

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA
ALCALDÍA DE ARATOCA, SANTANDER.

LUIS CARLOS DIAZ VILLAMIZAR

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2018

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA
ALCALDÍA DE ARATOCA, SANTANDER.

LUIS CARLOS DIAZ VILLAMIZAR

Trabajo de Grado para optar el título de ingeniero mecánico

Director

Pedro José Díaz Guerrero

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIA

*A Dios por darme la fuerza necesaria para superar cada
obstáculo en el camino y así alcanzar objetivos.*

*A mis padres Juan Carlos y Marta, por enseñarme que
todo es posible, para quien puede creer.*

*A mi esposa Daniela por acompañarme en los momentos
difíciles y ser mi motivación.*

*A mi hermana Marcela, por su apoyo y compañía
incondicional.*

A mis abuelos, Tobías y Edilia, por sus consejos.

A todos, Gracias, Dios los Bendiga, Hoy y siempre.

Luis Carlos.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al Ingeniero Pedro José Díaz Guerrero, director del proyecto, por su dedicación, asesoría y orientación en la realización y culminación de este proyecto.

A La Alcaldía del municipio de Aratoca-Santander, por brindarnos la oportunidad y abrirnos las puertas de sus instalaciones para la realización del proyecto de grado.

Contenido

INTRODUCCION	19
1. PROBLEMÁTICA DEL MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DEL MUNICIPIO ARATOCA, SANTANDER	20
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 OBJETIVOS	22
1.2.1 Objetivo general.....	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	23
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	24
2.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO	24
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	25
2.2.1 Mantenimiento Correctivo	25
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	26
2.3 CRITICIDAD	27

2.4 TAXONOMÍA DE EQUIPOS SEGÚN ISO 14224	28
2.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN (plataforma web)	30
2.5.1 Características de Software Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS)..	30
2.5.2 Módulo del Software.:	33
3. AUDITORIA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER.....	36
3.1 INDICADORES AUDITORIA DE LA GESTIÓN	36
3.2. EVALUACIÓN DE LA AUDITORIA	37
4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE ARATOCA SANTANDER.....	39
4.1. DIAGNÓSTICO Y HALLAZGOS EN LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA	39
4.2 FICHAS TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA SANTANDER.	43
4.2.1 Retroexcavadora John Deere serie 310SJ	43
4.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CADA MÁQUINA, SEGÚN FABRICANTE	45

5. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS CRÍTICOS	48
5.1 CODIFICACIÓN PARA LOS ACTIVOS DE LA ALCALDÍA ARATOCA, SANTANDER.....	48
5.1.1 Procedimiento de Codificación para Maquinaria Amarilla de la Alcaldía de Aratoca, Santander..	48
5.1.2 Procedimiento de Codificación para las Fallas recurrentes, en los Sistemas de la Maquinaria.	52
5.2 ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE ARATOCA, SANTANDER.....	61
5.2.1 Determinación de fallas recurrentes en maquinaria amarilla.	61
5.2.2 Determinación de fallas recurrentes en vehículos de transporte carga.	64
6. RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CRÍTICAS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER.....	68
6.1 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS DE LAS MAQUINAS AMARILLAS CON ALTO ÍNDICE CRITICIDAD (REJ-000-01 Y MNG- 000-01).	68
6.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA CON ALTO ÍNDICE CRITICIDAD (VQF-000-01, VQC-000-01 Y VQF-000-02).....	73
7. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER.....	77

8. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	92
9. CONCLUSIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva IPF.....	25
Figura 2. Curva de mantenimiento preventivo.	26
Figura 3 Taxonomía de equipos ISO 14224	28
Figura 4. Módulos de software	33
Figura 5. Evaluación de la auditoria.....	38
Figura 6. Codificación para los activos de la alcaldía de Aratoca Santander.....	48
Figura 7. Pareto frecuencia de fallas Sistema Motor Maquinaria Amarilla.....	62
Figura 8. Pareto frecuencia de fallas Sistema Suspensión Vehículos Transporte de carga.....	65
Figura 9. Logotipo y ejecutable del programa SAIM	77
Figura 10. Login al programa SAIM	78
Figura 11. Inicio al programa SAIM.....	79
Figura 12. Configuraciones del programa SAIM	80
Figura 13. Perfil del programa SAIM.....	80
Figura 14. OT.....	81
Figura 15. Detalles para una OT.....	82
Figura 16. Ayuda de OT.....	83
Figura 17. Lista de HVA.....	84
Figura 18. Destalle de HVA.....	85

Figura 19. Imágenes de HVA Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander	85
Figura 20. Bitácora de estado de equipo y grafica confiabilidad y disponibilidad. .	86
Figura 21. RSD	88
Figura 22. UM Principales.....	88
Figura 23 UM Complementarias	90
Figura 24. Gráfica PayBack	97

