

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA JOLIPLAS
CASO DE ESTUDIO (MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO)**

**ING. DIEGO FERNANDO
HERNANDEZ
ING. WILMER ANDRES PUENTES
ING. JORGE SANCHEZ
RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCION DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2018**

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO
BASADO EN RCM PARA LA EMPRESA JOLIPLAS
CASO DE ESTUDIO (MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO)**

**ING. DIEGO FERNANDO
HERNANDEZ**

ING. WILMER ANDRES PUENTES

**ING. JORGE SANCHEZ
RODRIGUEZ**

**Proyecto de investigación para optar al título de Especialistas en Gerencia de
Mantenimiento**

Asesor:

ING. MIGUEL ANGEL URIAN

Esp. En Gerencia del Mantenimiento

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCION DE POSTGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ

2018

Nota de aceptación:

Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco

Esp. En Gerencia de Mantenimiento

Orientador

Ing.

Jurado 1

Bogotá D.C., 27 de abril del 2018

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a todas las personas que nos apoyaron durante esta etapa, familia, amigos, compañeros y maestros que se involucraron y aportaron de alguna u otra forma en el desarrollo de este postgrado y proyecto de grado con todos los consejos, motivaciones y recomendaciones nos permitieron sacar adelante esta etapa profesional de nuestras vidas con gran esfuerzo y dedicación.

Agradecimientos

A todas las personas involucradas en esta etapa profesional, la familia primeramente como fuente de motivación para la realización y desarrollo de este posgrado. A la empresa Joliplas que nos permitió tener el punto de partida para plantear la idea principal con el fin de generar un recurso útil correctamente fundamentado y estructurado. A nuestro asesor que con su disponibilidad y asesoría nos aportó de su conocimiento y experiencia que fue vital durante todo el proceso del proyecto brindando la orientación necesaria para así poder llevar a cabo la culminación de éste y finalmente a los compañeros que hacen parte de este proyecto por su entrega y trabajo en equipo que fue muy importante en todo este proceso.

Introducción

El desarrollo, los cambios la innovación y la evolución a nivel corporativo han sido la clave en los últimos tiempos para lograr mantenerse en el mercado y además en la mejor posición, lo que aún no se ha logrado en muchas de las PYMES existentes en el país, conformes con las ideas de negocio que fue su punto de partida para darse a conocer en el mundo empresarial, no van más allá del pensamiento de generar nuevas ideas que les permitan estar por delante de la competencia. Para lograrlo es necesario enfocarse en el desarrollo de las necesidades de procesos internos que se presentan, que para este proyecto de investigación estará orientado hacia el mantenimiento de equipo industrial de una fábrica de productos de aseo, que se encuentra en crecimiento, pero no cuenta con ningún proceso implementado si no se rige de la producción generada por su maquinaria hasta el momento de falla. Por ello se deben tomar estrategias que conlleven al mejoramiento y uno de ellos es el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento que permita velar por la confiabilidad de la maquinaria durante la fabricación del producto, de igual forma la calidad del producto, los tiempos de producción y entrega, son factores importantes para medir los resultados que genere este modelo una vez se implemente.

De esta forma, los fallos frecuentes y los imprevistos pasan a un segundo plano con el proceso de gestión de mantenimiento; solo así se empezarán a obtener resultados que se reflejarán como una mayor producción, rentabilidad, disponibilidad continua, confiabilidad y mejora en la calidad. Con el fin de lograr cumplir el objetivo del proyecto, es importante realizar un análisis de la información existente o detectar los puntos de partida para obtenerla o crearla, por lo que se deben tener en cuenta; hojas de

vida, ordenes de trabajo, manuales de usuario o servicio, fichas técnicas, rutinas y cronogramas de mantenimiento propuestos, toda esta información debe ser creada detalladamente por recurso humano calificado y respaldada por el fabricante.

Resumen

Título: Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento de una máquina inyectora plástico basado en (RCM) para la fábrica Joliplas

Autores:

Ing. Diego Fernando Hernández

Ing. Wilmer Andrés Puentes

Ing. Jorge Sánchez Rodríguez

Palabras clave: mantenimiento, modos de falla, RCM, confiabilidad, disponibilidad, gestión de mantenimiento, gestión de activos.

Contenido: en la presente investigación se tiene por objeto crear una propuesta de gestión de mantenimiento para el equipo inyectora de plástico para la fábrica Joliplas. Este equipo fue seleccionado estratégicamente bajo un análisis de criticidad. Encontrando que las inyectoras de plástico son uno de los activos más importantes dentro de su proceso de producción. De acuerdo con que actualmente la fábrica no cuenta con un modelo real de gestión de mantenimiento que le permita tener un mejor control de los activos, surge la idea de plantear un modelo basado en RCM con el fin de optimizar los procesos de producción mejorando la disponibilidad y confiabilidad.

Por ello a lo largo del desarrollo del proyecto investigativo se tomaron referencias de tesis, revistas, artículos y libros para evidenciar el camino que se debe trazar en el desarrollo de esta propuesta.

Abstract

Title: model proposal for the maintenance of plastic injector equipment based on (RCM) for the Joliplas factory

Authors:

ING. DIEGO FERNANDO HERNANDEZ

ING. WILMER ANDRES PUENTES

ING. JORGE SANCHEZ RODRIGUEZ

Key words: maintenance, predictive maintenance, reliability, availability maintenance management, asset management.

Contents: The purpose of this research is to create a maintenance management proposal for the plastic injection equipment for the JOLIPLAS factory. This team was strategically selected under a criticality analysis. Finding that plastic injectors are one of the most important assets in their production process. According to the fact that currently this factory does not have a real maintenance management model that allows it to have a better control of the assets, the idea arises to propose a model based on RCM in order to optimize the production processes improving the availability and reliability.

Therefore, throughout the development of the research project references of theses, magazines, articles and books were taken to show the path that should be drawn in the development of this proposal.

Contents

1	Título de la investigación	15
2	Problema de investigación	15
2.1.	Descripción del problema	15
2.2.	Planteamiento del problema	16
2.3.	Sistematización del problema	16
3	Objetivos	16
3.1	Objetivo general	16
3.2.	Objetivos específicos	17
4	Justificación y Delimitación de la Investigación	17
4.1.	Justificación	17
4.2.	Delimitación	19
4.3.	Limitación	19
	4.3.1. Limitación tiempo	19
	4.3.2. Limitación financiera	19
5	Marco de referencia	20
5.1	Estado del arte	20
5.1.1	Estado del arte local	20

5.1.2	Estado del arte nacional	22
5.1.3	Estado del arte internacional	24
5.2	Marco teórico	25
5.2.1.1	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	26
5.2.1.2	Plan de mantenimiento	26
5.2.1.3	Tipo de profesional	27
5.2.1.4	Actividades diarias	27
5.2.1.5	Actividades Programadas	28
5.2.1.6	Actividades en tiempos de pausas	28
5.2.1.7	Planificación del mantenimiento	28
5.1.1.8	Frecuencia:	28
5.1.1.9	Duración	29
5.2	Análisis de criticidad	29
5.2.1	Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	32
5.3	Marco legal	32
6.1	Marco Metodológico de la Investigación	38
6.1	Marco Metodológico	41
6.2	Recolección de Información:	41
6.2.1	Características de la fábrica:	42
6.2.2	Tipo de equipos:	42

6.2.3	Características de las inyectoras	42
6.2.4	Máquina inyectora de plástico sistemas y componentes	43
		45
6.3	Análisis de la información	48
6.3.1	Fuentes Primarias:	48
6.3.1	Fuentes Secundarias:	49
6.3.2	Observación Directa en Campo.	49
6.3.3	Análisis de fallas	50
6.3.5	Diagrama de decisión	56
6.3.6	Dialogo directo con el personal de operación.	62
6.4	Propuesta de solución.	62
6.4.1	Cronograma de actividades	62
6.4.2	Pasos que integran la metodología RCM.	63
6.5	Resultados Obtenidos o esperados	65
6.5.1	Resultados plan de mantenimiento	65
7	Análisis financiero	65
8.	Costos de fallo	67
8.1	Costo integral	67
8.2	Costos del plan de mantenimiento	67
8.3	Costo- beneficio	67

9	Conclusiones y recomendaciones	73
9.1	Conclusiones	73
9.2	Recomendaciones	74
	Bibliografía	75

Índice de Ilustraciones

<u>Ilustración 1 Tipos de mantenimientos</u>	25
<u>Ilustración 2 componente de una inyectora</u>	30

Índice de Tablas

<u>Tabla 1 Categorías de criticidad</u>	29
<u>Tabla 2 Criterios para definir la criticidad del equipo</u>	29
<u>Tabla 3 Sistemas de la máquina de inyección de plástico.</u>	32
<u>Tabla 4. Entes de control y normas</u>	35
<u>Tabla 5 Recolección de Información</u>	41
<u>Tabla 6 Cronograma de Actividades</u>	41
<u>Tabla 7 Descripción de las funciones</u>	45
<u>Tabla 8 Analisis de Fallos</u>	47
<u>Tabla 9 Hoja de desicion y Actividades</u>	53

1 Título de la investigación

Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM para la Empresa Joliplas caso de estudio (máquina inyectora de plástico)

2 Problema de investigación

2.1. Descripción del problema

Debido a que actualmente la empresa Joliplas no ha diseñado un programa de gestión de mantenimiento para sus activos, se ve afectada su producción por la baja disponibilidad y confiabilidad de sus equipos debido a que por políticas de la compañía todos los equipos que hacen parte de las líneas de producción son trabajados hasta la ocurrencia de fallas en los equipos, para en ese momento hacer los correctivos necesarios y que vuelvan a funcionar adecuadamente. Los equipos al quedar fuera de servicio causan pérdidas de tiempo en la producción y un alto costo de operación, además de los sobrecostos en su reparación por daños graves que pueden prevenirse utilizando una estrategia de mantenimiento basado en RCM.

2.2. Planteamiento del problema

Acorde a la descripción del problema desarrollada en el numeral anterior se genera la pregunta que da origen al desarrollo de la investigación: ¿La aplicación de un modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM a las máquinas inyectoras de plástico ofrecerá mejores condiciones de disponibilidad y confiabilidad a la empresa Joliplas?

2.3. Sistematización del problema

- ¿Qué se debe analizar en el sistema operacional de la planta con el fin de obtener un modelo de gestión apropiado para los activos de la fábrica?
- ¿Cómo generar una estrategia para soportar los resultados del estudio de confiabilidad que integren el mantenimiento basado en RCM en la fábrica?
- ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento a desarrollar en las inyectoras para reducir la recurrencia de fallas en sus sistemas principales?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

- Generar un modelo de mantenimiento basado en RCM para inyectoras de plástico de la fábrica JOLIPLAS, con el fin de mejorar la calidad del proceso productivo dar mayor confiabilidad a los activos y aumentar la disponibilidad de los mismos.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar el sistema operacional de la planta con el fin de determinar el estado actual de los activos (caso de estudio inyectoras de plástico).

- Desarrollar un estudio de taxonomía de equipos (inyectoras) y establecer la criticidad de los mismos.
- Definir las tareas de mantenimiento a desarrollar en las inyectoras junto con los recursos necesarios para su ejecución basados en el análisis de falla de sus sistemas principales.

4 Justificación y Delimitación de la Investigación

4.1. Justificación

Actualmente las compañías productoras de bienes y prestadoras servicios se ven obligadas a implementar diversas estrategias de gestión que les permita mantenerse en el mercado mediante la mejora en sus procesos que conllevan a aumentar la calidad de los productos y/o servicios prestados. Dichas estrategias se pueden aplicar en los departamentos internos donde se evidencie la necesidad de desarrollo.

La fábrica **Joliplas** lleva en el mercado 20 años fabricando productos plásticos de aseo para el hogar a nivel nacional, por lo que su crecimiento en el mercado al igual que su nivel de producción han ido creciendo considerablemente, debido a que ésta es una empresa familiar, no se han establecido aún muchas estrategias que permitan dar respuesta a la alta demanda que se presenta, la operación de sus activos primarios de los cuales depende la producción de los productos debe tener un seguimiento constante cuyo fin es garantizar su funcionamiento óptimo, previniendo paradas no programadas y garantizando así un servicio de calidad.

El desarrollo y la planeación de un modelo de mantenimiento permiten reducir el número de fallas prematuras de los equipos en cualquier tipo de industria logrando garantizar la vida útil de los activos de forma considerable.

La gestión de mantenimiento tiene como objetivo principal el sostenimiento de los activos de las organizaciones, garantizando que funcionen en óptimas condiciones de operación, con el fin de lograr excelentes resultados en los procesos. Como consecuencia surge la idea de plantear un modelo de gestión de mantenimiento que influya considerablemente en todos los procesos de la fábrica, dando un mayor resultado en el proceso productivo, permitiendo por medio de una adecuada administración la optimización de los recursos para brindar un mantenimiento de calidad a las máquinas inyectoras actuales y proyectar mejores prácticas de mantenimiento para las próximas adquisiciones.

4.2. Delimitación

Este proyecto de investigación está programado para ejecutarse durante el primer periodo del año 2018, en la fábrica JOLIPLAS ubicada en la calle 39 sur # 27 – 43 barrio Ingles en Bogotá, Colombia, dirigida por los ingenieros Diego Hernández, Wilmer Puentes, Jorge Sánchez y en apoyo con el gerente General de la empresa.

4.3. Limitación

4.3.1. Limitación tiempo

Este proyecto contará con un tiempo de (8) ocho meses desde el planteamiento del problema de investigación hasta la finalización de la propuesta del modelo de gestión de mantenimiento basado en RCM para los equipos inyectoras de plástico de la fábrica Joliplas.

4.3.2. Limitación financiera

Para el desarrollo de este proyecto se propuso aportar los recursos físicos personales y acudir a los recursos que brinda la Universidad ECCI los cuales han sido necesarios y suficientes para plantear y desarrollar la investigación. La inversión para poner en marcha este modelo está proyectada de acuerdo al avalúo actual del equipo o equipos objeto de estudio.

5 Marco de referencia

5.1 Estado del arte

Mediante las referencias conseguidas de las monografías existentes, artículos de investigación de la ECCI, universidades nacionales e internacionales se enfocan para dirigir y obtener excelentes resultados la aplicación de mantenimiento centrado en Confiabilidad – RCM en flotas de vehículos de transporte.

5.1.1 Estado del arte local

Mediante las referencias obtenidas de los proyectos realizados como tesis de grado de universitarios de la Universidad Escuela Colombiana Carreras Industriales , artículos de investigación de la ECCI, universidades nacionales y del exterior, Se tomó como guía para dar un alto enfoque y direccionamiento a nuestro tema y así enriquecer lo planteado para obtener mejores resultados, teniendo en cuenta la propuesta de la filosofía de mantenimiento basado en Confiabilidad – RCM de máquinas inyectoras de plástico.

