

# Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos del proceso de producción en la empresa EQUIACEROS SAS

## *Implementation of preventive and predictive maintenance to the teams of the production process in the Equiaceros SAS Company*

María Gabriela Mago Ramos<sup>1</sup>

Brenda Yasneir Perea Lozano<sup>2</sup>

Henry Norholey López Suárez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7250-111X>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [mariaq.magor@unilibre.edu.co](mailto:mariaq.magor@unilibre.edu.co)

<sup>2</sup>Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2071-0945>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [brenday-pereal@unilibre.edu.co](mailto:brenday-pereal@unilibre.edu.co)

<sup>3</sup>Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6153-4650>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [henryn.lopezs@unilibreboq.edu.co](mailto:henryn.lopezs@unilibreboq.edu.co)

**Fecha de recepción: 01/10/ 2020**

**Fecha de aceptación:03 /11/ 2020**

### Resumen

Dentro de los sectores productivos de Mosquera Cundinamarca, hay empresas que ofrecen servicios en el área metalmecánica, entre las cuales se encuentra la empresa EQUIACEROS SAS, en la cual se realizó la implementación de mantenimiento Preventivo y Predictivo a los equipos que intervienen en el proceso de producción mediante un análisis en la predicción del histórico de fallas, principios y estándares de funcionamiento, tiempos y contextos operacionales, es por tal razón que la investigación propuso un modelo que incluye RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), ya que resulta indispensable analizar el comportamiento de los equipos, para posteriormente tomar decisiones que mejoren la calidad y productividad, buscando reducir costos de los procesos. Esta metodología que se basó en: AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) a través de una clasificación y jerarquización de equipos, codificación de fallas, cálculo de NPR (número de prioridad de riesgo), el cual sirve para establecer las actividades de mantenimiento que serán ejecutadas en la empresa. La elaboración del plan de mantenimiento permitirá llevar los indicadores de funcionamiento de los equipos evaluando la vida útil de los mismos. Los resultados obtenidos apoyarán los servicios que presta EQUIACEROS SAS, siendo indispensable que la maquinaria o equipos que no se detengan en ninguna circunstancia; porque hoy en día la

industria metalmeccánica exige altos niveles de producción. La finalidad de este proyecto es apoyar investigaciones futuras que mejoren la gestión de mantenimiento donde se apliquen habilidades que permitan llevar un control de las operaciones, así como también, realizar las frecuencias y rutinas de inspección mejorando los indicadores de fiabilidad de los equipos.

**Palabras claves:** Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo, Proceso de producción, Empresa EQUIACEROS SAS.

### **Abstract**

Within the productive sectors of Mosquera Cundinamarca, there are companies that offer services in the metalworking area, among which is the Company EQUIACEROS SAS, in which the implementation of Preventive and Predictive maintenance was carried out on the equipment involved in the process of production through an analysis in the prediction of the failure history, operating principles and standards, times and operational contexts, it is for this reason that the research proposed a model that includes RCM (Reliability Centered Maintenance), since it is essential to analyze the behavior of the teams, for later; make decisions that improve quality and productivity, seeking to reduce process costs. This methodology that was based on: FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) through a classification and hierarchy of equipment, fault coding, calculation of RPN (risk priority number), which serves to establish the activities of maintenance that will be carried out in the company. The elaboration of the maintenance plan will allow to keep the performance indicators of the equipment evaluating the useful life of the same. The results obtained will support the services provided by the company EQUIACEROS SAS, it being essential that the machinery or equipment does not stop under any circumstances; because today the metalworking industry demands high levels of production. The purpose of this project is to support future research to improve maintenance management where skills will be applied that allow operations to be controlled, as well as to perform inspection frequencies and routines, improving equipment reliability indicators.

**Keywords:** Preventive and predictive maintenance implementation, Production process, EQUIACEROS SAS Company.

## Introducción

EQUIACEROS SAS es una empresa colombiana dedicada a la actividad de producción metalmecánica que se encarga de las áreas de Ingeniería Mecánica e Industrial por medio del diseño y fabricación de equipos; además del montaje industrial, su principal función es la construcción de recipientes para el depósito de todo tipo de líquidos e hidrocarburos.

