de alimentación de corriente continua y verificar su valor en amperios	Semestral	Electrico	Esta maquina no tiene este material
4	Electrico y electronico			Verificar el funcionamiento del PLC y revisar estado delas tarjetas	Semestral	Electronico	Esta maquina no tiene este material
5	Electrico y electronico			Verificar el funcionamiento de las pantallas de control y revisar conexiones	Semestral	Electronico	Esta maquina no tiene este material

Fuente: Las autoras

Anexo 17.  
Formato D003

**Formato D003- Recopilación de tareas repetidas del plan de mantenimiento**

Fecha:	DD	MM	AA
	2	7	13

Datos responsable de ejecución

Elaborado por: Yasmin Tocoche

Cargo: Analista de mantenimiento

Identificación del equipo a analizar

Nombre equipo: Tiromat VA 430

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla
1	Vacio	Bomba Vacio Bush		Verificación del nivel y estado de aceite cambiar si es necesario (ACEITE OMALA 320)	Lubricador	Semestral	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
2	Vacio	Bomba Vacio Bush		Revisión de aceite	Lubricador	Trimestral	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
3	Vacio	Sellado	Bomba aceleración	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	Lubricador	Semestral	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
4	Vacio	Sellado	Bomba estación de sellado	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	Lubricador	Semestral	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
5	Vacio	Formado y sellado	Valvulas bloque	Revisión de valvulas del bloque de estación de sellado y formado	Mecanico	Trimestral	Fugas de aire
6	Vacio	Bomba Vacio Bush	Valvula admisión	Revisión de la valvula de admisión	Mecanico	Semestral	
7	Formado y Sellado		Plancha de formado	Ajustar tomilleria en la plancha calentadora de formado	Electrico	Trimestral	Desajuste en las conexiones
8	Formado y Sellado		Rodamientos herramientas	Lubricar los rodamientos de las herramientas (GRASA SUPERKOTE 2000 3 BOMBAZOS)	Lubricador	Mensual	Deterioro del rodamiento
9	Formado y Sellado		Bloque de pistones	Revisión del bloque de pistones de estación de sellado	Mecanico	Trimestral	Fugas de vacio
10	Formado y Sellado		cadena de las herramientas	Limpiar, revisar y lubricar las cadenas de los cilindros de las herramientas (LUBRICANTE OKS 451 SPRY)	Lubricador	Semanal	Oxidación y estiramiento
11	formado y sellado		cadena de las herramientas	Desmante de adenas de las herramientas, revisión y/o cambio de la unión, lavado en aceite mineal y revisión general de las mismas	Mecanico	Semestral	Oxidación y estiramiento
12	formado y sellado		Cadenas delas herramientas	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de estación de sellado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
13	formado y sellado		cadena de las herramientas	Revisión, auste y lubricación del sistema de herramientas de la estación de formado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
14	formado y sellado		cadena de las herramientas	Cambio de cadenas de las herramientas de formado	Mecanico	Trimestral	Oxidación y estiramiento

Fuente: Las autoras

<i>N°</i>	<i>Sistema</i>	<i>Subsistema</i>	<i>Componente</i>	<i>Tarea</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Responsable</i>	<i>Causa de falla</i>
15	formado y sellado		cadena de las herramientas	Revisión y cambio de las cadenas herramientas	Mecanico	Trimestral	Oxidación y estiramiento
16	Transporte		cadena de las herramientas	Desmonte de adenas de las herramientas, revisión y/o cambio de la unión, lavado en aceite mineal y revisión general de las mismas	Mecanico	Semestral	Oxidación y estiramiento
17	Transporte		Cadenas de las herramientas	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de estación de sellado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
18	Transporte		cadena de las herramientas	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de la estación de formado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
19	Transporte		cadena de las herramientas	Cambio de cadenas de las herramientas de formado	Mecanico	Trimestral	Oxidación y estiramiento
20	Transporte		Reductor principal	Revisión del nivel de aceite al reductor principal	Mecanico	Mensual	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
21	Transporte		Reductor principal	Verificación del estado del aceite del reductor principal	Mecanico	Semestral	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
22	Transporte		Reductor principal	Cambio de aceite al reductor de las cadenas (ACEITE OMALA 320)	Lubricador	Anual	Deterioro del aceite por contaminación, por desgaste
23	Transporte		Motor principal	Limpieza del freno	Mecanico	2 años	Suciedad entre el freno y la placa
24	Corte	Longitudinal	Base y alojamiento	Revisión de base y alojamiento de las cuchillas longitudinales	Mecanico	Mensual	Desajuste base alojamiento
25	Corte	Transversal	Guías cuchillas transversales	Realizar la ubicación del sistema corte transversal	Mecanico	Mensual	Desgaste base y guías de las cuchillas