- En el 2012, en la Universidad Escuela Colombiana de Carreras industriales se presenta la tesis de grado en la especialización de Gerencia de Mantenimiento, titulada: “Propuesta de utilización de Realiability Centred Maintenance (RCM) como herramienta para aumentar confiabilidad/disponibilidad en buses articulados del sistema Transmilenio” trabajo realizado por los Ingenieros José Santos Hernández Prieto y Oscar Molano Ávila, la cual sirvió como guía para propuesta para desarrollo implementación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) de manera que contribuya a incrementar los niveles de confiabilidad y disponibilidad
- En el 2018, en la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales se presenta la tesis de grado en la especialización en Gerencia de mantenimiento, titulada: “Análisis de fallas por recalentamiento en automotores de consorcio Express S.A.S. basado en (RCM)” tesis realiza por los ingenieros Ing. Jairo Betancourt e Ing. William Palacios la cual sirvió como guía de metrología para

realizar análisis de la gravedad de los fallos criticidad, también nos sirvió como guía para realizar las tareas de mantenimiento y la aplicación del proceso de RCM.

- En el 2011 la Universidad ECCI presenta un proyecto de grado en un postgrado (Especialización en gerencia de mantenimiento) llamado “Modelo de gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para una máquina prensa para la fabricación de clavos en una empresa manufacturera” realizada por los ingenieros John Alejandro García, Iván Fernando Prieto Garzón y Juan Camilo Pimiento Páez. Este proyecto de investigación implementando el RCM. Se tomó como guía para desarrollar tareas de mantenimiento que permitan llevar a los activos a un nivel óptimo de funcionamiento cumpliendo así los objetivos de producción generando mayor utilidad optimizando los recursos económicos destinados al mantenimiento. (Pimiento Páez, García; Prieto Garzón, 2011).

- En el 2011, la universidad ECCI presenta un proyecto de grado en un postgrado (Especialización en gerencia de mantenimiento), para acceder al título especialista titulada: “Propuesta de la metodología RCM, para la caja de compensación familiar compensar” trabajo realizados por el ingeniero Mario Giovanni Pineda Lara, Se tomó dicha referencia ya que presenta una adaptación de modelo confiable centrado en proceso de gestión de activos, concluyendo entre otras cosas con el estudios de RCM que por sí solo contribuye a mejorar con las buenas prácticas de mantenimiento y permite identificar y mejorar las frecuencias de mantenimiento asociadas a la condiciones de operación lo cual es fundamental para la propuesta de modelo de gestión de mantenimiento realizado. (pineda, 2011)

- En el 2016, la universidad ECCI presenta un proyecto de grado en un postgrado (Especialización en gerencia de mantenimiento), para acceder al título especialista titulada: “Propuesta de plan de mantenimiento a máquina de pruebas golpe de ariete mediante metodología (RSM2)” trabajo realizados por los Ingenieros Mayerly Martínez y Diego Malagón Silva (Malagon, 2016). Se tomó esta referencia como apoyo ya que allí se identifica un Suceso o fallo que es el golpe de ariete y una máquina de pruebas utilizada para soportar y manejar este suceso, de acuerdo a esto se realiza un análisis de la falla utilizando metodología RCM

5.1.2 Estado del arte nacional

- En el 2009 en la universidad EAFIT de departamento de ingeniería mecánica, mantenimiento industrial, la ingeniera Laura Céspedes Zapata en su tesis de grado para optar al título de ingeniera mecánica presenta el siguiente proyecto titulado Análisis RCM de la inyectora Reed H29 perteneciente a la empresa Industrias Estra S.A. Se tomó guía para para responder las siete preguntas del RCM, y proceder a realizar un análisis de falla de la inyectora.
- En el 2012 en Bogotá la universidad Javeriana facultad de ingeniería maestría Ingeniería industrial, trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Magister en ingeniería Industrial. Propuesta Metodológica para la gestión del mantenimiento en la industria de transformación plástico para productos escolares, con base en ASSET Management y RCM tesis elaborada por el ingeniero Manuel

Leonardo Plata Prada. la tesis analiza la aplicación de la metodología RCM en máquinas centrifugas de alta velocidad donde se describe completamente la forma de aplicación del RCM, comparando las limitaciones de la estrategia del mantenimiento anterior con la determinación de las nuevas actividades, a fin de optimizar el mantenimiento.

- En el 2017, en la Fundación Universidad de América se presentó una tesis de grado, en la facultad de ingeniería Mecánica, para optar al título de Ingeniero mecánico o llamada Diseño de máquina inyectora de termoplásticos para la fabricación de suelas con doble boquilla de salida. desarrollada por los ingenieros Carlos Alberto Quijano Rodríguez Jorge Iván. La importancia de este proyecto se sustenta en que la maquinaria para fabricación de suelas encontrada en las empresas productoras del sector del Restrepo en la ciudad de Bogotá no está en capacidad para producir altos volúmenes, ni en mejorar los tiempos de entrega de los lotes de producción lo que genera retrasos y consiguiente insatisfacción del cliente, esto afecta la rentabilidad de los pequeños productores ya que las grandes compañías están optando por fabricar sus propias suelas. Debido al aumento significativo de la demanda del sector, los fabricantes de suelas se comprometen a entregar el producto sin tener en cuenta que la configuración de la maquina inyectora usada, no está en capacidad de producir la cantidad necesaria para la entrega oportuna de pedidos.

- En el 2007, en la Universidad Tecnológica de Bolívar realizan una tesis de grado, en la especialización gerencia de mantenimiento, llamada “Diseño de un plan de mantenimiento bajo la filosofía RCM para la formadora Mckay en 21 Tenaris Tubo

caribe” desarrollada por las ingenieras Lissette Johanna de la torre Altamar y Nilsa Gissella Quintero Portocarrero. En este trabajo se desarrolló un estudio de caso, para la reducción de tiempos no productivos, tiempos de parada por falla y tiempos de mantenimiento. Utilizamos como guía el análisis de causa raíz y mantenimiento centrado en confiabilidad a la maquinaria de la planta de aceros y tubería Tenaris Tubo Caribe ubicada en la ciudad de Cartagena, Colombia. (Portocarrero, 2007)

- En el 2011, en la Universidad Industrial de Santander (UIS) se presentó una tesis de grado, en la especialización gerencia de mantenimiento, con el nombre de “Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema eléctrico de baja tensión que suministra energía a los pozos productores pertenecientes a la superintendencia de operaciones de mares-gerencia regional del magdalena medio-Ecopetrol s.a.”, realizada por las ingenieras Angélica Patricia romero Gómez y Liliana Astrid Jolianis Navarro. Se realizó una solución a la necesidad de la Unidad de Mantenimiento Eléctrico de Campo de la Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM) inconvenientes de producción de crudo asociados a mala gestión de mantenimiento. (Navarro, 2011) se tomó en cuenta esta tesis ya que allí se evidencian algunos problemas en la gestión de mantenimiento que pueden ser tenidas en cuenta para crear planes de mejora y así tener una mejor productividad.
- En Bogotá en 2016 la universidad Francisco José de Caldas facultad de tecnológica proyectos en su tesis de grado para optar al título de ingeniera mecánica presenta el siguiente proyecto Modelo de mantenimiento preventivo para planta de embotellado Colombia con prueba piloto en sistema de osmosis inversa de la línea

03 centrado en confiabilidad. Desarrollada por los ingenieros Gabriel A González, Ronald Quevedo Rodríguez. con este proyecto se busca dejar la base para la implementación total de RCM (mantenimiento basado en confiabilidad) en la planta de AJE Colombia, para ello se requiere fundamentar este proceso en una prueba piloto que será el sistema de osmosis L03, esto permitirá ver las bondades de esta nueva filosofía de mantenimiento, la compañía vera como estos equipos que son nuevos en comparación con el resto de la planta tendrán una mayor vida útil y disponibilidad de producción, permitirá economizar recursos de diversa índole y en general los equipos serán más confiables, académicamente permitirá aplicar conceptos, habilidades y adquirir nuevos conocimientos que están ligados a la carrera de Ingeniería Mecánica.

5.1.3 Estado del arte internacional

- En el 2013 la Revista Chilena de Ingeniería presenta una “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” desarrollada por Pablo Viveros, Raúl Stegmaier, Fredy Kristjanpoller, Luisbarbera, Adolfo Crespo. Este artículo se enfoca en la alineación de objetivos para lograr la gestión de mantenimiento, Se toma esta referencia ya que se identifica el objetivo principal que es realizar una propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento, se la mejora continua en el además que ayuden a que los procesos de producción permitan mejorar la utilidad optimizando los recursos económicos destinados al mantenimiento, también se identifican las herramientas de soporte que se incluyen

en la realización del modelo. (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, Crespo, 2013).

- En el 2012 en la Universidad Politécnica de Valencia España por medio del departamento de proyectos de ingeniería, Presenta “Diagnostico del estado actual de la gestión de mantenimiento de activos físicos PAS 55 estándar internacional caso: plan de automoción-España” desarrollada por Luis Amendola, Roman Augusto Contreras Pérez y Miguel Ángel Artacho Ramírez. Se basa en describir los procedimientos para implementar de forma eficiente la gestión de activos en una plana de automoción (Amendola). Se toma esta referencia como apoyo en este proyecto para identificar cual es el punto de partida al revisar el estado actual de todos los activos físicos.
- El Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Ubicado en la Habana, Cuba, en el 2016 presenta “Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento” Desarrollada por Michael Herrera Galán, Yoenia Duany Alfonzo. Donde relaciona la gestión de mantenimiento asistido por computadora como una metodología en donde se desarrolla un programa de mantenimiento y se implementa. La investigación se basa en los dos primeros niveles del método de Kant. (Galán, Alfonzo, 2016). Se toma esta referencia para identificar los procedimientos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar un programa de gestión de mantenimiento y las posibles metodologías utilizadas.

- En el 2014 la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas presenta una tesis de grado, en la facultad de ingeniería Industrial llamada “Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de lima” desarrollada por el ingeniero Enzo Jair Donayre Velazco. Se tomo esta referencia ya que esta monografía parte con la implementación de un diseño de sistema de gestión en mantenimiento y busca conservar los activos en óptimo condiciones de funcionamiento que es la finalidad de todo plan de mantenimiento. Además de identificar formas de optimización de recursos económicos asociados al mantenimiento. (Velazco, 2014).
- En el 2011 en lima Perú la Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de ingeniería industrial presenta “Sistema de gestión del mantenimiento industrial” desarrollada por Enrique Miguel Rivera Rubio donde se enfoca en los problemas que existen en el mantenimiento y los planes de contingencia. (Rivera Rubio, 2011). Se tomo esta referencia como apoyo al proyecto ya que la maquina inyectora de plástico es un equipo industrial, además permite identificar los tipos de problemas que se presentan en un plan de mantenimiento y como se pueden resolver.

5.2 Marco teórico

En este proyecto de investigación es importante tener claro la definición de modelo de gestión ya que es donde vamos a enfocar cada uno de los procesos y procedimientos que permitirán optimizar el proceso de fabricación productos de aseo.

Por esto se iniciará con la definición del modelo que se conoce como una serie de pautas que permiten optimizar la obtención de un resultado final confiable y sin demoras y la gestión es tomar los procesos del modelo y ponerlos en acción.

La metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) es la que vamos a utilizar en el desarrollo de este trabajo, por ello tendremos una prioridad en entender éste tipo de metodología.

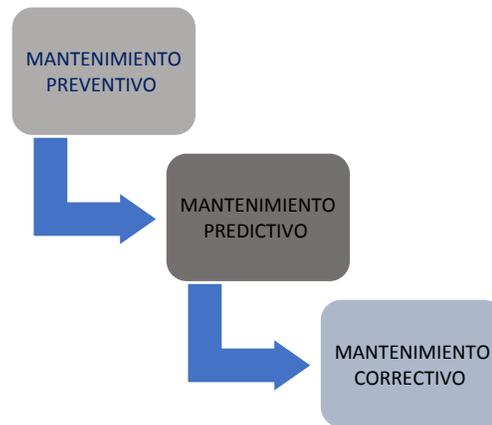
5.2.1.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad permite tener certeza que el porcentaje de fallo de un equipo será menor al de un equipo que no maneja esta metodología, la importante de este método está en disminuir los fallos de la maquinaria previendo los fallos y si el fallo ocurre que se tenga los procedimientos definidos y descritos los cuales permita resolver el fallo de forma inmediata o que el tiempo de respuesta en la reparación sea corto y de bajo costo sin afecta la producción.

5.2.1.2 Plan de mantenimiento

El mantenimiento es otra de las palabras claves en esta investigación por lo que se debe tener claro cómo con la implementación de este proceso se puede dar más eficacia a proceso de fabricación de productos plásticos sin dar demoras en la obtención del producto final, el mantenimiento es una serie de pasos que permiten mantener en estado óptimo de funcionamiento las máquinas inyectoras. Existen varios tipos de mantenimiento como se describen en la ilustración 1:

Ilustración 1 Tipos de mantenimientos



Fuente: autores

5.2.1.3 Tipo de profesional

Es importante también definir el tipo de profesional que va a prestar el servicio ya sea mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo y si debe contar con un permiso especial para realizar este tipo de labor siempre pensando en las garantías que pueda brindar por la prestación del servicio y contar con el tipo de herramientas adecuadas.

5.2.1.4 Actividades diarias

Son una serie de operaciones que se deben realizar de manera rutinaria y permitirán en prever fallas durante el día por falta de una inspección inicial.

5.2.1.5 Actividades Programadas

Este tipo de actividades tiene una inspección, verificación y validación del funcionamiento del equipo relacionado con las indicaciones dadas por el fabricante en un mediano plazo, esto va relacionado con el mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

5.2.1.6 Actividades en tiempos de pausas

Son tiempos muertos de producción en el que se realizan inspección y abastecimiento de insumos necesarios para evitar un paro en la producción entre ellos se encuentran los líquidos y lubricantes.

5.2.1.7 Planificación del mantenimiento

Este plan define si el equipo está definido como crítico y no crítico dándoles prioridad a los equipos que tienen mayor impacto si llegaran a fallar. Los equipos críticos son los equipos que más tienen tendencia a fallar y que son indispensables para llegar al producto final de la producción y los equipos no críticos son los equipos que tienen menos probabilidad de fallo y aunque son parte esencial en la producción no son indispensables en la obtención del producto final. Los pasos esenciales a tener en cuenta en el plan de mantenimiento son los siguientes:

5.1.1.8 Frecuencia:

La frecuencia es definir por una periodicidad de tiempo establecido a largo, mediano o corto plazo, el tipo de actividades que se deben realizar están definidas por el fabricante, claro está que este tipo de actividades también está establecido por repeticiones de uso del equipo durante el día, mes y año.