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Maquinaria amarilla del municipio de Aratoca, Santander	21
Fotografía 2. Retroexcavadora Alcaldía de Aratoca-Santander.....	39
Fotografía 3. Motoniveladora GALION SERIES 830.....	40
Fotografía 4. Volqueta freightliner #1 Aratoca Santander.	40
Fotografía 5. Volqueta freightliner #2 Aratoca Santander	41
Fotografía 6. Volqueta CHEVROLET C70 de la alcaldía de Aratoca Santander ..	42

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de activos de la maquinaria de la alcaldía	20
Cuadro 2. Ponderación para las respuestas de la auditoria	37
Cuadro 3. Evaluación de la auditoria	37
Cuadro 4. Ficha técnica retroexcavadora JOHN DEERE SERIE 310SJ	43
Cuadro 5. Mantenimiento recomendado por el fabricante para la retroexcavadora John Deere serie 310SJ	45
Cuadro 6. Codificación por Tipo Máquina	49
Cuadro 7. Códigos propuestos para los Sistemas Mecánicos	49
Cuadro 8. Codificación por marca de Equipo.	50
Cuadro 9. Codificación de Maquinaria Amarilla y sus sistemas, sugerida.	50
Cuadro 10. Tipos de Maquinas.	52
Cuadro 11. Lista de Sistemas de la Maquinaria Amarilla a tener en cuenta.	52
Cuadro 12. Lista de Fallas por Sistemas de la Maquinaria Amarilla.	53
Cuadro 13. Lista de Fallas por Sistemas de los Vehículos de Transporte Especial.	55
Cuadro 14. Codificación para las Fallas en la Maquinaria Amarilla.	57
Cuadro 15. Codificación para las Fallas en Vehículos de Transporte Carga	59
Cuadro 16. Frecuencia de fallas en el sistema motor de la maquinaria amarilla ...	62
Cuadro 17. Fallas Recurrentes en la Maquinaria Amarilla.	63

Cuadro 18. Frecuencia de fallas en el sistema de suspensión en vehículos de transporte carga.....	64
Cuadro 19. Fallas recurrentes en los Vehículos de Transporte de Carga	66
Cuadro 20. Rutinas de mantenimiento preventivo para las fallas de REJ-000-01 y MNG-000-01 con alto índice criticidad	68
Cuadro 21. Rutinas de Mantenimiento Preventivo para las Fallas de VQF-000-01, VQC-000-01 y VQF-000-02 con alto índice de criticidad alto de TPC.	73
Cuadro 22. Inversión implementada en el plan de mantenimiento	96
Cuadro 23. Datos de inversión.....	97
Cuadro 24. Análisis de la cuadro 23 VAN, TIR y PAYBACK	98

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)

Anexo A. Términos y Conceptos de Análisis de Criticidad

Anexo B. Terminos taxonomia.....

Anexo C. Ficha Técnicas Maquinaria- Alcaldía De Aratoca.....

Anexo D.Mantenimiento recomendado por el Fabricante para la Maquinaria de la Alcaldía de Aratoca.Anexo E.Análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos Maquinas Amarillas.....

Anexo F.Análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos de los Vehículos de Transporte de carga.....

Anexo G.Especificaciones uso de aceites, grasa y refrigerante para retroexcavadora serie JOHN DEERE

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE ARATOCA, SANTANDER*

AUTOR: LUIS CARLOS DIAZ VILLAMIZAR. **

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, preventivo, Criticidad, Codificación, Información.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto tiene como objetivo principal entregar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla y vehículos de transporte de carga para la alcaldía de ARATOCA SANTANDER, garantizando una confiabilidad y disponibilidad de los equipos y a su vez prolongando la vida útil de estos.

Para la realización del proyecto empieza con una auditoria al personal del comité de mantenimiento y operadores de la maquinaria de la alcaldía de ARATOCA SANTANDER, de esta manera se realiza un diagnóstico y situación actual de la maquinaria de la alcaldía. El gran problema que tiene como empresa es la debida documentación, de la maquinaria amarilla de la alcaldía. Seguidamente, para ayudar a la documentación y organización de los activos de la Alcaldía se plantea una codificación para la maquinaria y también para las fallas recurrentes de los sistemas y para la solución del problema se clasifican las fallas por criticidad y se diseña el programa de mantenimiento para las fallas de criticidad. Se hace uso de un sistema de información, llamado SAIM, el cual lleva un correcto orden y control en la documentación como: hojas de vida, órdenes de trabajo, fichas técnicas, etc. Finalmente se muestra un análisis de costos de la implementación del sistema de información con objeto de demostrar la viabilidad del proyecto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Pedro José Díaz Guerrero, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE PLAN FOR THE HEAVY MACHINERY
OF THE ARATOCA, SANTANDER CITY HALL *

AUTHORS: LUIS CARLOS DIAZ VILLAMIZAR **

KEY WORDS: Maintenance, preventive, Criticality, Coding, Information.

DESCRIPTION:

The main objective of this project is to deliver a preventive maintenance plan for heavy machinery and load transport vehicles for the ARATOCA SANTANDER city hall, guaranteeing reliability and availability of the equipment and in turn prolonging the useful life of these.