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla
26	Corte	Longitudinal	Cuchilla circular	Afilado de cuchilla	Mecanico	Mensual	Perdida de filo
27	Corte	Transversal	Base cuchillas transversales	Revisión y/o cambio de pines	Mecanico	Mensual	Rotura de pines
28	Corte	Transversal	Base cuchillas transversales	Revisión y/o cambio de resortes	Mecanico	Mensual	Rotura de Resortes
29	Sellado		sello y pistones	Revisión del sello y pistones de la estación de sellado	Mecanico	Bimensual	Fugas de vacío
30	Sellado		Cadenas de las herramientas	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de estación de sellado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
31	Formado		cadena de las herramientas	Revisión, ajuste y lubricación del sistema de herramientas de la estación de formado	Mecanico	Mensual	Oxidación y estiramiento
32	Formado		cadena de las herramientas	Cambio de cadenas de las herramientas de formado	Mecanico	Trimestral	Oxidación y estiramiento
33	Formado		cadena de las herramientas	Revisión general de las cadenas de las herramientas del sistema de formado	Mecanico	Trimestral	Oxidación y estiramiento
34	Alimentación Película			Lubricar rodamientos del rodillo inferior y superior que soporta el rollo de la película (GRASA SUPERKOTE 2000)	Lubricador	Mensual	Estos rodamientos son sellados no tienen lubricación
35	Corte	Transversal	Base cuchillas transversales	Revisión y/o cambio de pines	Mecanico	Mensual	Sevisar con mecanico

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Responsable	Causa de falla
36	Vacio	Bomba Vacio Bush	Borneras	Revisión y ajuste	Eléctrico	Semestral	No hace vacio en la estación de sellado
37	Vacio	Bomba Vacio Bush	Breaker	Revisión y ajuste	Eléctrico	Semestral	No hace vacio en la estación de sellado
38	Vacio	Bomba Vacio Bush	Termicos	Revisión y ajuste	Eléctrico	Semestral	No hace vacio en la estación de sellado
39	Vacio	Bomba Vacio Bush	Motor electrico	Verificación de voltajes, corrientes en la bornera y estado general	Eléctrico	Semestral	Vacio 0, o vacio deficiente por debajo del estándar
40	Vacio	Formado y sellado	Valvulas bloque	Revisión de valvulas del bloque de estación de sellado y formado	Mecanico	Trimestral	Vacio 0, o vacio deficiente por debajo del estándar
41	Vacio	Formado y sellado	Bloques de Valvulas de aireación	Revisión de bloques de la estación de sellado y formado	Mecanico	Trimestral	Vacio 0, o vacio deficiente por debajo del estándar
42	Formado y Sellado		plancha sellado y formado	Recurimiento con teflon de las planchas de formado y sellado	Mecanico	Anual	Sellado o formado
43	Transporte		Motor principal	Cambio de rodamientos al motor principal	Mecanico	2 años	Daño en el avance
44	Transporte		Reductor principal	Reparación general del reductor principal	Mecanico	2 años	Daño en el avance
45	Transporte		Rodillos contrapresión	Verificar que los rodillos de contrapresión no presenten huellas de desgaste de ser así desplazar de posición las cuchillas de precorte circular	Mecanico	Mensual	Mal corte longitudinal
46	Transporte		Reductor principal	Cambio de aceite al reductor de las cadenas (ACEITE OMALA 320)	Lubricador	Anual	Daño en el avance
47	Transporte		Terminales del Pulsador	Limpia y ajustar terminales del pulsador de avance manual	Eléctrico	Trimestral	Paro general de la maquina
48	Transporte		Bornera	Revisar bornera de motor de avance y ajustar terminales	Eléctrico	Semestral	Paro general de la maquina
49	Transporte			Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de avance manual	Eléctrico	Trimestral	Paro general de la maquina
50	Transporte		Motor principal	Verificación de calibración		Trimestral	Mal corte transversal