Es complejo definir el tipo de frecuencia con el cual se van a realizar este tipo de actividades, pero para ello se debe retomar un poco el uso que se le da al equipo y evaluar el histórico en tiempo que tipo de partes y componentes deben ser remplazadas con más frecuencia y cuales son poco probables de sustituir y que rutina de mantenimiento diario debe ser especificada para prevenir fallos.

5.1.1.9 Duración

Se debe definir el tiempo el cual el equipo debe estar fuera de servicio para realizar los servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, estas actividades deben realizarse en un tiempo que no perjudique la producción del día.

5.1.1.10 Entrenamiento

El operario de la máquina debe estar capacitado para suplir cualquier contratiempo y dar el diagnóstico inicial en caso de cualquier falla, será la persona que tenga la capacidad de manejar la maquinaria disminuyendo la periodicidad de fallas, de pronto por no contar con una persona que no tenga el conocimiento de este tipo de equipos.

5.2 Análisis de criticidad

No siempre el proceso eficiente debe ser el aumento de la producción sino también velar porque esa producción se de en periodos no tan frecuentes, sino que en esos periodos que el equipo este fusionando se obtenga una producción eficiente basada en la alta calidad del producto final obtenido, esto con el fin de mantener la vida útil del equipo y bajar los costos que puede causar el sobre innecesario del equipo por largos periodos de tiempo. Existen categorías las cuales se describen en la tabla 1:

Tabla 1 Categorías de criticidad

Categoría de Frecuencia	Categoría de Consecuencias				
	1	2	3	4	5
5	M	M	A	A	A
4	M	M	A	A	A
3	B	M	M	A	A
2	B	B	M	M	A
1	B	B	B	M	A

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B** Criticidad Baja color verde
- M** Criticidad Media color amarillo
- A** Criticidad Alta color rojo

Matriz de Criticidad

Fuente bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla

La matriz se representa con un código de colores que permite identificar el mayor o menor intensidad de riesgo relacionado con el valor de criticidad del equipo.

A. Se identifica la máxima disponibilidad de los activos más críticos

B. Se identifica la reducción de costos de mantenimiento con los activos asociados que son importantes.

C. Se identifica la reducción mínima de costos de mantenimiento con los activos asociados que son prescindibles

La criticidad se determina cuantitativamente multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma estableciendo el rasgo de valores para homologar los criterios de evaluación.

Críticidad =Frecuencia X Consecuencia

Pasos del análisis de criticidad

- Primer paso Definir el nivel de análisis
- Segundo paso Definir la criticidad
- Tercer paso Calculo del nivel de criticidad
- Cuarto paso Análisis y validación de resultados
- Quinto paso Definir el nivel de análisis
- Sexto paso Determinar la criticidad
- Séptimo paso Sistema de seguimiento de control

Hay diferentes formas de identificar el tipo de criticidad en un equipo entre ellas en la tabla 2 vamos a definir las variables y categorías en las cuales se encuentra el equipo a evaluar:

Tabla 2 Criterios para definir la criticidad del equipo

N°	CRITERIO	CATEGORÍAS		
		A	B	C
1	Intercambiabilidad	Irreemplazable	Sustituir	Intercambiable
2	Importancia del Producto.	Imprescindible	Limitante	Convencional
3	Régimen de operación	Producción continua	Producción de series	Producción alternativa
4	Nivel de utilización	Muy utilizable	Medio Utilizable	Esporádico
5	Precisión	Alta	Mediana	Baja
6	Mantenibilidad	Alta complejidad	Media complejidad	Baja complejidad
7	Conservabilidad	Condiciones Espec.	Estar protegido	Condiciones normales
8	Automatización	Muy automático	Semiautomático	Mecánico
9	Valor de la máquina	Alto	Medio	Bajo
10	Aprovisionamiento	Malo	Regular	Bueno
11	Seguridad	Muy peligroso	Medio peligroso	Sin peligro

Fuente: González y Hechevarría 2002

5.3 Marco legal

Factores Legales:

En Colombia, la industria del sector de plásticos se caracteriza por ser una de las actividades manufactureras más dinámicas de las últimas tres décadas, con un crecimiento promedio del 7% anual, las industrias de transformar las materias plásticas contribuyen un total de del 4% de la industria nacional. La participación de esta industria tuvo una contribución del 3. % anual en el total de las exportaciones realizadas en los últimos años.

(DANE, 2016)

El impacto ambiental reflejado dentro de la producción de materias primas, es poco significativo, ya que teniendo en cuenta los factores como la no utilización de combustibles fósiles, el bajo consumo de energía y del agua, el bajo nivel de emisiones atmosféricas y la facilidad de reciclar los residuos, como los termoplásticos, siendo no solo este reflejado en sus procesos, sino de esta misma manera en los de otras industrias, pero según la política colombiana de Manejo Integral de Residuos Sólidos, el impacto ambiental reflejado y que a la vez predomina en la mayoría de los municipios, se ha incrementado por la falta de aplicación de tecnologías alternativas para tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos, la poca coordinación, recursos financieros y asociamiento con estas, falta de coordinación interinstitucional del tema; falta de recursos financieros por parte de los municipios; los costos de recolección y transporte de forma que la tarifa de aseo no involucra los costos reales de un sistema de eliminación, tratamiento o disposición final; falta de empresas de aseo consolidadas que ofrezcan alternativas en el manejo de los residuos sólidos, transporte y disposición final, entre otras, todo lo cual origina un desconocimiento a nivel municipal de la existencia de tecnologías alternas para el manejo de los residuos sólidos.

Desde 1997 en Colombia se ha reglamentar el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos, como son: La Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos;

Decreto 1713 del 2002, La Resolución 1045 del 2003 impulsan la separación en la fuente de los diferentes tipos de residuos domiciliarios, la recolección selectiva de los residuos, centros de acopio de recuperación de residuos como el reciclaje y el compostaje.

Tabla 3 Leyes, Decretos y Resoluciones aplicables para la industria del plástico en Colombia

Agua	
Decreto 475/1998 Ministerio de Salud	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad de agua potable.
Resolución 372/1998 y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Actualización de tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos se dictan disposiciones.
Resolución 273/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros DBO y sólidos suspendidos totales SST.
Ley 373/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1594/1984 Ministerio de Agricultura	Usos del agua. Residuos líquidos. Vertimientos.
Decreto 2105/1983 Ministerio de Salud	Se reglamenta parcialmente el Título II de la ley 9 de 1979 en cuanto a potabilización de agua.
Decreto 1541/1978 Ministerio de Agricultura	Establece las normas para el acceso y el uso de las corrientes de agua: clasifica las aguas y sus usos.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2004)

Resolución 189/94 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
Resolución 541/94 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos concretos, agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Ley 142/94 Gobierno Nacional	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, entre los que se encuentra el servicio de aseo, y reglamenta su administración a cargo de los municipios.
Ley 253/96 Gobierno Nacional	Aprobación del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación por parte de los países generadores. (suscrito en Basilea el 22 de marzo de 1989).
Decreto 605/96 Ministerio de Desarrollo	Condiciones para la prestación del servicio público domiciliario de aseo (recolección, transporte y disposición final). Reglamenta la Ley 142. en los aspectos ambientales involucrados en las fases de recolección, transporte y disposición final.
Resolución 11/96 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece reglas sobre contratos de concesión en los que se incluye el otorgamiento de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
Decreto 357/97 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Manejo, transporte y disposición final de escombros.
Ley 430/98 Gobierno Nacional	Entra a regular la prohibición de introducir desechos peligrosos al país, el manejo y gestión de los generadores en Colombia y el control y vigilancia de los mismos, todo ello conforme al Convenio de Basilea.
Resolución 1096/00 Ministerio de Desarrollo	Sección II, Título F. Definiciones, criterios de identificación de Residuos Peligrosos, métodos de caracterización físico-química del laboratorio, condiciones de transporte, métodos de eliminación, criterios de ubicación de instalaciones para el tratamiento y disposición de Residuos Peligrosos, etc.
Resolución 970/2001 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se establecen requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se debe realizar la eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de presión de clínker de plantas cementeras.
Decreto 1602/02 Ministerio de Transporte	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
Decreto 1713/02 Ministerio de Desarrollo	Reglamenta la Ley 142/94, la Ley 632/00 y la Ley 689/01, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811/74 y la Ley 99/93 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos (El presente Decreto deroga en todas sus partes el Decreto 605 de 1996, salvo el Capítulo I del Título IV y las demás normas que le sean contrarias).
Decreto 1140/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713/2002 en relación con las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1505/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 1045/03 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2004)

Ruido	
Resolución 8321/1983 Ministerio de Salud	Se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud, y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
Resolución 1792/90 Ministerio de Trabajo, Seguridad Social y Salud.	Por medio del cual se adoptan valores, límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.
Uso del suelo	
Ley 388/1997 Gobierno Nacional	Ley de ordenamiento territorial
Ley 140/1994 Gobierno Nacional	Publicidad visual exterior
Exenciones Tributarias	
Resolución 864/1996 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Equipos de control ambiental que dan derecho a beneficios tributarios establecidos por el art. 170 de la ley 223/1995.
Ley 788/2002 Congreso de la República	Rentas exentas art. 18. Importación de maquinaria y equipos destinados al desarrollo de proyectos y actividades que sean exportadores de certificado de emisiones de carbono y que contribuyan a reducir la emisión de los gases efecto invernadero y por lo tanto al desarrollo sostenible art. 95 literal i.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2004)

Tabla 4. Entes de control y normas

Normatividad en seguridad industrial – OHSAS (sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional)

Norma que aplica / Institución reguladora	Definición	Características	Aplicabilidad
ICONTEC	Controla el cumplimiento de normas técnicas	Determina la forma de la Tipografía, interlineado, tamaño del texto para títulos, subtítulos y texto subsiguiente, tamaño de papel.	El negocio de la comunicación gráfica se rige bajo la normatividad del cumplimiento en cuanto a lo establecido por esta.
DIAN	Controla y recauda los impuestos.	cumplimiento de normas aduaneras en los procesos de importación de materias primas y exportación de productos terminados	Cumplen con las declaraciones de renta, pagan impuestos y aportan debidamente en el momento de los procesos de importación y exportación.
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	Mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural, en todos los sectores económicos y productivos.	Controla el manejo de desperdicios tales como las tintas principalmente.	El negocio de la comunicación gráfica en general se ha esforzado por cumplir y aportar al medio ambiente, sin generar mayor impacto negativo.
INVIMA	Controla el cumplimiento de requisitos de los empaques que elabora el sector	Controla los empaques fabricados por este sector y utilizados por los demás; así como el farmacéutico y alimentos.	Hasta el momento siempre se han cumplido los estándares de este tipo
ISO 9000	Norma de calidad y gestión continua de la calidad	* Monitorear los principales procesos asegurando que sean efectivos. * Mejorar la satisfacción de los clientes o los usuarios * Mejorar continuamente los procesos, tanto operacionales como de calidad.	Se destacan por establecer relaciones de primera mano y generar satisfacción en sus clientes.
ISO 14000	Norma de gestión ambiental	* Puede proporcionar un ahorro del costo a través de la reducción de residuos y un uso más eficiente de los recursos naturales. * Mejorar el funcionamiento medioambiental en las empresas. * Demuestra que las empresas cumplen con una serie de requisitos legales.	Esta normativa se viene empleando, aunque no es generalizada, se trata de implementar un papel responsable.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2004)

- GTC 20: Describe un método de encuesta utilizado por un usuario o un constructor de bienes de equipo industrial para la selección de una empresa de mantenimiento en el marco de un contrato de mantenimiento.
- GTC 62: seguridad de funcionamiento y calidad de servicio, mantenimiento, terminología; se establecen las definiciones utilizadas en el área de mantenimiento en plantas industriales y empresas de servicios
- NTC 2353: especifica símbolos de instrumentos para uso en diagramas de interconexión para el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de medición y control de procesos
- NTC ISO / IEC 27001: En donde se adopta el modelo de procedimientos “Planificar-Hacer- Verificar-Actuar” (PHVA), que se utiliza para organizar todos los procesos del SGSI
- NTC-ISO 9001:2000, Normas de gestión de Calidad.
- NTC-ISO 14001:2004, Normas que relacionan los Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con instrucción para su implementación.
- NTC-ISO 19011:2002, Normas para la auditoria de los sistemas de gestión de calidad y/o ambiente.

6 Marco Metodológico de la Investigación

Fases del Estudio

Fase 1

- Visita a la fábrica Joliplas.
- Levantamiento de inventario de máquinas inyectoras.
- Levantamiento de información histórica.
- Levantamiento de información física actual
- Para obtener la información necesaria, se recurrió al análisis de documentos de las máquinas de inyección de plástico, como manuales del fabricante. Adicionalmente la observación directa de las actividades de operación. Se utilizaron instrumentos adicionales como fotografías y analizar las rutinas de operación de las máquinas.
- Entrevistas al recurso humano de la fábrica

Fase 2

- Búsqueda de información externa relacionada a la máquina inyectora de plástico por medio de internet, manuales técnicos, fichas técnicas, catálogo de partes, monografías, que permitan consolidar el concepto de la máquina.

Fase 3

- Identificar las estrategias del RCM y proyectarlo a la fábrica Joliplas
- Análisis de las 7 preguntas
- Análisis de criticidad de la máquina inyectora y sus subsistemas.
- Actividades propuestas de mantenimiento preventivo

Fase 4

- Análisis financiero, proyección del costo-beneficio del plan de mantenimiento

Fase 5

- Entrega de propuesta de modelo de gestión de Mantenimiento de la máquina inyectora basado en RCM para la Fábrica Joliplas

6.1 Recolección de la información

Cronograma de actividades

Tabla 9 Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades	
Mes/2018	Actividad a Realizar
Febrero	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visita a la fábrica Joliplas. 2. Levantamiento de inventario de máquinas inyectoras. 3. Levantamiento de información histórica. 4. Levantamiento de información física actual 5. Entrevistas al recurso humano de la Fábrica
Marzo	<ol style="list-style-type: none"> 6. Búsqueda de información Fuentes Secundarias
Abril-Mayo- Junio-Julio-Agosto	<ol style="list-style-type: none"> 7. Identificar las estrategias del RCM y proyectarlo a la fábrica Joliplas 8. Análisis de las 7 preguntas 9. Análisis de criticidad de la máquina inyectora y sus subsistemas. 10. Actividades propuestas de

	mantenimiento preventivo 11. Análisis Financiero(Costo- Beneficio)
Septiembre 2018	Entrega Final de la Propuesta

Fuente: Autores

La problemática de la empresa Joliplas parte primero de la planeación de un cronograma de actividades para generar un modelo de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM como solución para dar disponibilidad y confiabilidad a las máquinas inyectoras de plástico siendo esto lo que se pretende dentro del presente trabajando de investigación.