For the realization of the project begins with an audit to the personnel of the maintenance committee and operators of the machinery of the ARATOCA SANTANDER city hall, in this way a diagnosis and current situation of the machinery of the city hall. The big problem he has as a company is the proper documentation of the heavy machinery of the city hall. Next, to help with the documentation and organization of the assets of the city hall, an encoding is proposed for the machinery and also for the recurrent failures of the systems and for the solution of the problem the criticality faults are classified and the maintenance program is designed for criticality failures. It makes use of an information system, called SAIM, which carries a correct order and control in the documentation such as: resumes, work orders, technical sheets, etc. Finally, a cost analysis of the implementation of the information system is shown in order to demonstrate the viability of the project.

* Bachelor thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Pedro Jose Diaz Guerrero, Ingeniero Mecánico

INTRODUCCION

Con el fin de maximizar la vida útil de todos los equipos, el hombre ha utilizado la idea del mantenimiento, para minimizar costos, corregir, prevenir, revisar herramientas y maquinaria. El mantenimiento actualmente se apoya en los avances tecnológicos, con programas informáticos llamados sistemas de información, enfocados específicamente en llevar el control de revisiones preventivas, correctivas y/o indicadores de cualquier empresa. El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implantación de un software llamado SAIM con el plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla de la alcaldía del municipio de Aratoca, Santander, la cual busca garantizar la disponibilidad y confiabilidad de forma permanente de la maquinaria.

Primero se presenta los activos a la alcaldía del municipio de Aratoca, Santander. Lo siguiente es la fundamentación necesaria para el desarrollo del sistema de información que permitirá optimizar el plan de mantenimiento desarrollado que se requiere dentro de la alcaldía. Lo siguiente es la fundamentación necesaria para el desarrollo del sistema de información, se realizó un diagnóstico, situación actual, plan de mantenimiento preventivo según el fabricante, análisis de criticidad y paretos de las fallas más frecuentes de los sistemas, respectiva solución y rutinas, la implantación y costo.

1. PROBLEMÁTICA DEL MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DEL MUNICIPIO ARATOCA, SANTANDER

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Mantener con calidad es utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyendo las paradas de emergencia que retrasan y entorpecen el trabajo de los equipos, y además logrando que su vida útil se prolongue, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

Por esta razón la alcaldía de Aratoca de Santander, promoviendo la construcción y garantizando el servicio a la comunidad en las zonas urbanas y rurales, requiere un plan de mantenimiento para su maquinaria y poder tener una disponibilidad de ella para la comunidad y así alcanzar estándares de calidad en la prestación de los servicios encomendados al municipio.

Cuadro 1. Lista de activos de la maquinaria de la alcaldía

TIPO	MARCA	SERIE/PLACA
RETROEXCAVADORA	JOHN DEERE	310SJ
MOTONIVELADORA	GALION	830
VOLQUETA	FREIGHTLINER	TFU-350
VOLQUETA	CHEVROLET	O5344S
VOLQUETA	FREIGHTLINER	DSB-057

La alcaldía de Aratoca, Santander cuenta con retroexcavadora, motoniveladora y tres volquetas, avaluado en \$ 750.000.000,00 en lo que no han sido ajenos a los problemas de mantenimiento de sus equipos. La estructura de mando es el operario

que le informa a la persona encargada de la maquinaria y dicha persona es la que informa al secretario de planeación e infraestructura el cual toma las decisiones.

Se desarrollará un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria del municipio de Aratoca, haciendo uso de una herramienta de software como bases de datos las cuales con la ayuda y el uso de la tecnología permiten tener un registro virtual y con posibilidad de planificar acciones futuras de mantenimiento, guardar registros de trabajo en la hoja de vida del equipo, imprimir ordenes de trabajo, entre otros. Con el fin de mejorar la organización y la disponibilidad de dichos equipos, prolongando la vida útil de estos.

Fotografía 1. Maquinaria amarilla del municipio de Aratoca, Santander



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Contribuir con la misión de la Universidad industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica dentro de la cual se tiene como compromiso la formación de profesionales de alta calidad ética, técnica y científica, fortaleciendo los lazos de cooperación interinstitucional entre la universidad y entidades públicas, mediante un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria del municipio de Aratoca con el fin de mejorar la organización y la disponibilidad de dichos equipos, prolongando la vida útil de estos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de cada máquina.
- Identificar las máquinas y componentes más críticos utilizando un método de criticidad a determinar.
- Realizar el plan de mantenimiento, a la maquinaria amarilla del municipio de Aratoca, Santander: fichas técnicas, hojas de vida, orden de trabajo, historial de la máquina, indicadores, planeamiento preventivo, historial de la máquina, Indicadores, rutinas de mantenimiento, inventarios.
- Implementación de software como sistema de información.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Con la implementación y el diseño de un plan de mantenimiento, desarrollado por personas capacitadas, se estaría generando empleo, lo cual es un impacto social y económico en la sociedad Regio montuna, donde se invierte en su propia economía, generando un avance tecnológico, con un plan de mantenimiento eficiente el cual será la base para el desarrollo del municipio prolongando la vida útil de la maquinaria.