Fuente: Las autoras

Anexo 18.

Formato PM001

**Formato PM001 Plan de mantenimiento de la empacadora Tiromat VA 430**

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Tiempo	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsable	Costo
1	Vacio	Bomba Vacio Bush 400 de sellado		Verificar que las laminillas disipadoras de calor del serpentín no se encuentren dobladas, ni aplastadas, verificar que el serpentín no tenga fugas de aceite ni se encuentre golpeado, verifique que el flujo de aire del ventilador atraviese el serpentín.	Trimestral	1	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
2	Vacio	Bomba Vacio Bush 400 de sellado		Realizar análisis de vibraciones y análisis de aceite a la Bomba Vacio Bush 400 de sellado	Semestral	1	Mantenimiento predictivo analisis de vibraciones y analisis de aceite, ruta de eficiencia de vacio	Tarea Inspección	Mecanico Externo	
3	Vacio	Bomba Vacio Bush Formado 400		Revisión del nivel de aceite NUTO H MOBIL ISO 100 del tanque Bamba de vacio de Formado Buch 400.	Semanal	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Lubricador	
4	Vacio	Formado	Bomba de Formado	Cambio de acople motor (500A852).	Semestral	2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 84.800
5	Vacio	Sellado	Bomba aceleración	Revisar y completar nivel de aceite (ACEITE TELLUS 37)	Semanal	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Lubricador	\$ 20.000

Fuente: Las autoras

N.	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuenc	Tiemp	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsab	Costo
6	Vacio	Bomba Vacio Bush 400 de sellado	filtro exhosto	Revisión del filtro exhosto (452786) del tanque de la cámara de almacenamiento de aceite, inspeccionar que el filtro no esté saturado de aceite. Si el filtro se encuentra saturado de aceite realizar cambio	Trimestral	1	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 50.000
7	Vacio	Bomba Vacio Bush 100 de Formado	filtro exhosto	Revisión del filtro exhosto (452786) del tanque de la cámara de almacenamiento de aceite, inspeccionar que el filtro no esté saturado de aceite. Si el filtro se encuentra saturado de aceite realizar cambio	Trimestral	1	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
8	Transporte		Rodillos guias	Revisión, limpieza de rodillos guias de la banda transportadora de película (412533) y banda de salida del producto, transmisión entre piñón y cadena, limpiar residuos de película en pines.	Semanal	0,3	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	operario	
9	Transporte		Cadenas Pelicula	Realizar Limpieza y revisar las cadenas de transporte de la película (412533), para ello se debe, quitar las uniones que la sujetan a la maquina y desmontarlas, sumergir en Desengrasante Grasoff en solución 1 a 5 con agua y dejarlas por 24 horas, Realizar limpieza manual con cepillo, secar con aire comprimido y realizar montaje.	Anual	32	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 540.625
10	Transporte	Motor Principal	Freno	Revisar freno del motor principal (458563), para ello se debe desmontar tapa trasera del motor y retirar el freno, realizar limpieza a la pastilla del freno (488596) y se debe accionar eléctricamente el freno evidenciando que el sistema entra y sale, cumpliendo la distancia de desplazamiento	Semestral	1	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 295.114
11	Sellado		Marco de Sellado	Verificar linealidad de los 9 marcos de sellado (MS1, MS2, MS3, MS4, MS5, MS6, MS7, MS8, MS9), utilizando escuadra de 90 grados tipo industrial.	Semanal	0,7	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Operario	
12	Sellado	Vacio	Bloques de Valvulas de aireación	Revisión de los 2 bloque de válvulas de vacio (458596) del sistema de sellado y formado, desmontar, cambiar empaquetaduras, verificar accionamiento del embolo, y fugas. Se deben inspeccionar en total 8 válvulas.	Semestral	5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 543.019