6.1.1 Tipo de investigación

Se emplearon 3 tipos de investigación en este proyecto para la recolección de la información los cuales son:

Descriptiva: reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio; se identifica el personal interno y externo que ejerce diferentes tipos de actividades en la fábrica.

Estudios de caso: analiza una unidad específica de un universo poblacional

Allí se identifica el objeto de estudio el cual cuenta con una referencia, modelo y especificaciones propias.

Seccional: recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.

Durante la única visita realizada a la fábrica, se obtiene por medio de los empleados la mayor información posible de la máquina Inyectora de plástico.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

Fuentes Primarias:

Las fuentes primarias que se utilizaron para la obtención de datos fue la observación y la entrevista, por contacto directo con los operarios de las máquinas, adicionalmente mediante la observación de la operación de la máquina.

Como actualmente no se lleva un mantenimiento de las máquinas en la empresa, la información sobre las fallas se debe construir, se diseña un instrumento de recolección de datos por medio de un guion, sobre la entrevista que se les hace a los operarios de las máquinas de inyección, que permite medir cualquier variable.

- ❖ Observación Directa: Permite un registro visual de lo que ocurre en la operación real de la máquina de inyección, clasificando y consignando los datos que orientaran a identificar las fallas y su análisis permitirá realizar una propuesta de mantenimiento.
- ❖ Entrevistas: La comunicación interpersonal que se realizó con el personal que opera las máquinas de inyección, que proporcionan información más completa, aclarando dudas.

Se realizan preguntas a todo personal operario de las máquinas, las respuestas son cortas y precisas y fáciles de recopilar para su análisis.

6.1.1 Fuentes Secundarias:

❖ Internas:

- Manuales de las máquinas de inyección.
- Base de datos sobre el mantenimiento de cada máquina.
- Formatos diarios de producción por máquina.

❖ Externas:

- Publicaciones
- Páginas web
- Manuales de máquinas de otras referencias.

6.1.3 Herramientas a utilizar

Para el desarrollo de la investigación y el análisis de resultados se usarán metodologías y herramientas estudiadas dentro de los módulos de la especialización tales como:

- Análisis de criticidad,
- AMEF (análisis de modo y efecto de fallas)
- Indicadores financieros (ROI)
- Taxonomía de equipos
- RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad)

6.1.4 Metodología

- Para desarrollar el objetivo No 1 “Analizar el sistema operacional de la planta con el fin de determinar el estado actual de los activos (caso de estudio inyectoras de

plástico)” se aplicarán entrevistas a los operarios, al gerente general y a todo el personal relacionado con la operación de la planta.

Se realizó un levantamiento de inventario del objeto de estudio, en este caso las máquinas de inyección de plástico.

Se realizó indagación y recolección de documentos históricos e información que permitieran llevar una trazabilidad de las máquinas inyectoras con respecto a las actividades e intervenciones tanto preventivas como correctivas.

Se obtuvieron los manuales de servicio de los objetos de estudio.

- Para desarrollar el objetivo No 2 “Desarrollar un estudio de taxonomía de equipos (inyectoras) y establecer la criticidad de los mismos”.

Se identificaron los componentes y sistemas principales de la máquina inyectora, por medio del grado y la frecuencia de falla, se definieron los componentes más críticos y se estableció un análisis de falla de los mismos.

Se utilizaron las técnicas exploratoria y descriptiva como principales puntos de partida y fuentes de información para establecer la situación actual que vive la fábrica en cuanto a su operación y producción. Se identificaron las instalaciones del departamento de producción donde están ubicadas 6 inyectoras de plástico de la misma marca y modelo. Se identifican también 6 operarios de las máquinas los cuales trabajan en 2 turnos distintos cubriendo la necesidad de la empresa. Se observaron además las condiciones ambientales que son clave para la operación óptima de las máquinas. No se halló documentación histórica de las actividades de mantenimiento correctivo ni preventivo, ni ningún tipo de información técnica referente a estas.

- Definir las tareas de mantenimiento a desarrollar en las inyectoras junto con los recursos necesarios para su ejecución basados en el análisis de falla de sus sistemas principales.

Mediante la identificación de los sistemas principales y los componentes mas críticos se relacionaron los modos de fallo y a partir de ello se crearon actividades tanto preventivas como correctivas que permitan mejorar la disponibilidad en las máquinas de inyección.

6.1.5 Información recopilada

Taxonomía

La fábrica no posee ningún tipo de historial de mantenimiento.

Se recolectó información por medio del personal obteniendo los modos de fallos más frecuentes que ocurren en la máquina inyectora de plástico.

Características de la fábrica:

Es una empresa unipersonal dedicada a la manufactura de productos de aseo plástico mediante proceso de inyección.

Tipo de equipos:

Inyectoras de plástico marca HAIXING MODELO HXF88 J5 (con servomotor)

Cantidad: 6 máquinas inyectoras

Serial: 08802477H

Modelo: AÑO 2017

Características de las inyectoras

INYECTORA PARA PLÁSTICO HAIXING	
Modelo	HXF88
Diámetro de tornillo (mm)	50
Relación L/D de tornillo	25
Volumen de tiro (Teórico) (cm ³)	491
Peso de inyección (PET) (g)	520
Índice de inyección (g/s)	175
Capacidad de plastificación (g/446s)	30
Presión de inyección (Mpa)	128
Velocidad de tornillo (rpm)	0-150
Fuerza de sujeción (kn)	1680
Recorrido de placa de molde móvil (mm)	430
Especio entre barras de unión (mm)	460x460
Altura máx. de molde (mm)	480
Altura mín. de molde (mm)	180
Recorrido de eyector (mm)	120
Fuerza de eyector (kN)	40
Número de eyector (Pieza)	5
Presión máx. de bomba (Mpa)	16
Potencia de motor de bomba (kw)	15
Potencia de calentador (kw)	13
Dimensión de máquina (LxAxA) (m)	5.0x1.4x2.1

Peso de máquina (t)	5.4
Capacidad de tolva (L)	25
Capacidad de tanque de aceite (L)	250

Fuente: Autores

Máquina inyectora de plástico sistemas y componentes

La máquina inyectora marca HAIXING Modelo HXF88 5 permite facilitar el proceso de darle forma y enfriar el plástico, como lo indicamos la materia prima utilizada es el plástico, esta máquina tiene tres principios:

Se eleva la temperatura para fundir el plástico, Este incremento de temperatura suele llevarse a cabo en una parte de la máquina conocida como barril. En este barril se depositan granulos del plástico que, al calentarse, forman una masa viscosa y de temperatura uniforme.

Al realizar el proceso de fundición del plástico se obtiene una materia de carácter flexible que se inyecta por un ducto el cual le somete presión haciendo que pase gradualmente al molde.

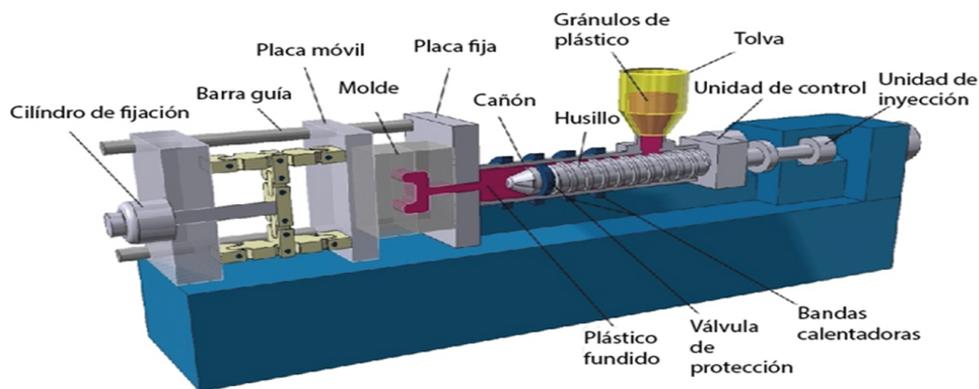
Una vez el material se encuentre en el molde se enfría y solidifica obteniendo un determinado producto.

Partes que componen la inyectora: La máquina inyectora marca HAIXING MODELO HXF88 J5 está compuesta de las siguientes partes: cilindro de fijación, barra guía, placa móvil, molde, placa fija, cañón, husillo, granulos de plástico, tolva, unidad de control,

unidad inyección, plástico fundido, válvula de protección y bandas calentadoras. Estas partes se ven en la ilustración 2.

Ilustración 2

Componentes de una inyectora

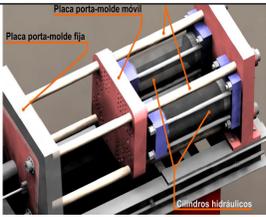
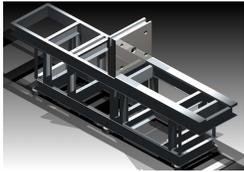
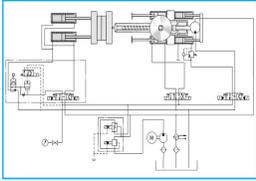


Fuente: <http://plasticosp5bitc.blogspot.com/2014/08/procesos-plasticos-cuadro-comparativo.html>

Tabla 5 sistemas de la máquina inyección de plásticos.

En la tabla 3 se describen los sistemas de la máquina inyectora principales.

UNIDAD	DEFINICION	ILUSTRACION
Unidad de inyección	Este sistema es el encargado de recibir la materia prima	
Unidad de cierre	En este sistema se ubican los moldes que darán forma a la pieza	

		
Unidad de soporte (Estructura)	Es el esqueleto sobre el que se sitúan todos los elementos de la máquina	
Unidad de trabajo (Circuito Hidráulico)	Este sistema es el encargado de convertir la potencia hidráulica en potencia mecánica, ya sea en la rotación del motor de la unidad inyectora o el desplazamiento de los émbolos de los cilindros	

Fuente: Autores

De acuerdo con esto se inicia con una breve descripción de las funciones de los Subsistemas principales de la máquina inyectora y sus componentes.

Tabla 6 Descripción de las funciones

COMPONENTE DE LA INYECTORA	FUNCIÓN
Tolva	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la contaminación de la materia prima • Sumista el material a inyectora con una menor presión. • Indica la cantidad de material que se debe agregar de acuerdo al pigmento • Almacenar los materiales directos. • Mezclar la materia prima con el pigmento correspondiente.
Barril	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar perdida de material esencial. • Disminuir la temperatura del material a través del ducto. • Soportar presión
	<ul style="list-style-type: none"> • Suministrar en el molde el plástico en modo

Husillo	<p>de masa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar presión. • Derretir y formar una mezcla entre el polímero y el pigmento hasta obtener las propiedades de la masa indicada. • Producir una mezcla ideal y repartir en los diferentes componentes. • Transformar la materia prima proveniente de la tolva.
Boquilla	<ul style="list-style-type: none"> • Suministrar calor a la materia derretida evitando que se solidifique durante el traslado al molde. • Generar procesos entre la inyección y el llenado del molde.
Válvula de chequeo del husillo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprueba el flujo del material derretido hacia la cámara delantera asegurando la inyección. • Certifica el sellado de la punta en el proceso de inyección de la materia garantizando el suministro de la masa de una manera uniforme durante el ciclo de inyección.
Resistencia eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Se genera energía eléctrica mediante calor, lo cual permite que esta energía térmica forma un flujo de material que va desde el barril hacia el molde garantizando un llenado óptimo del mismo.
Unidad de cierre	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe mantener un cerrado hermético del molde durante el proceso de llenado esto permitirá que la presión de inyección se realice de forma correcta. • Soportar el molde (placa fija y placa móvil). • por medio de las zapatas se soportan y nivelan las placas del molde.
Servo motor	<ul style="list-style-type: none"> • Convertir la energía entregada por la bomba de giro del husillo a determinada velocidad.
Filtros de aceite	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el aceite hidráulico
Mangueras de presión	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el aceite hidráulico. • Soportar la presión del sistema hidráulico.
Bomba de caudal variable	<ul style="list-style-type: none"> • La presión del aceite forma un caudal en los actuadores del sistema hidráulico.
Cilindros de cierre y expulsión	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar la fuerza para cerrar la máquina con movimiento lineal.
Válvulas	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten el control en cuanto a las presiones del sistema

	<ul style="list-style-type: none"> • Genera puntos de control del caudal del aceite hidráulico y tiempos de operación de la maquinaria • Las válvulas unidireccionales dan un sentido al flujo de aceite de acuerdo a los requerimientos de la operación.
Intercambiador de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la corrosión. • Enfriar el aceite en el sistema hidráulico.
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> • Recolectar el aceite manteniendo el nivel según especificaciones. • Refrigerar el aceite hidráulico cediendo la entrada de aire.
Sistema de control y potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Da y trasfiere en las operaciones de inyección la potencia requerida. • Da la opción del encendido del motor y al mismo tiempo protege el sistema de una sobre carga. • Recibe los valores de entrada en posición, la temperatura y la presión. • Indica la entrada y salida del sistema.