Como estudiantes de la Universidad Industrial de Santander y en el cumplimiento de su misión, es nuestro deber la participación activa liderar el proceso de cambio para el progreso y el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la sociedad. La aplicación del plan de mantenimiento y desarrollo en este proyecto, le permitirá al municipio de Aratoca, Santander, tener maquinaria de alta disponibilidad y disminuirá los gastos en reparaciones inesperadas.

Con el fin de mejorar los procesos administrativos en cuanto al mantenimiento del municipio, se ha propuesto desarrollar un plan maestro de mantenimiento haciendo uso de una herramienta de software como bases de datos las cuales con la ayuda y el uso de la tecnología permiten tener un registro virtual y con posibilidad de planificar acciones futuras de mantenimiento, guardar registros de trabajo en la hoja de vida del equipo, imprimir ordenes de trabajo, entre otros.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se define Mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. “Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

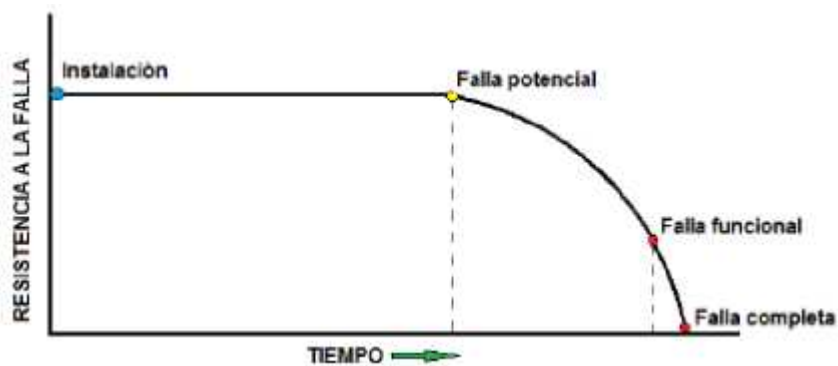
Mantener con calidad es utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyan las paradas y lograr que los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento”³

³ BORRAS, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material docente. (2013: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2013. p.291.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Figura 1. Curva IPF.



Fuente: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Carlos Borrás.

Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento⁴. En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible.

El mantenimiento correctivo se define como: “Permitir que el equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función (ver Figura 4). Se somete a reparación hasta corregir el efecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente”⁵

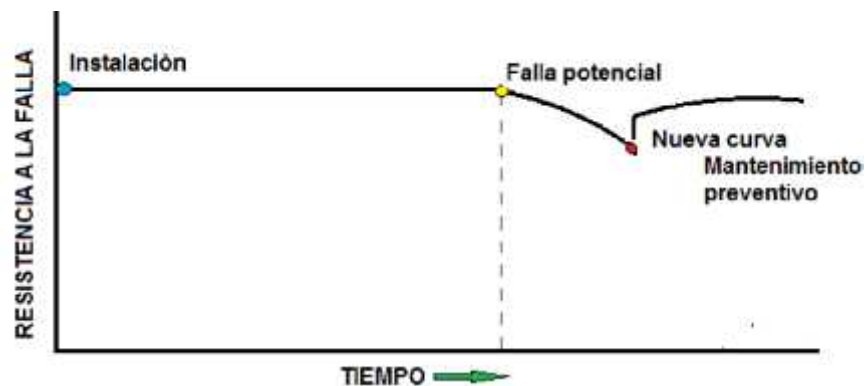
⁴ FEDEMETAL y SENA. Manual de Mantenimiento. Santafé de Bogotá: 1991. p.09

⁵ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2002. p.27.

Un inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse un capital inmovilizado y disponible para las piezas y elementos de repuesto, visto que la adquisición de los mismos puede no ser resuelta con rapidez, y requiere de una gestión de compra y entrega que no coincide con los tiempos reales para poner en marcha nuevamente los equipos en el más corto tiempo posible, con el agravante que puedan ser piezas discontinuadas, importadas o que ya no se fabriquen más.

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

Figura 2. Curva de mantenimiento preventivo.



Fuente: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Carlos Borrás.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección, que se lleva a cabo para hacer frente a los problemas menores antes de que estos provoquen fallas potenciales (ver Figura 5).

Se basa en la prevención y reducción en el índice de frecuencias en fallas comunes y prematuras, mitigando sus consecuencias, además con una buena planeación

puede llegar a proporcionar un aviso de falla inminente o incipiente para así realizar una reparación planeada y finalmente reducir el costo global en la administración de activos.

Se trabaja en el mantenimiento preventivo de tal manera que se asegura la disponibilidad y confiabilidad de una máquina, donde se define disponibilidad como la probabilidad de que una maquina sea capaz de funcionar siempre que sea requerida, mientras tanto la confiabilidad está definida por la probabilidad del equipo funcione de forma correcta en el momento.

- Reduce las fallas y tiempos muertos de esta forma incrementando la disponibilidad de los equipos.
- Incrementa la vida útil de los equipos.
- En caso de la falla no pueda mitigarse, las revisiones periódicas y las mediciones que se realicen pueden ayudar a reducir el impacto de la falla que se pueda generar en el equipo o en la instalación.
- Los costos pueden ser no solo controlados sino disminuidos, por ejemplo los costos directos en materiales y repuestos, debido a que el mantenimiento de emergencia es más costoso.