El desarrollo de este proyecto de investigación propone realizar un modelo de plan de mantenimiento, que sea adecuado para el cumplimiento de la política empresarial dentro de la planta de producción, que brinde el desarrollo de herramientas necesarias para la manipulación y adecuación de las máquinas al proceso, al igual que las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo, que garanticen la disponibilidad de los equipos, evite fallas críticas indicando el TPEF (Tiempo Promedio entre Fallas) para ajustar las frecuencias y rutinas de inspección en los tipos de mantenimiento que se requieran, determinando en qué período de vida útil se encuentran los equipos, evaluando además, a Verificar y Actuar), las condiciones de operación adecuadas, las cuales serían acciones complementarias de mantenimiento preventivo requeridas, indicando otras causas de la degradación de los equipos, los riesgos de seguridad de los operarios y sobre todo, permitirá verificar las pérdidas económicas para el

proceso, lo que llevaría a una mayor inversión a medida que el plan de mantenimiento se implemente, para mejorar la disponibilidad de los equipos, evitar fallas críticas entre otras circunstancias que afecten la productividad. Para el desarrollo de este plan, se elabora un inventario de la maquinaria con la que cuenta actualmente EQUIACEROS SAS; asimismo se realizó una jerarquización de los activos más importantes incluyendo: sistemas, sub-sistemas, equipos y componentes, que luego se evaluaron con la matriz de criticidad basada en riesgos. En ese orden de ideas, las máquinas se codificaron para individualizar la información, se realizaron las fichas técnicas y hojas de vida, también se registraron los datos necesarios del plan de mantenimiento que más se adecue a la empresa EQUIACEROS SAS, ya que los equipos no cuentan con manuales de operación, sino que se diseñaron por metodologías empíricas.

Los datos recolectados en los formatos establecidos, permitirán el manejo de la información determinando la periodicidad requerida en el plan de mantenimiento, bitácoras diarias de operación, de acuerdo al tiempo promedio entre fallas, con la finalidad de mejorar el Stock de repuestos con que cuenta la compañía reduciendo los tiempos de reparación. Es importante indicar que las actividades o tareas del plan de mantenimiento

estarán relacionadas con los resultados que arroje el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) de acuerdo al NPR (Número de Prioridad de Riesgo), como aporte de la línea de Mantenimiento del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Libre.

## I. Metodología

### I.1. Empresa EQUIACEROS SAS

EQUIACEROS SAS es una empresa joven que está formada por personal idóneo y calificado que cuenta con una alta experiencia en el desarrollo del acero inoxidable, acero al carbón entre otros, donde se cuenta con gran experiencia en ensamble y montaje de tanques y tuberías para las industrias químicas, petroquímicas, productos alimenticios, industria farmacéutica, gaseosas y refrescos, así como en industrias cerveceras, la empresa se muestra en la siguiente figura 1.



**Figura 1.** Empresa Equiaceros SAS.

**Fuente:** autores, 2019

El proceso de producción de un tanque inicia con la llegada de las láminas de acero inoxidable a la planta, donde se le da la disposición con el puente grúa en el sitio que se haya seleccionado para la ejecución de la respectiva tarea como se observa en la figura 2. Dependiendo del tipo de proceso que se realiza al material, pasando por las secciones de: corte, embombado, pestañado y soldadura.



**Figura 2.** Puente grúa de la planta de producción.

**Fuente:** autores, 2019

A continuación, la figura 3 muestra el rolado en la fabricación de tanques, que es una de las actividades más importantes, ya que da la curva a las láminas de acero inoxidable, que posteriormente, son soldadas para crear el respectivo tanque.



**Figura 3.** Área de rolado.

**Fuente:** autores, 2019

En la figura 4 se muestra la producción de un tanque de acero inoxidable



**Figura 4.** Producción de un tanque.

**Fuente:** autores, 2019

## 1.2. Desarrollo de la investigación

En esta investigación se realizó un análisis documental de tipo cualitativo y cuantitativo, que identifica fallas o problemas recurrentes en la empresa a través del diseño de un plan de

mantenimiento basado en estudio de fuentes de información bibliográficas y documentales tomando todos los datos correspondientes y sus características. Esta revisión permitió identificar las fallas, para posteriormente simplificarlas y clasificarlas, con lo cual se desarrolla la metodología que se presenta en la figura 5, donde se indica el proceso para el plan de mantenimiento.