Fuente: Autores

6.1.6 Estudio de fallas

A continuación se presenta el seguimiento a las fallas presentadas por la inyectora en un periodo de tres meses, éste será base para el análisis

Tabla 12. Fallas recurrentes mes de febrero

MES	COMPONENTE	MODO DE FALLA	NUMERO DE FALLA
FEBRERO	BOMBA HIDRAULICO	EJE BOMBA NO CARGA ROTO	5
FEBRERO	MOTOR HIDRAULICO	ACOLPE MOTORHIDRAULICO HUSILLO REVENTADO	4
FEBRERO	BOMBA HIDRAULICA	EMPAQUE DE LA BOMBA DESGASTADOS	2
FEBRERO	CILINDRO HIDRAULICO	TORNILLOS DEL VASTAGO	10
FEBRERO	DEPOSITO DE HIDRAULICO	FUGAS DE ACEITE EN SISTEMA	6
FEBRERO	VALVULAS S HIDRAULICAS	VALVULAS SUCIAS	16
FEBRERO	INTERCABIADOR DE CALOR	TUBO DE ACEITE ROTO	2
FEBRERO	INTERCABIADOR DE CALOR	FUGA DE AGUA POR MANGUERAS	6
FEBRERO	FILTRO DE ACEITE	FILTROS OBTRUIDOS	4
FEBRERO	MANGUERAS DE PRESION	MANGUERAS ROTAS	3
FEBRERO	TOLVA	NO HA Y SUCCION NI TRANSPORTA EL MATERIAL	2
FEBRERO	TOLVA	IMAN PERDIO FUERZA MAGNETICA	4
FEBRERO	TOLVA	SENSOR DE CONTEO DE CAMARA QUEBRADO	4
FEBRERO	HUSILLO	MATERIAL EMPASTADO EN DUCTO DE ALIMENTACION	13
FEBRERO	HUSILLO	HUSILLO DESGASTADO	1
FEBRERO	HUSILLO	HORNO FRIO	4
FEBRERO	BARRIL	BARRIL DESGASTADO	0
FEBRERO	BARRIL	CABEZO MAL APRETADO	8
FEBRERO	VALVULA CHEQUE	SUPERFICIE DE SELLO DESGASTADO	6
FEBRERO	BOQUILLA	BOQUILLA OBSTRUIDA	18
FEBRERO	BOQUILLA	RESISTENCIA DE BOQUILLA QUEMADA	9
FEBRERO	RESISTENCIA ELECTRICA	FUSIBLES QUEMADOS CORTO ELECTRICO	3
FEBRERO	RESISTENCIA ELECTRICA	CABLES ABIEROS O REVENTADOS	5
FEBRERO	PLACAS Y FIJAS	ZAPATAS SOSTIENEN LA PLACA DESCALIBRADAS	6
FEBRERO	PLACAS Y FIJAS	ROSCAS DE SUJECCION DEL MOLDE DESGASTADAS	3
FEBRERO	ZAPATAS	FALTA DE LUBRICACION DE ZAPATAS	8

Fuente: Autores

Tabla 13. Fallas recurrentes mes de Marzo

MES	COMPONENTE	MODO DE FALLA	NUMERO DE FALLAS
MARZO	BOMBA HIDRAULICO	EJE BOMBA NO CARGA ROTO	3
MARZO	MOTOR HIDRAULICO	ACOLPE MOTORHIDRAULICO HUSILLO REVENTADO	2
MARZO	BOMBA HIDRAULICA	EMPAQUE DE LA BOMBA DESGASTADOS	12
MARZO	CILINDRO HIDRAULICO	TORNILLOS DEL VASTAGO	10
MARZO	DEPOSITO DE HIDRAULICO	FUGAS DE ACEITE EN SISTEMA	5
MARZO	VALVULAS S HIDRAULICAS	VALVULAS SUCIAS	8
MARZO	INTERCABIADOR DE CALOR	TUBO DE ACEITE ROTO	9
MARZO	INTERCABIADOR DE CALOR	FUGA DE AGUA POR MANGUERAS	4
MARZO	FILTRO DE ACEITE	FILTROS OBTRUIDOS	6
MARZO	MANGUERAS DE PRESION	MANGUERAS ROTAS	1
MARZO	TOLVA	NO HAY SUCCION NI TRANSPORTA EL MATERIAL	4
MARZO	TOLVA	IMAN PERDIO FUERZA MAGNETICA	3
MARZO	TOLVA	SENSOR DE CONTEO DE CAMARA QUEBRADO	3
MARZO	HUSILLO	MATERIAL EMPASTADO EN DUCTO DE ALIMENTACION	10
MARZO	HUSILLO	HUSILLO DESGASTADO	0
MARZO	HUSILLO	HORNO FRIO	6
MARZO	BARRIL	BARRIL DESGASTADO	2
MARZO	BARRIL	CABEZO MAL APRETADO	5
MARZO	VALVULA CHEQUE	SUPERFICIE DE SELLO DESGASTADO	7
MARZO	BOQUILLA	BOQUILLA OBSTRUIDA	15
MARZO	BOQUILLA	RESISTENCIA DE BOQUILLA QUEMADA	7
MARZO	RESISTENCIA ELECTRICA	FUSIBLES QUEMADOS CORTO ELECTRICO	6
MARZO	RESISTENCIA ELECTRICA	CABLES ABIEROS O REVENTADOS	1
MARZO	PLACAS Y FIJAS	ZAPATAS SOSTIENEN LA PLACA DESCALIBRADAS	2
MARZO	PLACAS Y FIJAS	ROSCAS DE SUJECCION DEL MOLDE DESGASTADAS	6
MARZO	ZAPATAS	FALTA DE LUBRICACION DE ZAPATAS	12

Fuente: Autores

Tabla 14. Fallas recurrentes mes de Abril

MES	COMPONENTE	MODO DE FALLA	NUMERO DE FALLA
ABRIL	BOMBA HIDRAULICO	EJE BOMBA NO CARGA ROTO	5
ABRIL	MOTOR HIDRAULICO	ACOLPE MOTORHIDRAULICO HUSILLO REVENTADO	6
ABRIL	BOMBA HIDRAULICA	EMPAQUE DE LA BOMBA DESGASTADOS	9
ABRIL	CILINDRO HIDRAULICO	TORNILLOS DEL VASTAGO	3
ABRIL	DEPOSITO DE HIDRAULICO	FUGAS DE ACEITE EN SISTEMA	12
ABRIL	VALVULAS S HIDRAULICAS	VALVULAS SUCIAS	10
ABRIL	INTERCABIADOR DE CALOR	TUBO DE ACEITE ROTO	3
ABRIL	INTERCABIADOR DE CALOR	FUGA DE AGUA POR MANGUERAS	7
ABRIL	FILTRO DE ACEITE	FILTROS OBTRUIDOS	5
ABRIL	MANGUERAS DE PRESION	MANGUERAS ROTAS	2
ABRIL	TOLVA	NO HAY SUCCION NI TRANSPORTA EL MATERIAL	3
ABRIL	TOLVA	IMAN PERDIO FUERZA MAGNETICA	1
ABRIL	TOLVA	SENSOR DE CONTEO DE CAMARA QUEBRADO	1
ABRIL	HUSILLO	MATERIAL EMPASTADO EN DUCTO DE ALIMENTACION	9
ABRIL	HUSILLO	HUSILLO DESGASTADO	3
ABRIL	HUSILLO	HORNO FRIO	1
ABRIL	BARRIL	BARRIL DESGASTADO	1
ABRIL	BARRIL	CABEZO MAL APRETADO	6
ABRIL	VALVULA CHEQUE	SUPERFICIE DE SELLO DESGASTADO	10
ABRIL	BOQUILLA	BOQUILLA OBSTRUIDA	15
ABRIL	BOQUILLA	RESISTENCIA DE BOQUILLA QUEMADA	10
ABRIL	RESISTENCIA ELECTRICA	FUSIBLES QUEMADOS CORTO ELECTRICO	2
ABRIL	RESISTENCIA ELECTRICA	CABLES ABIEROS O REVENTADOS	3
ABRIL	PLACAS Y FIJAS	ZAPATAS SOSTIENEN LA PLACA DESCALIBRADAS	4
ABRIL	PLACAS Y FIJAS	ROSCAS DE SUJECCION DEL MOLDE DESGASTADAS	2
ABRIL	ZAPATAS	FALTA DE LUBRICACION DE ZAPATAS	6

Fuente: Autores

6.2 Análisis de la información

6.2.1 Observación Directa en Campo.

De acuerdo con este proyecto se realizan visitas de reconocimiento físico a la fábrica Joliplas, en sus instalaciones de producción se recopila información y testimonio de operarios buscando identificar las principales fallas de las máquinas inyectoras de plástico, cada uno de sus componentes asociados, equipos, herramientas, procedimientos, técnicas de trabajo y condiciones generales del equipo. También se pretende entender e interpretar la dinámica de trabajo real.

El proyecto de grado está basado en la filosofía RCM por lo que se derivan varios ítems y procedimientos que permiten el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento.

6.2.2 Dialogo directo con el personal de operación.

La entrevista con los colaboradores que trabajan de las máquinas inyectoras de plástico, el colaborador que está pendiente de las fallas y paradas de las máquinas inyectoras permitirá obtener información relacionada a la operación, novedades, problemas frecuentes que se han identificado en las máquinas inyectoras de plástico, objeto de estudio, con datos reales del personal involucrado en la producción diaria. Adicionalmente, la intervención del personal de mantenimiento apoyará identificando de forma más rápida los distintos modos y efectos de fallo en las inyectoras de plástico.

6.2.3 Pareto de fallas

De acuerdo con la información recolectada se identificó que en tres meses consecutivos hay una mayor frecuencia de fallas en el componente de la Boquilla con un total de:

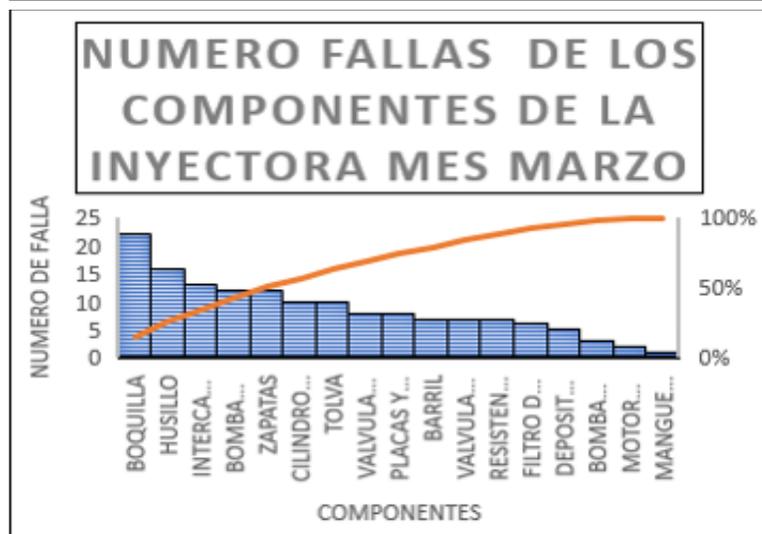
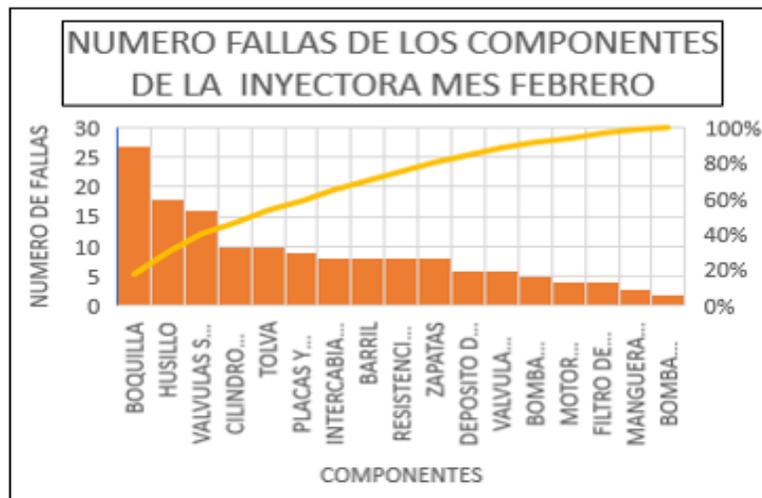
27 fallas en el mes de febrero

22 fallas en el mes de marzo

25 fallas para el mes de abril

Con un total de 74 fallas en el trimestre

Ilustración 3. Fallas trimestrales de los componentes de la inyectora.



Fuente: Propia

A Partir del análisis de falla surgen tareas de mantenimiento a desarrollar tanto por los operarios como por personal propio de mantenimiento. Las actividades estarán programadas dependiendo la frecuencia de fallos.

7.1.1 Análisis de fallas

Una vez identificadas las funciones de los componentes, sistemas y subsistemas más importantes se proceden con el desarrollo del análisis de falla de dichos componentes como se muestra a continuación.

Tabla 7 Análisis de fallos

Análisis de Falla de los componentes del Sistema Hidráulico				
Parte del equipo	Desempeño Función	Falla de función	Modo de cada falla	Efecto que genera la falla
Bombas hidráulicas Falla #1 FF (A)	Suministra la presión de caudal de aceite a los actuadores hidráulicos del sistema de cierre y de inyección	No se genera flujo de aceite	Eje de la bomba roto	El eje roto no trasfiere la potencia del motor impidiendo que se transmitan las revoluciones por minuto al husillo y alimentar la unidad de inyección.
Bombas hidráulicas Falla 2 FF (A)	Suministrar el aceite con la presión y el caudal a los amortiguadores hidráulicos de cierre de la inyectora	Suministra baja presión de aceite de lo requerido	Orín y empaques de los componentes de la bomba gastados	Fugas de aceite en las bombas, reducción de la presión y caudal del sistema.

Motor hidráulico Falla 1 FF (A)	Transforma la energía de las bombas en energía mecánica al husillo, moviéndose va la velocidad promediada	No genera la energía para transmitir a las bombas.	Acople roto del motor	No hay transmisión de energía mecánica al husillo. Alterando la producción.
Cilindros Hidráulicos Falla 1 FF (A)	Trasmitir la fuerza generando un movimiento lineal	No crea movimiento y no transfiere potencia	Cilindro dañado	No funciona el ni se activa el pistón ocasionando que no se transfiera potencia, no se genera la inyección del material plástico al molde
Cilindros Hidráulicos Falla 2 FF (A)	Trasmitir fuerza generando un movimiento lineal	Trasfiere una fuerza inferior a la requerida	Tornillería del cilindro y del vástago desajustada	Transferencia ineficaz de fuerza; afecta el funcionamiento del cilindro encargado de la inyección, el cilindro de cierre y de expulsión.
Tanque Falla 1 FF (A)	Acumular aceite Conservando un nivel específico.	Acumula una cantidad inferior del nivel de aceite permitido.	Escape o fugas de aceite	Recalentamiento, deterioro de las bombas, mal funcionamiento de los actuadores hidráulicos.
Tanque Falla 2 FF (A)	Enfriar el aceite mediante filtración de aire	No enfría el Aceite	Salida de aire obstruida	Generación de presión interna. Alteración de las características de succión. Daño en las bombas por generación de cavitación.
Válvulas hidráulicas Falla 1 FF (A)	Controlar el flujo de aceite en cada en cada etapa de operación.	No hay un control del flujo de aceite	Válvula tapada por suciedad	Bajo flujo de aceite hacia los actuadores, afectando el proceso de inyección.
Intercambiador de calor	Refrigerar el aceite	No hay enfriamiento del aceite	Escape o rotura en el ducto de	Temperatura alta se recalientamiento de la máquina.