2.3 CRITICIDAD

El lenguaje de la Metodología de Análisis de Criticidad es la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, se debe conocer términos y conceptos, como Criticidad,

Modo de Falla, Mecanismo de Falla, Prioridad, Riesgo y la Descripción de la Metodología para el Análisis de Criticidad, que se pueden consultar en el anexo (A).

2.4 TAXONOMÍA DE EQUIPOS SEGÚN ISO 14224⁶

La taxonomía es una clasificación sistemática de elementos en grupos genéricos basada en factores posiblemente comunes a varios de los artículos⁷. Una clasificación de los datos relevantes para ser recopilados de acuerdo con este Estándar Internacional está representada por una jerarquía como se muestra en la Figura 9. En el anexo B podemos observar más detalladamente la descripción de la taxonomía de equipos.

Figura 3 Taxonomía de equipos ISO 14224



Fuente: ISO 14224 INTERNATIONAL STANDARD Second edition 2006 Petroleum

⁶ BORRAS, Carlos. Taxonomía de Equipos. Bucaramanga: UIS, 2015.

⁷ ISO 14224 INTERNATIONAL STANDARD Second edition 2006 Petroleum, [EN LINEA]. LINK: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/analisis-iso-14224-oreda>

Esta norma técnica internacional al aplicarla se garantizan calidad en los datos de mantenimiento, por lo que los usuarios pueden trabajar e intercambiar datos con toda tranquilidad; la norma establece directrices y principios claros para el manejo de los datos de mantenimiento de confiabilidad, definiendo como primer punto un listado de equipos que son cubiertos con la forma de cómo se deben recopilar estos datos, haciendo recomendaciones concretas como:

- Los elementos de diseño único o elementos con configuración única no se deben incluir, sólo aquellos que son considerados con denominación genérica según su clase, con el fin de que se pueda comparar "con sus semejantes".
- Los ítems conectados se deben excluir, solo se deban incluir por las especificaciones; por ejemplo, las fugas que se producen en una conexión y que no pueden ser relacionadas únicamente al ítem conectado deben incluirse en las especificaciones.
- Como regla general se deben relacionar los eventos y fallas de mantenimiento de una subunidad a la unidad impulsada si un controlador y una unidad impulsada usan una subunidad en común (por ejemplo, el sistema de lubricación).
- Los equipos de instrumentación se deben incluir solamente donde el equipo de instrumentación tenga una función de monitoreo y/o control específico para una unidad solamente y/o si está localmente en el equipo; esto se debe a que los equipos de instrumentación por lo general son de uso general (por ejemplo, los sistemas SCADA) y no deben ser incluidos.

Para ISO 14224 no se debe aplicar a los datos de ensayos y fabricación de laboratorio (por ejemplo, pruebas de vida aceleradas); Hojas de datos completas del equipo (sólo se incluyen los datos considerados relevantes para evaluar el rendimiento de la fiabilidad); Datos sobre costos (directos); Datos adicionales en servicio que un operador, de forma individual, puede considerar útiles para la

operación y el mantenimiento; Y métodos para analizar y aplicar datos RM (sin embargo, se incluyen los principios de cómo calcular algunos parámetros básicos de confiabilidad y mantenimiento).

2.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN (plataforma web)

2.5.1 Características de Software Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS). Cuando una empresa busca incrementar niveles de productividad, calidad y seguridad en una empresa, de tantas estrategias, el factor de mayor influencia es el Mantenimiento. Es aquí donde se considera el uso de un sistema de información computarizado para tener toda información organizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento y mantener accesible y actualizada toda información.

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: Entrada, donde el sistema de información toma los datos para un posterior análisis; Almacenamiento, donde el sistema es capaz de retener la información entrante y habida, y recuerda la información en el proceso anterior ;Procesamiento de información se define como la capacidad que tiene el sistema de información para realizar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida; y salida de información definida como la capacidad para sacar la información procesada. Por ejemplo, el Sistema de Control de Mantenimiento preventivo para maquinaria pesada de Aratoca-Santander, tendrá como salida una serie de actividades a desarrollar diaria, mensual y/o anualmente, con el único fin que todo el equipo de trabajo goce de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Entonces pensando en la productividad y en la competencia, como fundamentales pilares y características de toda empresa, las cuales se ven en la obligación de maximizar sus capacidades de producción y minimizar costes operativos. La condición de todo el equipo de producción juega un papel decisivo en el éxito de cada empresa. Esto ha llevado, a que las grandes empresas a adoptar sistemas de Mantenimiento de Planificación Empresarial CMMS. Como dice Amendola⁸: El Modelo de Mantenimiento, a través de CMMS permite la clasificación y caracterización de la información, para que ésta sea agrupada y consultada de acuerdo a los requerimientos específicos de cada usuario, lo cual facilita los procesos de análisis y toma de decisiones, tan importantes en las áreas de costes y confiabilidad.