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuencia	Tiempo	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsable	Costo
13	Seguridad		Sensores	Limpiar y ajustar los sensores de seguridad, tapa de formado, tapa de sellado, tapa anterior estación de formado, tapa cuchillas trasversales, tapa de cuchillas circulares, verificar que están enviando la señal de voltaje, la cual debe ser de 24VAC, para ello quitar tapa correspondiente y verificar en el panel del PLC si la señal de el sensor este llegando y que la maquina no acciona.	Trimestral	0,7	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
14	neumatico			Revisar y completar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento (ACEITE WHITE MINERAL PETROCANADA 2ml), y verificar pasó de aceite al sistema neumático el cual debe ser 1 gota cada 8 ciclos.	Quincenal	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Lubricador	\$ 40.000
15	Formado y Sellado		Plancha de formado	Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de las 3 planchas de formado (PFG1, PFM1, PFP1)	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
16	Formado y Sellado		plancha formado	Verifique tensiones de alimentación en las 3 planchas de Formado (PFG1, PFM1, PFP1), las cuales deben estar es 220VAC, verificar temperaturas en extremos y centro de la plancha, debe tener una variación de +- 5°C	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
17	Formado y Sellado		plancha sellado	Verifique tensiones de alimentación en las 6 planchas de sellado (PSG1, PSG2, PSM1, PSM2, PSP1, PSP2) las cuales deben estar es 220VAC, verificar temperaturas en extremos y centro de la plancha, debe tener una variación de +- 5°C	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
18	Formado y Sellado		Rodamientos herramientas	Lubricación a los rodamientos 6205 FAG 2RS C3 de las herramientas de sellado y formado (SUMTECH FMG SUMMIT KLUBER H1 4 bombazos).	Mensual	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Lubricador	
19	Formado y Sellado		Marco de Formado	Verificar linealidad de los 3 marcos de formado (MF1, MF2, MF3), utilizando escuadra de a 90 grados tipo industrial.	Semanal	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Operario	
20	Formado y Sellado		Marco sellado	Revisión de el empaque redondo de 5mm de (455258) e los 3 marco de formado (MF1, MF2, MF3), revisar que no tenga perdida de material, que no esté aplastando, que no tenga fisuras y que no esté despegado y hermeticidad en las uniones. Si estas condiciones no se cumplen realizar cambio de empaque, limpiar con loctite 395, secar y pegar con loctite 420.	Semanal	0,7	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	