FALLA 2 FF (B)		del sistema	aceite	Debido a falta de aceite en los rodamientos y válvulas Puede llegar al parado de la máquina.
Intercambiador de calor FALLA 2 FF (B)	Enfriar el aceite del Sistema	Temperatura baja no enfría lo suficientemente	Presenta fuga de agua por el intercambiador	Si se presenta una fuga considerable de agua se presenta un mal funcionamiento del intercambiador haciendo que se eleve la temperatura del aceite, ocasionando una baja presión de aceite en todo el sistema hidráulico lo cual afecta el funcionamiento de los actuadores.
Filtros de aceite FALLA 1 FF(B)	Mantener libre de impurezas el aceite de acuerdo con especificaciones del filtro	No hay filtrado del aceite limpia el aceite	Filtros taponados	Incremento de la presión y la temperatura del aceite Ocasionando mal funcionamiento de los actuadores hidráulicos.
Mangueras Falla 1 FF (B)	Trasladar aceite	No transporta el flujo suficiente de aceite	Rotura en la Manguera de aceite	La baja en la presión de aceite que llega a los componentes hidráulico, hacen que estos presenten un mal funcionamiento

Análisis de fallas Unidad de Inyección

Parte del equipo	Desempeño	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Tolva Falla 1 FF (C)	Aislar metales Magnéticos	No aísla de forma eficaz los metales	Perdida en las propiedades magnéticas del imán	Si se filtra material magnético a la unidad inyectora, el husillo puede rayarse al igual que el barril la boquilla

Tolva Falla 2 FF (C)	Graduar el pigmento que se debe añadir a la materia prima	Gradúa el pigmento en cantidades inferiores a las requeridas.	Sensor de muestreo de cámaras dañado	El producto o artículo sale con coloración diferente a la programada o especificada.
Husillo Falla1 FF (C)	No traslada El polímero procedente de la tolva	No se desplaza el El polímero	Obstrucción por material en ducto de alimentación	Interrupción del ciclo de inyección. Boquilla del molde o de la máquina obstruida
Husillo Falla2 FF (C)	Trasladar materia prima procedente de la entrada de la tolva	No desplaza materia prima a velocidad requerida	Husillo dañado o desgastado	Retardo del ciclo por lentitud en el transporte Reparación o cambio del husillo.
Husillo Falla 3 FF (C)	Trasladar materia prima procedente de la tolva	No traslada Materia prima	Enfriamiento en el Horno	El horno puede estar a bajas temperatura muy frío programación resistencia mal calibrada el horno no calienta
Barril Falla 1 FF (C)	Favorecer a la fusión del material conduciendo el calor procedente de las resistencias eléctricas y la fricción generada	Material no se funde ni homogeniza	Barril con desgaste	No se crea fricción Afectación del ciclo de inyección El material no se fusiona de forma homogénea Residuos de material empastado pueden devolverse y bloquear la zona de alimentación
Barril Falla 2 FF (C)	Prevenir pérdidas del material plástico	Pérdidas del material plástico	Cabezote desajustado	Perdidas en el material No afecta el funcionamiento de la máquina.
Válvula Cheque Falla 1	Dar paso del material fusionado hacia la cámara	No hay un paso homogéneo del producto a	Desgaste del Torpedo.	Afectación en la calidad del producto por cantidades desiguales para cada

FF (C)	delantera del husillo	la cámara del husillo		ciclo.
Boquilla Falla 1 FF (C)	Formar un canal que comunique el sistema de inyección con los tubos de embutido del molde de la inyectora	No llega materia prima desde el sistema de inyección, hacia los tubos conductores de llenado del molde	Orificio de salida de la boquilla tapados	Afecta el producto directamente por que no hay material para inyectar al molde
Boquilla Falla 2 FF (C)	Formar un canal que comunique el sistema de inyección y los conductos de llenado del molde	Disminución en el paso del material desde la unidad de inyección hacia los conductos del molde	Daño o corto en las Resistencias de la boquilla	Afectación del producto final por el flujo irregular de materia. Producto defectuoso
Resistencias Eléctricas Falla 1 FF (D)	Transformar la energía eléctrica a térmica Transmitiéndola hacia el barril a fundir y asegurar que el material fundido sea uniforme.	No hay generación de calor	Corto circuito: fusibles quemados	Retardo en el proceso de fusión con resultados de baja calidad del producto final.
Análisis de fallas Unidad de cierre				
Placas	Transmitir y distribuir uniformemente	No transmite ni distribuye la	Zapatas que sostienen la placa	No se garantiza la mínima deflexión del molde durante el

Fija y móvil Falla 1 FF (D)	la fuerza de cierre al molde	fuerza de cierre uniformemente	están descalibradas	cierre, no se puede realizar un buen ajuste del molde con el sistema de entrada móvil y estable, esto estará directamente relacionado con el productor final de menor calidad.
Placas Fija y móvil Falla 2 FF (D)	Soportar el molde	No se puede sujetar de una manera segura el molde con la placa	Roscas de sujeción del molde desgastadas	No queda bien asegurado el molde a la placa corriendo el riesgo que se puede caer.
Zapatas Falla 1 FF (D)	Permite los movimientos de la palanca Móvil.	Obstrucción de la palanca móvil.	Escasa lubricación.	La fricción que genera la bancada y zapata por una escasa lubricación genera deterioro.
Zapatas Falla 2 FF (D)	Igualar placas Móvil y estable	Las placas móvil y estable están inestables.	Falta de calibración de la zapata.	Sobrepeso de las placas, por lo que el soporte no está diseñado para ese peso, se produce desgaste de las columnas
Análisis de falla de Sistemas de Control y potencia				
Motor eléctrico principal Falla 1 FF (D)	1 Trasfiere y genera potencia para el buen funcionamiento de la inyectora.	No se trasfiere y no se genera potencia.	Térmico del motor disparado Bobinado del motor en corto	Interferencia al paso de corriente que va al motor, por lo que no genera la función de encendido. Se aumenta la temperatura del motor y no puede generar potencia.
Motor eléctrico principal Falla 2	Trasfiere y genera potencia para el buen trabajo del inyector.	No se trasfiere y no se genera energía.	Acople fracturado.	No transfiere la potencia y entrega baja presión y caudal al sistema de inyección de la

FF (D)				materia principal, causando demoras y producto final con defectos
--------	--	--	--	--

Fuente: Autores

Una vez realizado el análisis de falla de acuerdo con el modelo R.C.M., se realiza un diagrama de decisión con respecto a cada modo de falla planteando actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo que deben ser llevados a cabo por el personal de operación y mantenimiento de la fábrica.

Tabla 8 Hoja de decisión y Actividades del sistema Hidráulico

HOJA DE DECISIÓN RCM			Maquina inyectora						No 1	Realizado por WILMER ANDRES PUENTES	Fecha	Hoja 1			
			SISTEMA HIDRAULICO						Ref.	Revisado por DIEGO FERNANDO HERNANDEZ	Fecha	de			
			Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	SHE	O	N	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4			
1	A		1	X		X	X	X					Verificar el nivel de aceite hidráulico (alto, medio, bajo)	a diario	Operador
1	A		2	X		X	X	X					Revisar el eje de bombo se sencuente alineado	Bimestral	Tecnico M
1	A		3	X		X	X	X					Cambio de vastago	cuando ocurra la falla	Operador
1	A		4	X		X	X	X					Cambio de empaques dse bomba hidraulica	trimestral	Tecnico M
1	A		5	X		X	X	X					verificar el desgaste del tornillo	Bimestral	Tecnico M
1	A		6	X		X							Verificar estado deposito hidráulico	a diario	Operador
1	A		7	X		X							Verificar que la tapa y varilla de medida que este en s	a diario	Operador
1	A		8	X		X			X				Verificar estado de mangueras de entrada y salida de presión sistema hidráulico	24 horas	Tecnico M
1	A		9	X		X							Verificar la presión de los manómetros del sistema hi	a diario	Tecnico M
1	A		10	X		X							verificar nivel aceite hidráulico	a diario	Tecnico M
1	A		11	X		X	X	X					verificar fugas o derrames de aceite hidráulico	semanal	Tecnico M
1	A		12				X	X					verificar racores /orín y empaques no presente fugas	a diario	Tecnico M
1	A		13				X		X				Revisar filtros de bomba hidráulica	30 días	Tecnico M
1	A		14	X		X	X	X					Verificar sistema hidráulico	a diario	Tecnico M
1	A		15	X		X	X		X				Verificar sistema de cilindros hidráulicos	2 meses	Tecnico M
1	A		16	X		X	X	X					Verificar con los códigos de falla de bomba hidráulica	a diario	Tecnico M
1	A		17	X	X	X							Verificación de fugas de aceite sistema hidráulico	a diario	Tecnico M
1	A		18	X	X	X	X		X				sustitución de mangueras de psi hidráulica y aceite hidráulico	10 meses	Tecnico M
1	A		19	X	X	X	X	X					Inspección de nivel de aceite	a diario	Tecnico M
1	A		20										Revisar el acople del rodamiento	Bimestral	Tecnico M
1	A		21	X		X	X		X				Inspección tren motriz de los gatos hidráulicos y limpieza del tanque	semanal	Tecnico M
1	A		22	X		X	X	X					verificar nivel de aceite transmisión y diferencial	a diario	Tecnico M
1	A		24	X		X	X	X	X				limpieza general	a diario	Tecnico M
1	A		25	X		X	X	X	X				Cambio de filtro de aceite si es necesario	trimestral	Tecnico M

Autoría: Propia

Tabla 9 Hoja de decisión y Actividades del sistema Intercambiador de calor

HOJA DE DECISIÓN RCM			Maquina inyectora							No 2	Realizado por WILMER ANDRES PUNTES	Fecha	Hoja			
			SISTEMA INTERCAMBIADOR DE CALOR							Ref.	Revisado por DIEGO FERNANDO	Fecha	de			
			Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas
F	FF	MF	H	SHE	O	N				H4	H5	S4				
		26	X	X	X		X							verificar nivel aceite y la temperatura	a diario	Operador
		27	X	X	X		X							Verificar fugas del sistema de refrigeración	a diario	Tecnico M
1 B		28	X	X	X		X	X	X					Desmontar la bomba agua	12 meses	Tecnico M
		29	X			X			X					Verificar estado de mangueras de agua	a diario	Tecnico M
		30	X			X								Verificar de agua por intercambiador de calor	a diario	Tecnico M
		31	X			X	X		X					Verificar las presiones de aceite hidráulico	a diario	Tecnico M
1 B		32	X	X	X		X	X	X					descalcificación del intercambiador de calor	12 meses	Tecnico M
1 B		32	X	X	X		X	X	X					Revisar conexiones electricas	a diario	Operador
		33	X	X	X		X	X	X					Verificar estado de mangueras de entrada aire	semanal	Tecnico M

Autoría: Propia

Tabla 10 Hoja de decisión y Actividades del sistema Unidad Inyectora

HOJA DE DECISIÓN RCM			Maquina inyectora						No 3			Realizado por WILMER ANDRES PUENTES			Fecha		Hoja	
			UNIDAD INYECTORA (tolva,husillo,barril)						Ref.			Revisado por DIEGO FERNANDO			Fecha		de	
									Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3
F	FF	MF	H	SHE	O	N	H4	H5	S4									
1	C	34	X	X	X	X								Revisar el estado completo de maquina	a diario	Operador		
		35	X	X	X	X								revisar la torre de enfriamiento y nivel de aguasy fugas	a diario	Operador		
1	C	36	X	X	X	X								revisar y chequear el compresor y observar que no presente fugas	a diario	Operador		
		37	X	X	X	X								lubricacion por aceite o grasa	cada semana	Tecnico M		
		38	X	X	X	X	X							Reparacion de compresor y accesorios	12 meses	Tecnico M		
2	C	39	X	X	X	X								Revisar carga compresor	a diario	Operador		
		40	X	X	X	X								limpieza de deposito de aceite	semanal	Tecnico M		
		41	X	X	X	X								limpieza de ventiladoradores	quincenal	Tecnico M		
		42		X	X	X								limpieza de tolva	a diario	Operador		
		43		X	X	X	X							revisar señal de los sensores	semanal	Tecnico M		
2	C	44				X	X							Revisar interruptor electricos	a diario	Tecnico M		
		45				X	X							revisar boquilla del husillo obstruidos	semanal	Tecnico M		
2	C	46	X	X	X	X								revisar orificio de la boquilla tapados	a diario	Operador		
		47	X	X	X	X								Revisar tanques de aire	a diario	Tecnico M		
		48	X	X	X	X								ajustar los cabozotes del barril	semanal	Tecnico M		
		49	X	X	X	X								revisar valvula de cheque	a diario	Operador		
2	C	50	X	X	X	X								revisar conexiones electricas de la resistencia	a diario	Tecnico M		

Autoría: Propia

Tabla 11. Hoja de decisión y Actividades de la Unidad de Cierre y control de potencia

HOJA DE DECISIÓN RCM			Maquina inyectora						No 4			Realizado por WILMER ANDRES PUNTES		Fecha		Hoja			
			UNIDAD DE CIERRE Y CONTROL DE POTENCIA						Ref.			Revisado por DIEGO FERNANDO		Fecha		de			
			Referencia de información			Evaluación de las consecuencias			H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas			Frecuencia inicial	
F	FF	D MF	H	SHE	O	N				H4	H5	S4							
	D	51	X	X	X		X						Revisar conexiones electricas			a diario		Tecnico M	
		52	X	X	X		X						Revisar fugas de aceite			a diario		Tecnico M	
	D	53	X		X		X	X					Cambio cde fusibles			12 meses		Tecnico M	
	2D	54	X	X	X		X						Revisar la carga de tolva			a diario		Tecnico M	
		55	X	X	X		X						Revisar roscas de la unidad de molde			a diario		Tecnico M	
	D	56	X	X	X		X	X					CAMBIO DE ESCOBILLAS MOTOR ELECTRICO			12 MESES		Tecnico M	
		57	X	X	X		X	X					Cambio del termico de unidad electrica			cuando ocurra		Tecnico M	
	2D	58	X	X	X		X						Mantener en orden el material almacenado en la planta			a diario		Tecnico M	
	D	59	X	X	X		X	X					Mantenimiento preventivo de la planta evitando cables sueltos ,motores tirados			semanal		Tecnico M	

Autoría: Propia

7.1.2

6.1.7 Resultados plan de mantenimiento

De acuerdo con la información obtenida de la fábrica se evidenció que todos los componentes de la inyectora se dejan llegar a falla. No existen protocolos de mantenimiento preventivo ni predictivo, se realizan mantenimientos correctivos cuando la máquina inyectora queda fuera de servicio afectando la disponibilidad y la producción.

6.3 Propuesta de solución.

La propuesta de solución está basada en el desarrollo de los pasos del RCM, realizando un análisis de criticidad, mediante las fallas más frecuentes presentadas en los últimos meses se realiza un análisis de fallos y se obtienen las actividades preventivas, predictivas y correctivas que permitan mejorar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento.

Pasos que integran la metodología RCM.

Para el diseño de la propuesta de modelo de gestión de mantenimiento en la fábrica Joliplas se realizan los siguientes pasos de acuerdo con la metodología RCM

El primer paso inicia con la determinación de los fallos funcionales de un elemento o subsistema que pueden llevar a una pérdida parcial o total de la función, conllevando a que el equipo quede inoperativo.