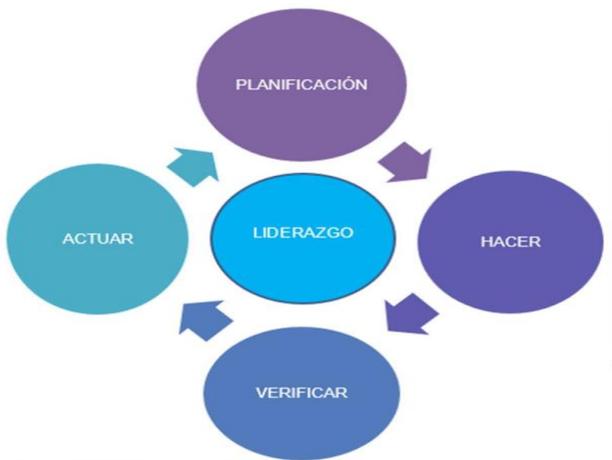


**Figura 5.** Metodología.

**Fuente:** autores, 2019

Para el desarrollo de este proyecto, se tuvo en cuenta la homologación para Colombia de la Norma ISO 45001 de 2018, el Decreto 1072 en el capítulo 6 y la Resolución 0312 del 2019 que indica “*El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST debe asegurar que sean aplicados a todos los procesos dentro de la empresa EQUIACEROS SAS, la cual desarrolla **TANQUES VERTICALES PARA ALMACENAMIENTO EN ACERO INOXIDABLE***”. El SG-SST debe ser liderado e implementado por el empleador o contratante, con la participación de

los trabajadores y/o contratistas, garantizando a través de dicho sistema, la aplicación de las medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), el mejoramiento del comportamiento de los trabajadores, las condiciones y el medio ambiente laboral, el control y mantenimiento de procesos, la eficaz identificación y control de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo (Ver figura 6).



**Figura 6.** Ciclo PHVA.

**Fuente:** autores, 2019

### **1.3. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo propuesto comprendió las siguientes fases.**

**1.3.1. Planificaciones de acciones para abordar riesgos y oportunidades:** se planeó la creación de un plan de mantenimiento para los equipos de la empresa EQUIACEROS SAS con el

fin de optimizar las rutinas de mantenimiento que se desarrollaban dentro de esta teniendo en cuenta riesgos, peligros, oportunidades y requisitos legales.

**1.3.2. Qué se debía hacer:** se utilizaron las herramientas del Microsoft Office para implementar el plan de mantenimiento.

**1.3.3. Qué se debía verificar:** se llevó a cabo un control del plan de mantenimiento a través de indicadores verificando en qué momento deben ser sometidos a mejoras los equipos de la empresa.

**1.3.4. Cómo se debía actuar:** el plan de mantenimiento permite crear y modificar los activos de la empresa.

La resolución 0312 del 2019 establece que la empresa EQUIACEROS SAS tiene riesgo nivel V estableciendo los mínimos estándares del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, es por esta razón que toda empresa debe afiliar a su personal al servicio de Seguridad Social Integral y dar cumplimiento a los sesenta (60) estándares que deben tener las empresas de este nivel de riesgo (Ver implementación propuesta para uno de los activos de la empresa en la tabla 1).

Tabla 1. Proceso de SG-SST Pestañadora.

PESTAÑADORA		
PROCESO	IMPLEMENTACIÓN	PERSONAL/ OPERARIO
Hacer pre- inspección de la operacional de los equipo a emplear.	Controles de ingeniería; Controles administrativos; Prácticas de trabajo; y Equipo de Protección Personal (PPE)	Todo el personal que este laborando para Equiaceros S.A.S estará afiliado al régimen de seguridad social, ARP, EPS, Fondo de Pensiones y se tendrá su respectiva inducción al momento del ingreso.
Mantenimiento periódico de los equipos, instalaciones, maquinas y herramientas.	Se modifica el diseño para eliminar el peligro; por ejemplo, la introducción de dispositivos de elevación mecánica para eliminar el peligro de la manipulación manual.	Todo el personal involucrado utilizara los elementos de protección personal acordes con la actividad y los riesgos existentes en el entorno.
Mantener las Hojas de datos de seguridad, al alcance de todos los operarios.	Si es necesario obtener nuevos controles, decir, eliminar todos los riesgos siempre que sea posible, estableciendo la reducción del riesgo y adoptando diferentes equipos de protección individual como último recurso.	Uso obligatorio la ropa de trabajo manga larga, casco, botas de seguridad, guantes y gafas de seguridad.
Formatos de registros de las inspecciones a las instalaciones, máquinas o equipos ejecutadas.	Los controles de ingeniería: se deben instalar sistemas de ventilación, protección de máquinas, enclavamientos, aislamiento de sonidos, etc.	Verificar antes del inicio del trabajo y periódicamente, el cumplimiento de la obligación de afiliación al Sistema General de Riesgos Laborales, considerando la rotación del personal por parte de los proveedores contratistas y subcontratistas, de conformidad con la normatividad vigente.