De manera general, los CMMS garantizan que los procesos de producción se realicen de forma continua, aunque haya cambios de personal de mantenimiento, pues la información sobre el historial de trabajos realizados, hechos y por hacer, queda guardado en el sistema, garantizando de esta forma la continuidad en el seguimiento en los programas de mantenimiento. A continuación, se listan los beneficios de mayor importancia de un CMMS:

- Reducción de paros imprevistos
- Incremento de la vida útil de los equipos
- Reducción de los niveles de inventarios
- Prevención de reparaciones costosas
- Disminución de accidentes

⁸ AMENDOLA, Luis. Indicadores de Confiabilidad en la Gestión del Mantenimiento. España, 2003.[En línea].Fecha de consulta:

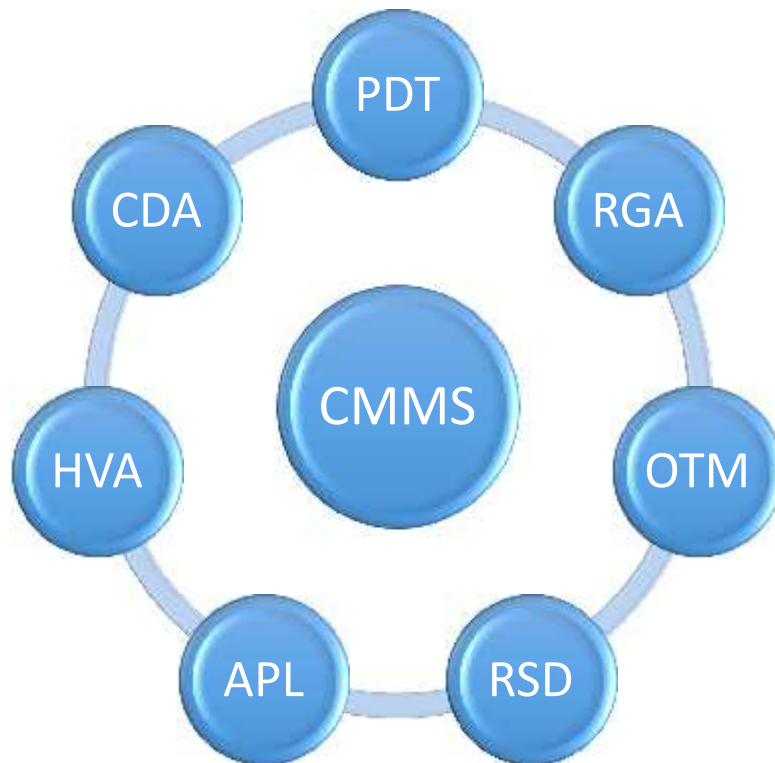
06/04/2015. Disponible en:

www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf

- Confiabilidad y uniformidad de la calidad
- Mejorar organización de la mano de obra
- Documentación de la información.

2.5.2 Módulo del Software. Un sistema de información para gestión de mantenimiento se compone de los 7 módulos principales descritos a continuación (figura 10):

Figura 4. Módulos de software



- HVA: Control de equipo, hojas de vida, historial fallas e intervenciones, datos técnicos, fotografías, adjuntos, manuales, historial de repuestos e historial de horas hombre.
- CDA: Cronograma de actividades agrupadas por departamento, especialidad, responsable, agrupación de equipo, sistema y familia; recibe

cualquier tipo de actividad (correctiva programada, preventiva, inspecciones etc.) para cualquier tipo de equipo.

- PDT: Almacena plantillas de planes de trabajo agrupables (Por familia de equipos o especialidad de trabajo) que se pueden subdividir en rutinas de mantenimiento específicas para una periodicidad determinada por el usuario (semestral, mensual, diaria etc.) con un listado de repuestos y recursos necesarios. Este módulo permite crear el cronograma general para la compañía en 3 sencillos pasos.
- RGA: Permite crear informes en cualquier rango de fechas, agrupados por familia, sistema o grupo de análisis; muestra indicadores generales de mantenimiento (MTTBF, confiabilidad, disponibilidad, Averías etc.), modos de fallas, costo de repuestos y horas hombre comparando si se desea con el periodo anterior.
- OTM: Almacena órdenes y reportes de trabajo a las cuales se les puede cargar las plantillas de trabajo y repuestos creadas en el módulo de PDT, permite llevar control de inventario de repuestos o adquirirlo de otro listado externo.
- RSD: En este módulo se reporta la bitácora de estado de equipos dónde cada estado es totalmente personalizable y también su modo de falla si aplica. También se lleva el control de las actividades programadas para día y las ejecutadas fuera de planeación. Desde este módulo se crean rápidamente Órdenes y reportes de trabajo de las actividades seleccionadas y se puede enviar un reporte de apertura y cierre diario a través de correo electrónico rápidamente.

- APL: Contiene el listado de piezas necesario para cada equipo en cada intervención y permite al usuario cruzar las existencias con el stock actual de bodega y obtener los recursos faltantes para la intervención con anticipación o determinar un mínimo y máximo de repuestos.