Fuente: Las autoras

I.T	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuenc	Tiemp	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsab	Costo
21	Formado y Sellado		sello y pistones	Revisión inspección de fugas en el sello y pistones (458598) de la estación de sellado.	Trimestral	0,5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
22	Formado y Sellado		Plancha de Sellado y formado	Limpiar los residuos de la película entre marco de la plancha de sellado y la superficie del área de calentamiento de la plancha de sellado, en el sistema de sellado y formado	Mensual	1,5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
23	Formado y Sellado		plancha sellado y formado	Verificar estado de teflón en las planchas de sellado y formado (PFG1, PFM1, PFP1, PSG1, PSG2, PSM1, PSM2, PSP1, PSP2) verificar que no tanguen golpes, ni rayones, que la plancha conserve la linealidad en la superficie utilizar escuadra a 90° industrial.	Bimestral	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Operario	
24	Formado y Sellado		Ducto	Desmontar y limpiar el ducto (458589) del puente de sellado.	Trimestral	4	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	
25	Formado y Sellado		cadenas de las herramientas	Realizar Limpieza y revisar las cadenas de 55Pul y 33Pulde las herramientas (412534) del sistema de formado y sellado, para ello se debe, quitar las uniones que la sujetan a la maquina y desmontarlas, sumergir en Desengrasante Grasoff en solución 1 a 5 con agua y dejarlas por 2 horas, Realizar limpieza manual con cepillo, secar con aire comprimido y realizar montaje. Después del montaje realizar lubricación a los eslabones de la cadena con aceite OKS 3751.	Anual	5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Lubricador	\$ 900.219
26	Formado		Plancha de sellado	Destapar, limpiar y ajustar terminales en los plugs macho y hembra de las6 plancha de sellado (PSG1, PSG2, PSM1, PSM2, PSP1, PSP2).	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
27	Electrico y Electrónico		Bornes del transformado	Verificar que el cable este bien ajustado en el borne (456743) y verificar el ajuste del tornillo del borne de los transformadores.	Semestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
28	Electrico y Electrónico		Bornes del Modulo de corriente continua	Verificar que el cable este bien ajustado en el borne (456793) y verificar el ajuste del tornillo del borne de el modulo de alimentación de corriente continua.	Semestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
29	Electrico y Electrónico		Borneras	Verificar que el cable este bien ajustado en las borneras (456743, 456784) y verificar el ajuste de los tornillos.	Semestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
30	Electrico y Electrónico		Controles	Verificar ajuste de cable del borne y ajuste del tornillo, accione manualmente y confirme accionamiento del control.	Semestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	

Fuente: Las autoras

I.T	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuenc	Tiemp	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsab	Costo
33	Corte	Aspiradora		Revisión de la aspiradora de la película, vaciar deposito colector, y retirar residuos de película.	Quincenal	0,3	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Operario	
32	Corte	Longitudinal	Base del eje cuchillas Circulares	Cambio de los 2 rodamientos de aguja FAG 6002 2RS C3 (415403) del eje de las cuchillas circulares y pistas FAG 35X40X30 a la base del eje de las cuchillas circulares, los cuales se encuentran a cada extremo del eje.	Cada 3 años	2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 10.418
35	Alimentación de la Película		Freno	Revisión del freno neumático de la película superior e inferior, para ello se debe, Revisar el juego entre los bujes (150A413) de los rodillos, Limpiar y verificar ajustes a zapata del freno, revisar rodamiento 6205 2RS (415371) y Revisar que no hayan fugas en el cilindro neumático, actuar sistema manualmente, y verificar liberación de movimiento del rodillo principal inferior y superior.	Trimestral	2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
36	Alimentación de la Película		Tensor	Realizar y limpiar tensor de la cadena película inferior, Verificar el accionamiento neumático a palanca de rodillos 3/2 pasos, verificar fugas de aire comprimido.	Trimestral	0,5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
37	Alimentación de la Película		Valvula neumatica	Realizar inspección a válvula neumática de control del freno de la película superior (456789), verificar accionamiento del Spool de la válvula neumática y verificar fugas de aire comprimido.	Trimestral	0,5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
38	Vacio	Bomba Vacío Bush Formado 100		Verificar que las laminillas disipadoras de calor del serpentín no se encuentren dobladas, ni aplastadas, verificar que el serpentín no tenga fugas de aceite ni se encuentre golpeado, verifique que el flujo de aire del ventilador atraviese el serpentín	Trimestral	1	Mantenimiento predictivo analisis de vibraciones y analisis de aceite, ruta de eficiencia de vacío		Mecanico Externo	
39	Vacio	Bomba Vacío Bush Formado 100		Realizar analisis de vibraciones y analisis de aceite	Semestral	1	Mantenimiento predictivo analisis de vibraciones y analisis de aceite, ruta de eficiencia de vacío		Mecanico Externo	
40	Vacio	Bomba Vacío Bush Formado 100		Revisión del nivel de aceite HYSYNG FG SUMMIT KLUBER ISO 100 del tanque Bamba de vacío de Formado Buch 100	Semanal	1	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Lubricador	
31	Corte	Transversal	Guías cuchillas transversales	Realizar revisión y limpieza de las 2 guías de las cuchillas transversales, revisar empaque siliconado de 5mm de diámetro del receptor (501A585), si este se encuentra partido, con irregularidades en el material, con desprendimiento del material del que está compuesto o presenta aplastamiento, realizar cambio. Hacer un corte de 35mm de longitud al empaque para cada guía y pegar con Loctite 420.	Quincenal	0,5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Operario	
34	Corte	Transversal	Base cuchillas transversales	Revisar el estado de los resortes de compresión 55mm (500A584) de la base que sujeta las cuchillas y verificar el corte de las cuchillas transversales.	Mensual	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	