Fuente: autores, 2019

En la figura 7 se muestra la demarcación propuesta en esta investigación, que se debe utilizar en la empresa, para garantizar condiciones de seguridad durante la realización de las diferentes tareas.

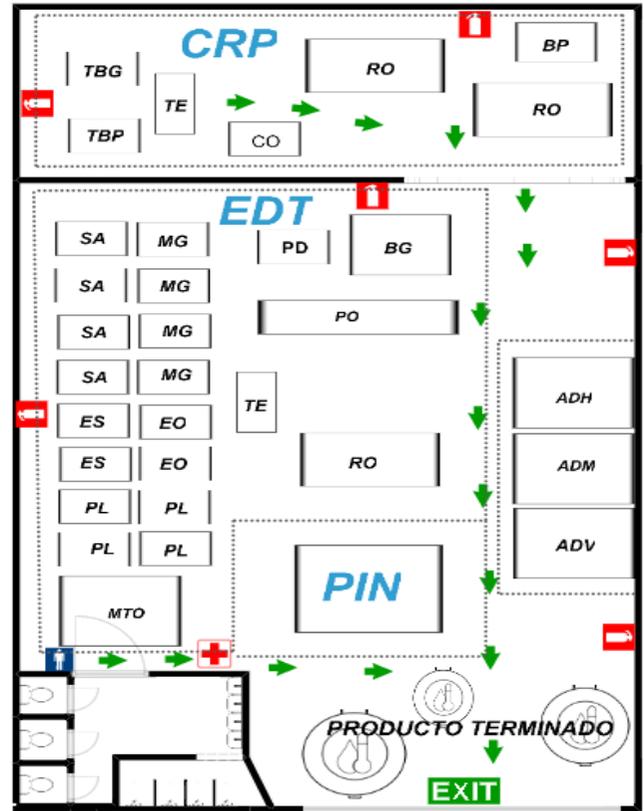


Figura 7. Layout demarcación de seguridad empresa EQUIACEROS SAS.

Fuente: autores, 2019

El cálculo de criticidad de equipos en función de la frecuencia de falla e impactos o consecuencias se indica en la figura 8, donde los equipos de soldadura, corte y la embobinadora son los más críticos del proceso.

Código	Equipo	Impacto Ambiental	Impacto Personal	Impacto a la población	Daños a las instalaciones	Impacto de Producción	Impacto Total	Impacto	Criticidad
ADH-MIG-01	Soldador MIG	4	4	2	2	2	14	4	56
ADH-MIG-02	Soldador MIG	4	4	2	2	2	14	4	56
ADH-SA-01	Soldador Arco eléctrico	4	5	4	2	1	16	4	64
ADH-SA-02	Soldador Arco eléctrico	4	5	1	2	1	13	4	52
ADH-SA-03	Soldador Arco eléctrico	4	5	1	2	1	13	4	52
ADH-SA-04	Soldador Arco eléctrico	4	5	1	2	1	13	4	52
CRP-SA-05	Soldador Arco eléctrico	4	5	1	2	1	13	4	52
CRP-TAP-01	Taladro de árbol Pequeño	4	5	1	2	3	15	4	60
CRP-TA-01	Taladro de árbol.	4	5	1	2	3	15	4	60
CRP-DB-01	Dobladora.	1	5	1	2	3	12	4	48
CRP-DB-02	Dobladora.	1	5	1	2	3	12	4	48
CPR-CP-02	Cortador de plasma.	5	5	1	2	4	17	4	68
CPR-CP-02	Cortador de plasma.	5	5	1	2	4	17	4	68
PO-PG-01	Pórtico	5	5	1	2	3	16	4	64
PO-PG-02	Pórtico	5	5	1	2	3	16	4	64
CPR-ES-01	Compresor de aire.	5	5	1	2	4	17	4	68
ADH-PL-01	Esmeril	5	5	1	2	2	15	2	30
ADH-PL-02	Pulidora.	5	5	1	2	2	15	2	30
ADH-PL-03	Pulidora.	5	5	1	2	2	15	2	30
ADH-TN-01	Pulidora.	5	5	1	2	2	15	2	30
ADH-TN-02	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-03	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-04	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-05	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-06	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-07	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
ADH-TN-08	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
CRP-BG-01	Taladro manual	5	5	1	2	1	14	2	28
CRP-BP-01	Bombeadora Grande	5	5	1	2	4	17	4	68
PN-CO-01	Bombeadora Pequeña	5	5	1	2	4	17	4	68
MEC-RO-01	Tableros Eléctricos	5	5	1	2	2	15	3	45
MEC-RO-02	Tableros Eléctricos	5	5	1	2	2	15	3	45

**Figura 8.** Criticidad de equipos.

**Fuente:** autores, 2019

En ese orden de ideas, el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) se muestra a continuación en la figura 9.