3. AUDITORIA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER⁹

Si se plantea en una empresa si la gestión que se hace del mantenimiento es la correcta, la respuesta puede ser SI o NO. Claro está que cualquiera de las respuestas nos dejaría con dudas, porque entre cada una de ellas hay muchos puntos intermedios de respuesta, por eso se emplea la metodología de la auditoria para determinar el estado actual de la empresa con él se pretende estimar criterios, con el fin de encontrar las debilidades con las que cuenta la empresa y en base a ello concentrar esfuerzos con la finalidad de fortalecer aquellos criterios desfavorables.

3.1 INDICADORES AUDITORIA DE LA GESTIÓN

A partir del libro auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión de Francisco Javier Gonzales Fernández, estimaremos el estado actual de la gestión de mantenimiento, para ello tomamos los siguientes aspectos para evaluar los cuales deben responder 10 preguntas y cada una tendrá diferentes opciones de ponderación como observamos en la cuadro 2:

- Taller de mantenimiento
- Gestión de la carga de trabajo
- Adquisición de repuestos
- Sistemas informáticos
- Documentación

⁹ Francisco Javier Gonzales Fernández, Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión, FC EDITORIAL

- Organización

Cuadro 2. Ponderación para las respuestas de la auditoria

Argumento	Valores
no existe	0
existe pero no es eficaz	1
mejorable, pero aceptable	2
si, perfectamente	3

3.2. EVALUACIÓN DE LA AUDITORIA

La evaluación de la auditoria se llevó a cabo a través de las visitas a la maquinaria amarilla de la alcaldía de Aratoca Santander, su personal encargado de mantenimiento y operación, presentada en la cuadro 3.

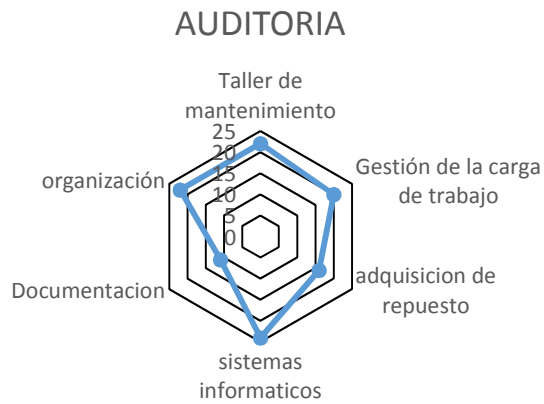
Cuadro 3. Evaluación de la auditoria

Descripción	valores	Promedio
Taller de mantenimiento	22	2,44
Gestión de la carga de trabajo	20	2,22
Adquisición de repuesto	16	1,78
Sistemas informáticos	24	2,67
Documentación	11	1,22
Organización	22	2,44

La figura 5 representa la gráfica de la evaluación de la auditoría realizada a la gestión de mantenimiento de la alcaldía de Aratoca Santander y por medio de los

valores de la evaluación se llegó a la conclusión que la documentación es la falencia más representativa, para esto se sugiere que la empresa disponga de una documentación técnica o un software que permita registra y administrar las actividades de mantenimiento y permanezcan actualizadas en la base de datos.

Figura 5. Evaluación de la auditoria



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE ARATOCA SANTANDER

4.1. DIAGNÓSTICO Y HALLAZGOS EN LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA

El Sistema de Mantenimiento actual a la maquinaria amarilla del municipio de Aratoca es realizado por un operario, el cual es el jefe de taller quien se encarga del mantenimiento de los equipos y maquinarias utilizados para el servicio del Municipio. La función del operario es esperar a que los equipos fallen para poder realizar su respectivo mantenimiento (mantenimiento correctivo), lo cual involucra paradas inesperadas y pérdidas de tiempo, y así comprometiendo la confiabilidad de los equipos.

➤ **Retroexcavadora John Deere 310SJ**

Fotografía 2. Retroexcavadora Alcaldía de Aratoca-Santander



- Hallazgos de retroexcavadora John Deere
 - Se encuentra para cambio de aceites y filtro de aceite.
 - La batería se está descargando (aunque se recargue)
 - La correa del alternador esta deshilachada

➤ **MOTONIVELADORA GALION 830**

Fotografía 3. Motoniveladora GALION SERIES 830



➤ Hallazgos de motoniveladora GALION

- Se encuentra para cambio de aceites y filtro de aceite.
- Las baterías se presentan humedad de ácido (bornes sulfatados).
- La bomba principal/eléctrica de combustible presenta perdidas de presión.
- Los dos cilindros de dirección presentan fugas

➤ **VOLQUETA FREIGHTLINER M2 106 PLACA: TFU – 350**

Fotografía 4. Volqueta freightliner #1 Aratoca Santander.