El segundo paso es encontrar los modos de falla que ocasionan un fallo. Es importante tener en cuenta la frecuencia en que estos modos de falla se presentan para poderlos registrar.

Se consideran los que cuentan con mayor frecuencia de ocurrir, partiendo de los fallos anteriores más reiterativos en la misma máquina o los fallos normales que se presentan de

forma cíclica y que hacen parte del mantenimiento preventivo. Las fuentes principales para obtener la información y determinar los modos de falla son: colaboradores, supervisores, programadores de mantenimiento que son los encargados de las máquinas.

El tercer paso del estudio de fallas es identificar los efectos de falla los cuales son el resultado de presentarse un modo de falla. Se deben describir todas las variables que amenazan el medio ambiente, la seguridad y la producción.

Las preguntas que debe responder el sistema RCM son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las funciones y el desempeño deseado de una máquina inyectora?
2. ¿En qué falla la máquina inyectora afecta el cumplimiento de dicha función?
3. ¿Qué posibles causas genera la falla funcional?
4. ¿Qué resultados se dan por cada una de las fallas?
5. ¿Qué gravedad tiene cada falla?
6. ¿Cómo se pueden prevenir o predecir las fallas?
7. ¿Qué se puede plantear si no hay tareas proactivas viables?

Fuente: (MOUBRAY, 2009)

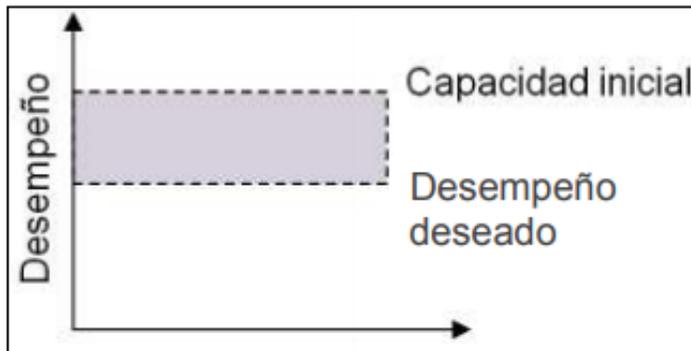
- La pregunta 1 se responde al escribir la función de la siguiente forma:

Verbo en infinitivo + Objeto + Estándar de desempeño

Ejemplo: Calentar + Resistencia + A una razón de 250°C

Es importante saber diferenciar entre desempeño deseado y capacidad inicial del activo: - desempeño deseado: lo que el usuario quiere que haga el activo. - capacidad inicial o inherente: lo que el activo es capaz de hacer.

Ilustración 4. Desempeño deseado Vs. Capacidad inherente.



Fuente: (MOUBRAY, 2009)

Como punto de partida para el proceso RCM, se debe tener claro que: mantenimiento no puede aumentar la capacidad del activo sobre el nivel de la capacidad inicial. El mantenimiento busca asegurar que la capacidad del activo esté por encima del desempeño deseado. El mantenimiento logra su fin al mantener la capacidad de los activos dentro de la zona sombreada de la ilustración 4. Para definir las funciones es importante tener en cuenta el contexto operacional que se refiere al tipo de proceso, estándares de calidad, condiciones del medio ambiente, seguridad, producto en proceso, repuestos, tiempo de operación, etc.

- La pregunta 2 hace referencia a las fallas funcionales que se definen como la incapacidad de cualquier activo para cumplir una función. Puede haber fallas parciales o totales, siguiendo con el ejemplo de la resistencia de la maquina inyectora, la falla total sería mal funcionamiento durante el calentamiento de la resistencia y las fallas parciales serian que no calentara o que calentara a un rango mayor a 250°C.

- Los modos de falla son los que responden la tercera pregunta, definiéndolos como cualquier evento que causa un fallo funcional. La descripción de un modo de falla debe tener como mínimo: sujeto + verbo, evitando usar el verbo “fallar” y sus sinónimos. Categorías de los modos de falla: capacidad del equipo menor al desempeño deseado: son fallas relacionadas con el deterioro del equipo, suciedad, falta de lubricación, desensamble, etc. - aumenta el desempeño deseado: puede ocurrir que el desempeño deseado va aumentando gradualmente hasta que el activo no es capaz de cumplirlo, o aumentan los esfuerzos de la máquina por lo que se deteriora más rápido y en consecuencia el activo falla con mayor frecuencia. Ambas situaciones se pueden presentar porque aumenta la demanda del producto, producción con características muy diferentes, operación y ensamble incorrecto, daños externos, empleo de materias primas fuera de especificaciones. Capacidad inicial es menor que el desempeño deseado. No todos los modos de falla se deben listar en las tablas de información de RCM, para saber cuáles enunciar hay que tener en cuenta: se listan los de mayor probabilidad de ocurrencia: como los que han ocurrido en un activo similar, los que son objeto del mantenimiento preventivo actual, fallos posibles. Se enumeran aquellos con consecuencias severas.
- La pregunta 4 se refiere a los efectos de falla definidos como lo que ocurre cuando una falla se presenta. La descripción de un efecto de falla debe contener: si hay alguna evidencia de que la falla ha ocurrido, por ejemplo: suena una alarma, humo, la máquina se para, fugas de aceite, el control lo indica, productos defectuosos, etc. En qué forma se afectan la seguridad y el medio ambiente: aumenta el riesgo de un incendio, un objeto se cae, altas temperatura, mucho ruido, etc. En qué forma se afectan las operaciones y la producción: calidad del producto se afecta, tiempo de

paro del equipo (tiempo de detección, tiempo de reparación, tiempo de puesta en marcha), costos, daños secundarios. Qué daño físico causa la falla y qué se debe hacer para reparar la falla.

- La pregunta 5 se remite a las consecuencias de las fallas las cuales indican cuánto importa cada modo de falla. Algunos de los componentes de una máquina cumplen funciones evidentes dentro de ella, pero algunos elementos cumplen funciones ocultas, aquellas cuya falla no es evidente bajo circunstancias normales para el equipo de operaciones. Por dicha razón, las consecuencias de las fallas se clasifican en: Evidentes - no evidentes

Las funciones ocultas son propias de dispositivos de seguridad que protegen una función propia de un elemento de la máquina. Las consecuencias de una falla de una función oculta es que se produzca un fallo múltiple, es decir que falle el elemento protegido mientras está en falla el dispositivo de seguridad. Dentro de la categoría de fallas evidentes se encuentran: consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, consecuencias operacionales, consecuencias no operacionales. Un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad si causa una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien, y tiene consecuencias para el medio ambiente, si el modo de falla origina una pérdida de la función u otros daños que pudieran conducir a la infracción de cualquier norma o reglamento relacionados con el medio ambiente. Un fallo trae consecuencias operacionales si tiene un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional, afectando el rendimiento, la calidad del producto y/o el servicio al cliente. Un modo de fallo con consecuencias no operacionales trae consigo costos de reparación, pero no afecta la seguridad, ni el medio ambiente, ni las operaciones.

- La pregunta 6 del proceso RCM hace alusión a las tareas preventivas y predictivas que se le pueden realizar a un activo para evitar cada modo de falla. Las tareas preventivas, como su nombre lo indica, son las que tienen como fin prevenir la ocurrencia de una falla. Por su parte, las tareas predictivas son las que ayudan a predecir la ocurrencia de una falla o a establecer que una falla comenzó a ocurrir. Las tareas “a falta de” se realizan a los activos sino se encuentra alguna tarea preventiva y/o predictiva viable para evitar las consecuencias de una falla. Hay varias categorías de acciones “a falta de” que responden la pregunta 7 del RCM.
- Fuente: (MOUBRAY, 2009)

Al responder y aplicar la metodología RCM se identifican una serie de actividades preventivas, predictivas y correctivas que al aplicarse en cierta frecuencia generara una mayor disponibilidad en la máquina inyectora de plástico

7 Resultados (esperados o alcanzados)

En el presente trabajo de propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento en la metodología del RCM aplicado a máquina inyectora de la empresa Joliplas, proporcionando de una manera práctica de realizar un plan de mantenimiento, donde se encierran distintos modos de falla que el fabricante de la inyectora y la empresa no han contemplado, teniendo como referencia que el mayor número de fallas se producen durante el proceso de producción y no se cuentan con un plan de mantenimiento definido para aplicar en máquinas inyectoras de plástico, afectando considerablemente la frecuencia de paradas de las inyectoras y disminución en la producción, el plan de mantenimiento propuesto se enfoca en recopilar información directamente en campo,

tomando información de los colaboradores que son las personas que más tiempo están laborando y perciben las fallas más recurrentes dentro de la operación. También se tomó información de los técnicos de mantenimiento y manuales de servicio del fabricante. Dando por resultado una serie de actividades que no estaban contempladas dentro del área de mantenimiento.

A continuación, se relacionan las actividades:

Tabla 15. Actividades de mantenimiento Preventivo Sistema Hidráulico.

Máquina inyectora		
SISTEMA HIDRAULICO		
Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
Verificar el nivel de aceite hidráulico (alto, medio, bajo)	a diario	Operador
Revisar eje de bomba se encuentre alineado	Bimestral	Técnico M
Cambio de vástago	cuando ocurra la falla	Operador
Cambio de empaques de bomba hidráulica	trimestral	Técnico M
verificar el desgaste del tornillo	Bimestral	Técnico M
Verificar estado deposito hidráulico	a diario	Operador

Verificar que la tapa y varilla de medida que este en su lugar	a diario	Operador
Verificar estado de mangueras de entrada y salida de presión sistema hidráulico	24 horas	Técnico M
Verificar la presión de los manómetros del sistema hidráulico	a diario	Técnico M
verificar nivel aceite hidráulico	a diario	Técnico M
verificar fugas o derrames de aceite hidráulico	Semanal	Técnico M
Verificar racores /orín y empaques no presente fugas	a diario	Técnico M
Revisar filtros de bomba hidráulica	30 días	Técnico M
Verificar sistema hidráulico	a diario	Técnico M
Verificar sistema de cilindros hidráulicos	2 meses	Técnico M
Verificar con los códigos de falla de bomba hidráulica	a diario	Técnico M
Verificación de fugas de aceite sistema hidráulico	a diario	Técnico M
sustitución de mangueras de psi hidráulica y aceite hidráulico	10 meses	Técnico M

Inspección de nivel de aceite	a diario	Técnico M
Revisar el acople del rodamiento	Bimestral	Técnico M
Inspección tren motriz de los gatos hidráulicos y limpieza del tanque	semanal	Técnico M
verificar nivel de aceite transmisión y diferencial	a diario	Técnico M
limpieza general	a diario	Técnico M
Cambio de filtro de aceite si es necesario	trimestral	Técnico M

Fuente: Autores

Tabla 16. Actividades de Mantenimiento Sistema Intercambiador de Calor

SISTEMA INTERCAMBIADOR DE CALOR		
Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
verificar nivel aceite y la temperatura	a diario	Operador
Verificar fugas del sistema de refrigeración	a diario	Técnico M
Desmontar la bomba agua	12 meses	Técnico M
Verificar estado de mangueras de agua	a diario	Técnico M

Verificar de agua por intercambiador de calor	a diario	Técnico M
Verificar las presiones de aceite hidráulico	a diario	Técnico M
descalcificación del intercambiador de calor	12 meses	Técnico M
Revisar conexiones eléctricas	a diario	Operador
Verificar estado de mangueras de entrada de aire	semanal	Técnico M

Fuente: Autores

Tabla 17 Actividades de Mantenimiento Unidad Inyectora

UNIDAD INYECTORA		
Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
Revisar el estado completo de máquina	a diario	Operador
revisar la torre de enfriamiento y nivel de aguas y fugas	a diario	Operador
revisar y chequear el compresor y observar que no presente fugas	a diario	Operador
lubricación por aceite o grasa	cada semana	Técnico M
Reparación de compresor y accesorios	12 meses	Técnico M

Revisar carga compresora	a diario	Operador
limpieza de depósito de aceite	semanal	Técnico M
limpieza de ventiladores	quincenal	Técnico M
limpieza de tolva	a diario	Operador
revisar señal de los sensores	semanal	Técnico M
Revisar interruptores eléctricos	a diario	Técnico M
revisar boquilla del husillo obstruidos	semanal	Técnico M
revisar orificio de la boquilla tapados	a diario	Operador
Revisar tanques de aire	a diario	Técnico M
ajustar los cabezotes del barril	semanal	Técnico M
revisar válvula de cheque	a diario	Operador
revisar conexiones eléctricas de la resistencia	a diario	Técnico M

Fuente: Autores

Tabla 18 Actividades de Mantenimiento Unidad de Cierre y Potencia

UNIDAD DE CIRRE Y POTENCIA		
Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por

Revisar conexiones eléctricas	a diario	Técnico M
Revisar fugas de aceite	a diario	Técnico M
Cambio de fusibles	12 meses	Técnico M
Revisar la carga de tolva	a diario	Técnico M
Revisar roscas de la unidad de molde	a diario	Técnico M
Cambio de escobillas motor eléctrico	12 Meses	Técnico M
Cambio del térmico de unidad eléctrica	cuando ocurra	Técnico M
Mantener en orden el material almacenado en la planta	a diario	Técnico M
Mantener en buen aspecto de la planta evitando cables sueltos, motores tirados y mangueras regadas	semanal	Técnico M

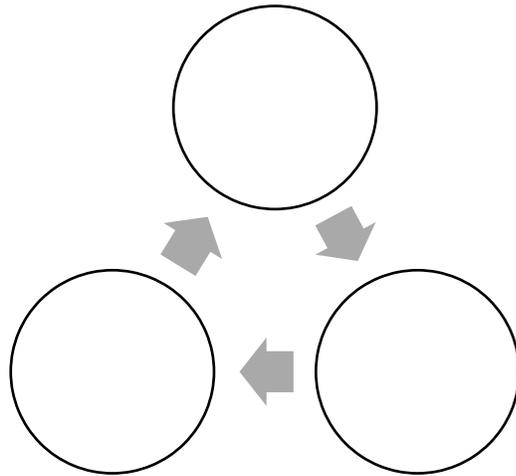
Fuente: Autores

8. Costos financieros

Al producto final hay que sumarle el costo de reparación de los equipos dentro de empresa se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento los cuales son variables y que se

pueden variar la cantidad de recursos que se destina para esta acción el costo de mantenimiento se sitúa entre el 5%-10%del total.

Ilustración 4. Relación de costos para el modelo de gestión.



Fuente: Autores

Costos fijos: Son aquellos costos que la empresa debe pagar independiente de su nivel de operación, es decir, produzca o no produzca debe pagarlos.

Los costos fijos de mantenimiento se ven en la mano de obra y los materiales para ejecutar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo, estos costos son los que brindan un aseguramiento en realizar un plan efectivo en estos costos son gastos que aseguran el mantenimiento de la empresa y la vida útil de los equipos a mediano y largo plazo.