CÓDIGO										ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) EQUIACEROS SAS														
Roladora										RO					Fecha de Elaboración									
										RESPONSABLES					HENRY LÓPEZ-BRENDA PEREA					Fecha de Revisión: 10 -07- 2019				
										RESPONSABLE (DPTO/AREA)														
Descripción del Proceso-Propósito del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto(s) de Falla Potencial	Severidad	Causa(s) de Falla Potencial	Ocurrencia	Control Actual: detección prevención	Detección	NPR	Acción(es) Recomendada(s)															
Sirve para curvar placas de acero en los radios que requiere el usuario, trabaja a base de tres rodillos los cuales están prediseñados en triángulo.	Desgaste Mecánico	Para la prestación del servicio y presenta demora en la entrega del producto	3	Las superficies mecánicas de la máquina se desgastan una sobre la otra	3	N/A	5	45	Revisar															
	Desgaste por abrasivo		3	La contaminación por partículas causa el mayor desgaste.	3	N/A	5	45	Revisar y Lubricar															
	Desgaste Adhesivo		3	Se presenta en áreas donde el lubricante no puede presentar la carga o en áreas donde hay escases de lubricante.	3	N/A	5	45	Revisar y Lubricar															
	Corrosión		3	La lámina esta con agua ocasiona la aceleración de la oxidación del aceite, generando un ambiente ácido dentro del componente.	3	N/A	5	45	Limpieza															
	Degradación de la superficie de los componente internos		3	Evidencia : si, porque causa la pérdida de función de la máquina, debido al desgaste mecánico y la corrosión.	3	N/A	5	45	Revisar y Lubricar															
	Pérdida de función		3	Funcionar por tres razones: obsolescencia, accidente y degradación.	3	N/A	5	45	Revisar															
	Descompostura		3	Deja de hacer la función de diseño.	3	N/A	5	45	Revisar															

**Figura 9.** AMEF (Análisis de modo y efecto de falla).

**Fuente:** autores, 2019

En la figura 10 se muestra el registro de las tareas o actividades de mantenimiento con la herramienta del Microsoft Office.

EQUIACEROS SAS						
REGISTRO ACTIVIDADES MANTENIMIENTO						
CÓDIGO	EQUIPO	FECHA	ENCARGADO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIALES A UTILIZAR
<input type="button" value="GUARDAR"/>						

EQUIACEROS SAS						
INFORMACIÓN EQUIPOS						
CÓDIGO	EQUIPO	FECHA	ENCARGADO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIALES A UTILIZAR
ADH-MG-01	Soldador MIG		y			
ADH-MG-01	Soldador MIG					
ADH-MG-02	Soldador MIG					
CRP-MG-01	Soldador MIG					
CRP-MG-02	Soldador MIG					

EQUIACEROS SAS						
REGISTRO DATOS						
CÓDIGO	EQUIPO	FECHA	ENCARGADO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIALES A UTILIZAR
ADH-MG-01	Soldador MIG					
ADH-MG-01	Soldador MIG					
ADH-MG-02	Soldador MIG					
ADH-SA-01	Soldador Arco eléctrico					
ADH-SA-02	Soldador Arco eléctrico					
ADH-SA-03	Soldador Arco eléctrico					
ADH-SA-04	Soldador Arco eléctrico					
CRP-SA-05	Soldador Arco eléctrico					
CRP-TAP-01	Taladro de árbol Pequeño					

Figura 10. Registro de actividades de mantenimiento.

Fuente: autores, 2019

En la siguiente figura 11 se muestra el plan de mantenimiento propuesto.

## Conclusiones

Se pudo establecer un sistema de operaciones de Seguridad en el Trabajo dentro del proceso de la empresa Equiaceros SAS, basado en la Norma ISO 45001 del 2018, del Decreto 1072 y Resolución 0312 de 2019 cumpliendo con la regulación en Colombia.