Fuente: Las autoras

N°	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuenc	Tiemp	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsab	Costo
50	Corte	Aspiradora	Motor eléctrico	Cambio de rodamientos Rodamiento FAG 6206 2RSR C3, Rodamiento FAG 6205 2RSR C3 y Retenedor 30x52x7mm buna al motor eléctrico de la aspiradora del sistema de corte longitudinal	Cada 5 años	8	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 60.000
47	Corte	Longitudinal	Guía de Corte	Revisión de cuchillas circulares (180A367), revisar que la cuchilla no tenga rebabas, que conserve Angulo de corte el cual se debe mantener en toda su longitud, que la cuchilla no esté despicada o que no haya perdido material de su composición. Revisar y posicionar la guía de corte (W500B028) de acuerdo alineación con cuchilla, revisar el estado del eje (150A056) que se encuentre ajustado entre los soportes, sin oxidación, revisar ajuste del acople de eje de las cuchillas (500A109).	Quincenal	0,3	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
41	Transporte		Reductor	Revisar aceite al reductor principal de las cadenas, revisar que no tenga fuga de aceite y monitorear temperatura con sensor infrarrojo	Trimestral	0,2	Mantenimiento predictivo analisis de vibraciones y analisis de aceite, ruta de eficiencia de vacio		Lubricador	
42	Transporte		Transmisión mecánica de la cadena transportadora de la película	Cambio de rodamientos HK6020 y pista INA IR 55X60X25 de los 6 piñones (2 por cada piñón) y Rodamiento HK4020 y pista INA IR 35X40X30 de las 6 guías (2 por cada guía), Rodamiento HK6020 y pista INA IR 55X60X25 al eje de transmisión principal. Verificar estado de piñones que conserven ángulos de ataque y verificar el estado de las guías..	Cada 5 años	5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 500.000
43	Formado y sellado		Rodamientos Elevación sellado	Lubricación a los rodamientos 6004 FAG 2RS C3 elevación de las herramientas de sellado y formado (SUMTECH FMG SUMMIT KLUBER H1 4 bombazos)	Semanal	0,2	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Lubricador	
44	Eléctrico y Electrónico		Contactores	Cambio de 3 coctadores de 220 VAC 25AMP, Telemecanique	Anual	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Electricista	\$ 536.562
45	Eléctrico y Electrónico		Sensores	Limpiar y ajustar todos los sensores inductivos, herramientas arriba, formado abajo, sellado arriba, sellado abajo, freno superior, freno inferior, verificar que este bien ajustado con la contratuerca y accionar manualmente la maquina verificando que la señal del 24VAC del sensor llegue al PLC.	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Electricista	
46	Eléctrico y Electrónico		Reles	Cambio de los 3 reles de 220VAC	Cada 2 años	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Electricista	\$ 725.000
48	Corte	Longitudinal	Soporte cuchilla longitudinal	Revisar soporte de cuchilla longitudinal (455019), verificar que no hayan fugas, y verificar estado de los tornillos de ajuste del sistema de acople	Trimestral	0,3	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme y reemplazo de componente	Mecanico	\$ 2.285.265
49	Corte	Transversal	Cilindros Neumaticos	Revisión que los (6) Cilindro 63x20mm neumático simple efecto 1/8"NPT FESTO ADVU-63 -A-, no tengas fugas, revisar ajustes de los tornillos y estado de las cabezas de los tornillos, revisión de fugas en racores y mangueras.	Semestral	0,3	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	