Costos variables: Son aquellos que tienen la particularidad de ser proporcionales a la producción.

Dentro de los costos variables en mantenimiento son la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo o averías imprevistas de los equipos como de las reparaciones programadas por otro tipo de mantenimiento.

Costos financieros: Son todos aquellos costos relacionados con los recursos requeridos para la ejecución de las actividades de mantenimiento como mano de obra y repuestos. Además de disponer de un stock de repuestos de alta rotación que garantice una mayor disponibilidad de los equipos.

Costos de fallo

Se relacionan allí todos los costos consecuentes a los defectos de fabricación antes de que se distribuyan al cliente.

Costo integral

Es la suma de los 4 costos anteriores dan una idea más global de las gestiones de mantenimiento y se pretende relacionar no solo los gastos sino también lo beneficios que se puedan generar.

Costos del plan de mantenimiento

Se presentan los costos de los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento de las máquinas inyectoras de plásticas.

Costo- beneficio

Retorno sobre la inversión (ROI)

Los costos y beneficios presentados en este proyecto se relacionan los distintos puntos de retorno de la inversión.

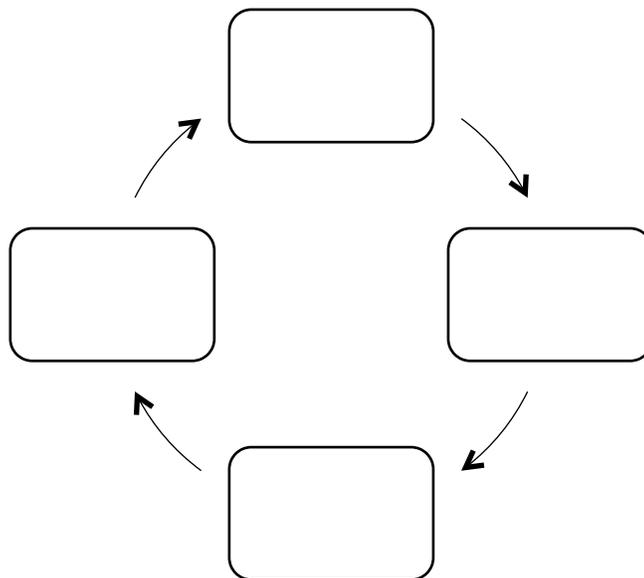
El beneficio que se obtiene luego de realizar la inversión de un determinado proyecto hace parte del retorno del dinero gastado. Consta de identificar los costos versus los resultados.

Retorno sobre el capital empleado se calcula expresando la rentabilidad antes de pago de intereses e impuestos como una proporción total del capital invertido en el negocio.

El indicador se presunta una perspectiva global del estado financiero del negocio y brindar un punto de partida para análisis del desarrollo de la inversión.

Modelo estratégico

Ilustración 5 Modelo Estratégico

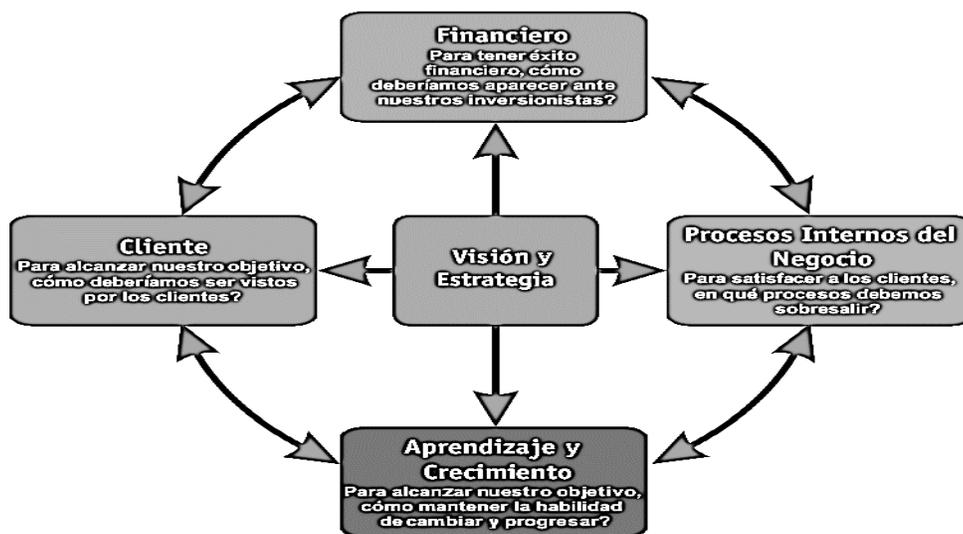


Fuente: Autores

Los indicadores técnicos de mantenimiento permiten ver el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas del equipo y dispositivo, medir la calidad de los procesos y el comportamiento de los diferentes indicadores de mantenimiento.

- ❖ **Tiempo promedio para fallar (TPPF):** Es el tiempo esperado de aleatorias de fallo, es decir mide el tiempo promedio que es capaz de operar a su máxima capacidad sin ninguna interrupción, en una distribución exponencial de la variable aleatoria del tiempo de fallo. (Moubray, 2004)
- ❖ **Tiempo promedio para reparar (TPPR):** medida de distribución de tiempo de reparación de una máquina inyectora o la efectividad de restituir la unidad a condiciones optimas de operación, una vez se encuentra fuera de servicio determinando un tiempo para su reparación. (Moubray, 2004)
- ❖ **Disponibilidad (D):** Es la capacidad que tiene una máquina inyectora para realizar su función en un periodo de tiempo determinado, asumiendo que sus recursos externos son suministrados. Indicador que mide el resultado de confiabilidad de mantenimiento y su susceptibilidad, nos permite llevar un registro de la frecuencia y tipos de ocurrencias de fallos con el tiempo de reparación. (Moubray, 2004)
- ❖ **Utilización (U):** Factor de uso o de servicio, efectividad de operación de una máquina inyectora.
- ❖ **Fiabilidad (F):** Las cualidades de la máquina inyectora que determina su efectividad, para que su función se desempeñe satisfactoriamente bajo condiciones específicas de operación.

Ilustración 6 Reingeniería y programas de cambio



Fuente. (Espinoza, 2007)

La metodología y especificaciones que permiten la obtención de resultado rápido, óptimo y duradero, se balancean con los indicadores financieros.

En la gestión de negocios para lograr un posicionamiento de categoría “Clase Mundial” las acciones que se deben realizar son las siguientes:

- ❖ Consolidar la implementación de las recomendaciones dadas y emitidas en los planes de mantenimiento.

- ❖ Fortalecer la capacitación de los técnicos de mantenimiento para garantizar resultados óptimos de aprovechamiento
- ❖ Reorientando los conocimientos de los especialistas en el diagnóstico de los equipos para el fortalecimiento de todas las instalaciones.
- ❖ Reforzar las operaciones de mantenimiento, donde permita que las paradas de las máquinas sean planificadas y no afecten los resultados de los procesos.
- ❖ Fortaleces en cada proceso el monitoreo, diagnóstico y control de las variables operacionales de los procesos.

Tabla 18. Cálculo sobre el Retorno de la Inversión ROI

<i>modelo actual</i>		
(+) Ingresos operacionales (5 unidades)	180.000.000	\$
(-) costos Directos de mantenimiento	30.000.000	\$
(-) costos indirectos de mantenimiento	12.000.000	\$
(-) gastos administrativos	18. 000.000	\$
(=) Total gastos	60.000.000	\$
(=) Utilidad antes de impuestos	120.000.000	\$

Haciendo una proyección en la implementación de este proyecto basados en datos actuales suministrados por la compañía fabricante de productos de plásticos Joliplas nos podemos dar cuenta que los gastos ocasionados por fallas en la máquina de inyección y pérdida de producción de manera repetitiva genera un sobre costo no solamente en la reparación del equipo sino pérdida de ventas de productos plásticos, en la tabla se evidencia los gastos no presupuestados:

Tabla 19. Costo por mantenimiento y reparación de máquinas

DESCRIPCIÓN	MES		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero	
	Sin modelo de gestión	Con modelo de gestión	Sin modelo de gestión	Con modelo de gestión	Sin modelo de gestión	Con modelo de gestión	Sin modelo de gestión	Con modelo de gestión	Sin modelo de gestión	Con modelo de gestión
Mantenimiento Correctivo	\$5000.000	\$5000.000	\$5000.000	N.A.	\$5000.000	NA	\$5000.000	N.A.		
Mantenimiento Preventivo	No se realizó	\$1000.000	No se realizó	\$1000.000	No se realizó	NA.	No se realizó	\$2000.000		
Mantenimiento predictivo	No se realizó	N.A.	No se realizó	\$500.000	No se realizó	\$500.000	No se realizó	N.A.		

Fuente: Autores

El valor del mantenimiento preventivo está basado en el 10% del valor total de la máquina inyectora dando un estimado del avalúo de la máquina inyectora de \$50.000.000 de pesos, la relación que hay entre el gasto que genera la implementación de un modelo de gestión (RCM) y la no implantación es que el gasto de repuestos y mantenimiento correctivo es mayor porque no se realizan los cambios de repuestos con la frecuencia que indica el

fabricante relacionados en el mantenimiento preventivo y se genera desgaste de otras partes adicionales que generar sobre costos en la reparación cuando el equipo falla.

El modelo (RCM) está diseñado para disminuir los costos en el mantenimiento preventivo y disminuir los tiempos muertos de producción por fallas de equipos graves.

9. Conclusiones y recomendaciones

- Se conoció el proceso productivo y el funcionamiento de las máquinas inyectoras de plástico a través de la aplicación de la metodología RCM. Lo cual permitió hacer una división en sistemas y así encontrar los modos de falla más frecuentes y sus ubicaciones, determinando el vacío de la información de las máquinas y se procedió a levantar la taxonomía de las mismas para así estructurar el modelo y la metodología a seguir.
- El conocimiento de la criticidad de los diferentes sistemas que componen la inyectora de plástico permitió estructurar los planes de mantenimiento acorde ya que permite identificar y medir de qué manera se afecta el funcionamiento de la misma y así direccionar actividades de mantenimiento encaminadas a asegurar la disponibilidad operativa.

- Con base en la información recolectada de los registros de falla y las entrevista con los operadores de las máquinas se pudo identificar los elementos críticos de las máquinas y las causas de las paradas operativas y los tiempos de ocurrencia de las mismas; Utilizando la matriz de criticidad se permitió conocer los sistemas y componentes con mayor tendencia a fallar y los modos de falla que deben atenderse para controlar las paradas no deseadas. Sirviendo como base para estructurar los planes de mantenimiento preventivo que buscan mejorar la confiabilidad de las máquinas inyectoras.
- Se elaboraron los planes de mantenimiento para las máquinas inyectoras de plástico con base en la metodología RCM. Los planes de mantenimiento buscaran dar mayor confiabilidad y disponibilidad a las máquinas inyectoras disminuyendo la improductividad de las mismas, generando actividades de inspección y monitoreo a los componentes de los principales sistemas evitando fallas inesperadas con la ejecución de las actividades de mantenimiento programado.

9.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda hacer uso oportuno de los planes de mantenimiento generados a través de la investigación, realizar los seguimientos y consignar la información para evaluar los resultados de las inspecciones y los tiempos de ocurrencia de las fallas para retroalimentar las bases de datos y corregir si fuese necesario la gestión de mantenimiento.
- Desde la coordinación de mantenimiento se debe gestionar los recursos y capacitaciones a los técnicos de la planta sobre el uso de las herramientas para

detectar fallas en los sistemas y así encontrar las causas de las paradas no programadas para documentar la base de datos y fortalecer el análisis futuro de mantenimiento.

- Se recomienda también el monitoreo de los planes de mantenimiento mediante las hojas de inspección para controlar las variables que afecten el buen desempeño de las máquinas inyectoras de manera que se pueda ir mejorando en la gestión de mantenimiento para la fábrica Joliplas.

Bibliografía

AMÉNDOLA, J. Luis (s/f) Modelos Mixtos de Confiabilidad. (<http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/amendola.asp>); contiene libros electrónicos de mantenimiento e información de interés (Consulta: 10 de diciembre de 2016).

CAMISÓN, César; CRUZ, Sonia y GONZÁLEZ, Tomás (2007) Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: Pearson Educación S.A.

CHRISTENSEN, Claudio Héctor (2006), Indicadores de mantenimiento (5ª parte): Disponibilidad pp. 4 - 5. En: revista CLUB DEL MANTENIMIENTO N°17. (Consulta: 10 de diciembre de 2016)

(http://www.clubdemantenimiento.com.ar/revistas_y_boletines.html)

CHRISTENSEN, Claudio Héctor (2006), Indicadores de mantenimiento (3ª parte): Tiempo Medio entre Mantenimientos Preventivos pp. 9 - 10. En: revista CLUB DEL MANTENIMIENTO N°15. (Consulta: 10 de diciembre de 2016)

(http://www.clubdemantenimiento.com.ar/revistas_y_boletines.html)

ESCRICHE, Isabel y DOMENÉCH, Eva (S/F) Los sistemas de gestión, componentes estratégicos en la mejora continua de la industria alimentaria. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia

GARCIA GARRIDO, Santiago (2009a) Mantenimiento Sistemático.

Madrid: Renovetec (2009c) Mantenimiento Predictivo. Madrid: Renovetec. (2009d) Mantenimiento Correctivo. Madrid: Renovetec.

GONZÁLEZ DANGER, ANTONIO y HECHEVARRÍA PIERRE, Laureano

(2002) Metodología para seleccionar Sistemas de Mantenimiento, pp. 14 – 16. En: revista CLUB DEL MANTENIMIENTO N°8. (Consulta: 10 de diciembre de 2016) (http://www.clubdemantenimiento.com.ar/revistas_y_boletines.html)

GONZÁLES FERNÁNDEZ, Francisco Javier (2005) Mantenimiento Industrial Avanzado. 2ª. ed. Madrid: Fundación Confederal.

GUERRAS, Luis Ángel y NAVAS, José Emilio (2007) La dirección estratégica de la empresa. Navarra: Aranzadi.

MANTENIMIENOMUNDIAL (2009) (<http://mantenimientomundial.com>) Portal Latinoamericano de mantenimiento; contiene información para la comunidad mundial de mantenedores (Consulta: 10 de diciembre de 2016).

RUCOBA TELLO, Jorge (2010) MSP Lamina Desplegada. Lima: UPC

TERÁN DIANDERAS, Ciro (2010) Planeamiento y Programación del Mantenimiento. Lima: UPC

TORRES, Leandro Daniel (s/f) Mantenimiento. Su Implementación y Gestión (<http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/torres.asp>); contiene libros

electrónicos de mantenimiento e información de interés (Consulta: 10 de diciembre de 2016).