Equipo	Codigo Equipo	Tipo de Mantenimiento		Frecuencia	Actividad	AÑO																				
		Correctivo	Predictivo			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP												
Taladro Manual	TM			Mensual	Inspeccion General																					
				Trimestral	Inspeccion Electrica																					
				Trimestral	Inspeccion mecanica																					
				Semanal	Limpieza																					
Bombeador a Grande	BG			Semanal	Limpieza de la maquina																					
				Semanal	Lubricación																					
				Mensual	Revisión del nivel de aceite																					
				Mensual	Revisión trasmision																					
				Annual	Revisión de rodamientos del																					
Bombeador a Pequeña	BP			Semanal	Limpieza de la maquina																					
				Semanal	Lubricación																					
				Mensual	Revisión del nivel de aceite																					
				Mensual	Revisión trasmision																					
				Annual	Revisión de rodamientos del																					
Compresor	CO			Mensual	Inspeccion Mecanica																					
				Mensual	Inspeccion Electrica																					
				3000 horas	Cambio de Aceite																					
				Diario	Limpieza o cambio del elemento fil																					
				mensual	Comprobar que no existen fugas de																					
				Trimestral	Accione la válvula de seguridad																					
				Trimestral	Comprobar los refrigeradores y lim																					
				Trimestral	Quitar, revisar y limpiar el element																					
				Trimestral	Quitar, desmontar y limpiar la válv																					
				Trimestral	Limpjar compresor																					
		semestral	Probar válvula de seguridad																							
		semestral	Revisión minuciosa de la estructu																							
		semestral	aire																							
		semestral	Revisión del estado del aceite y ca																							

Figura 11. Plan de mantenimiento propuesto

Fuente: autores, 2019

El plan de mantenimiento propuesto está basado en los modos de falla identificados dentro de la creación del AMEF (Análisis Modal de Fallos y Efectos), se generaron las acciones correctivas indicadas en forma preventiva y predictiva en las rutinas de mantenimiento que se proponen.

Se recomienda a la empresa realizar un diagnóstico o auditoría del plan de mantenimiento, para verificar a mediano plazo si los resultados obtenidos de esta implementación son viables desde el punto de vista operativo y si representan un beneficio financiero para Equiaceros SAS.

## Referencias

- [1] BEDOYA, Carlos Mario; 2014; ISO 55000 Gestión de activos; congreso técnico FICEM; República Dominicana.
- [2] Belloví, M. B., Ramos, R. M. O., Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, París, C. M., & SEAT, S. A. (2004). Análisis modal de fallos y efectos. AMEF Introducción. *English*, 1–10.
- [3] CÁRCEL-CARRASCO Francisco Javier. Ingeniería del mantenimiento industrial y gestión del conocimiento. Mejora en la eficiencia de las empresas industrial maintenance engineering and knowledge management. improvement in business efficiency.
- [4] Diseño e implementación de un sistema de gestión de calidad en la industria metalmeccánica acero & metal basado en la norma ISO 9001:2008.
- [5] JIMÉNEZ, A. Análisis RAM. Artículo de información. Chrome WEB [en línea], (2013). Disponible en internet: <https://maintenancela.com.co/2013/01/analisisram.html>
- [6] MORELOS GÓMEZ, José Tomás; FONTALVO José Herrera. Caracterización y análisis del riesgo laboral en la pequeña y mediana industria metalmeccánica en Cartagena-Colombia. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*. 2013(10):17
- [7] OREDA. (2002) Offshore Reliability data handbook (base de datos de consulta).
- [8] ORTIZ SÁNCHEZ; PINZÓN Candelario M, MESA Grajales DH. La confiabilidad, la disponibilidad y la Mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technical*. 2006;1(30):155-160.
- [9] SÁNCHEZ – RODRÍGUEZ. Ángel P. La gestión de los activos físicos en la función de mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*. 2011;13(2):72-78.
- [10] SIERRA, Gabriel A; 2004; Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccánica industrias AMV S.A.; Universidad Industrial de Santander.
- [11] Mantenimiento Industrial. Tomado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>
- [12] Ingeniería del Mantenimiento. Tomado de: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>
- [13] Enrique Muñoz. Tomado de: <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>
- [14] Chiltworth a Dekra Company. Tomado de: <http://www.chilworth.es/archivos/145archivo.pdf>
- [15] Decreto 1070 de 2015 Ministerio del Trabajo, desde la página 95 hasta la página 120.