Fuente: Las autoras

I.I	Sistema	Subsistema	Componente	Tarea	Frecuenc	Tiemp	Tipo de mantenimiento	Tipo de Tarea	Responsab	Costo
51	Alimentación de la Película		Rodillos deslizamiento película superior e inferior	Revisar Rodillos deslizamiento de película superior e inferior, verificar que los rodillos giren libremente, y que no estén frenados, verificar que el rodamiento 6204 este en buen estado, sin oxido y que no se sienta grano en el movimiento y quitar rebabas o esquirlas en la superficie del rodillo.	Quincenal	0	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección	Mecanico	
52	Vacio	Bomba		Realizar medición de vacio con vacuometro patrón en la succión de la bomba, debe estar entre 0 y 4 milibares	Trimestral	0,5	Mantenimiento predictivo analisis de vibraciones y analisis de aceite, ruta de eficiencia de vacio		Metrologo	
53	Transporte		Motor principal	Realizar el cambio de los rodamientos al M1: motor de avance de el sistema de Transporte, limpieza general externa a la carcasa, ventilador y tapa del ventilador. Verificar el funcionamiento del ventilador de la tapa trasera. Realizar cambio rodamientos 6306, 6302 y 6002 2RS C3.	Cada 5 años	4	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme yreemplazo de componente	Mecanico	\$ 600.000
54	Transporte		Reductor principal	Realizar cambio de 4 sellos 50x8x8DL (doble labio), cambio de 2 rodamientos 6010 2RS C3, y 2 rodamientos 6304B al R1: Reductor Principal de el sistema de Transporte	Cada 5 años	5	Mantenimiento Preventivo	Tarea Desarme yreemplazo de componente	Mecanico	\$ 800.000
55	Transporte		Rodillos contrapresión	Verificar que los rodillos de contrapresión de las cadenas de transporte de la película, no presenten huellas de desgaste de ser así desplazar de posición en las cuchillas de precorte circular y realizar cambio de estos y de las chavetas y resortes. Revisar uniformidad de la parte superior del rodillo y compresión de los resortes.	Trimestral	0,25	Mantenimiento Preventivo	Tarea Inspección y desarme reemplazo de componente	Mecanico	\$ 5.000.000

Fuente: Las autoras

Anexo 19.  
 Formato D004

### Formato de decisión para determinar tipo de mantenimiento

Fecha:	DD	MM	AA
	10	7	13

Elaborado por: Yasmin Tocoche

Cargo: Analista de mantenimiento

Nombre equipo: Empacadora Tiromat VA 430

N°	Evaluación de Consecuencias				Factibilidad Técnica de las tareas			Tareas a falta de		
					H1	H2	H3			
	S1	S2	S3							
	O1	O2	O3							
	H	S	O	N	N1	N2	N3	H4	H5	S4
1			x			x				
2			x			x				
3			x			x				
4	x						x			
5			x				x			
6		x					x			
7		x				x				
8			x			x				
9			x				x			
10	x						x			

Fuente: Las autoras

11			x			x				
12			x				x			
13	x					x				
14			x				x			
15			x			x				
16	x					x				
17	x					x				
18			x			x				
19			x			x				
20			x			x				
21			x			x				
22			x			x				
23			x			x				
24	x						x			
25			x				x			
26			x			x				
27	x					x				
28	x					x				
29	x					x				
30	x					x				
31			x			x				

Fuente: Las autoras

32			x				x			
33			x				x			
34			x			x				
35			x			x				
36			x			x				
37			x			x				
38	x				x					
39			x		x					
40			x			x				
41			x		x					
42			x				x			
43			x			x				
44	x						x			
45	x					x				
46	x						x			
47			x			x				
48			x				x			
49			x			x				
50			x				x			
51			x			x				
52	x				x					
53			x				x			
54			x				x			
55			x			x	x			

Fuente: Las autoras