- Hallazgos de volqueta freightliner TFU - 350
 - Se encuentran para cambio de aceites y filtros de motor
 - Las llantas direccionales están para cambio
 - No tiene llanta ni rin de repuesto
 - Filtro aire acondicionado para cambio

➤ **VOLQUETA FREIGHTLINER M2 106 PLACA: DSB – 057**

Fotografía 5. Volqueta freightliner #2 Aratoca Santander



- Hallazgos de volqueta freightliner DSB - 057
 - Se encuentran para cambio de aceites y filtros de motor
 - Las llantas direccionales están para cambio

➤ **Volqueta CHEVROLET C70**

PLACA O5344S

Fotografía 6. Volqueta CHEVROLET C70 de la alcaldía de Aratoca Santander



➤ **Hallazgos de volqueta O5344S**

- Se encuentran para cambio de aceites y filtros general
- Estado de capot defectuoso, pintura de cabina, chasis en mal estado (volcó).
- No tiene el vidrio de la puerta izquierda
- Para revisión de splinters

4.2 FICHAS TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DEL MUNICIPIO DE ARATOCA SANTANDER.

4.2.1 Retroexcavadora John Deere serie 310SJ¹⁰

Cuadro 4. Ficha técnica retroexcavadora JOHN DEERE SERIE 310SJ

NOMBRE	CARACTERISTICA
MOTOR	
Modelo	John Deere PowerTech 4045T turboalimentado estandar
Peso de trabajo	6582 Kg (14510 lb)
Profundidad excavación	4.4 m (14 pies 6 pulgadas)
Potencia neta máxima	69 KW (93 hp) a 2000 rpm
Par motor neta máximo	384 N-m (282 lb-pie) a 1400 rpm
Aumento par motor	46%
F. desprendimiento excavadora	49.6 KN (11.160 lb)
Capacidad de levante cargadora	3365 Kg (7419 lb)
Cilindrada	4.5 L (276 pulg ³)
Filtro de aire	Tipo seco de dos etapas con elementos de seguridad y válvula evacuadora
Lubricación	Sistema presurizado con filtro atornillable y enfriador
ENFRIAMIENTO	
Tipo de ventilador	Aspiración
Capacidad del refrigerante	-37 °C (-34°F)
Enfriador de aceite del motor	De aceite a agua

¹⁰ John Deere Retroexcavadoras serie J-RETROEXCAVADORAS [En Línea]. Citado 20 de abril de 2018. Disponible en: <https://www.deere.com/en_US/docs/construction/backhoe_loaders/DKAJLBHES.pdf>

Continuación del cuadro 4

SISTEMA HIDRAULICO	
Retroexcavadora	136 l/min
Cargadora	106 l/min
Retroexcavadora P. alivio	24993 KPa
Cargadora P. alivio	24993 KPa
Controles de Retroexcavadora	Manuales de dos palancas estándar; pilotos con selector de configuración, manuales de tres palancas con pedal de giro, y funciones auxiliares manuales y/o eléctricas opcionales.
Controles de carga	De palanca única con interruptor de desembrague eléctrico estándar; función auxiliar manual opcional
SISTEMA ELECTRICO	
Voltaje	12 V
Capacidad de amperios	90 A
Luces	4 de halógeno; 2 delanteras y 2 traseras; señalización de viraje; 2 reflectores traseros

En la cuadro 4 se encuentra la descripción de la ficha técnica de una de las máquinas de la alcaldía Aratoca Santander, Las fichas técnicas de las otras máquinas se encuentran en el anexo C.

4.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CADA MÁQUINA, SEGÚN FABRICANTE

➤ **Mantenimiento recomendado por el Fabricante para Retroexcavadora John Deere Serie 310SJ.**

Cuadro 5. Mantenimiento recomendado por el fabricante para la retroexcavadora John Deere serie 310SJ

Intervalos de mantenimiento	
Dar servicio a la maquina en los intervalos especificados en esta tabla. Además, efectuar el mantenimiento de los componentes en los múltiplos de los intervalos originales. Por ejemplo, a las 500 horas dar servicio a los componentes listados bajo 250 y 10 horas o diariamente.	
Muestreo de fluidos	
Tomar muestras de fluidos de cada sistema. El fabricante de juegos de análisis de fluidos proporcionará recomendaciones de mantenimiento basada en los resultados de análisis de fluidos. El muestreo regular de los fluidos prolonga la vida útil de la máquina.	
Según se requiera	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adición de prolongador de refrigerante según indiquen las tiras COOL-GARD™ II ▪ Inspeccionar neumáticos y revisión de su inflado. ▪ Revisión de sujetadores de ruedas. ▪ Vaciado de agua y sedimentos de filtro de combustible y separador de agua auxiliar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaciado de agua y sedimentos de filtros de combustible. ▪ Limpieza o sustitución de elementos de filtro de aire de motor. ▪ Inspección y limpieza de sistema de enfriamiento. ▪ Lubricación de cojinetes de ruedas delanteras no motrices. ▪ Limpieza de filtros de aire fresco y aire recirculado de cabina

Continuación del cuadro 5

Cada 10 horas o diariamente	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de refrigerante. ▪ Revisión de nivel de depósito hidráulico. ▪ Inspección de tazones de separador de combustible y agua. ▪ Revisión de nivel de aceite de motor. ▪ Lubricación de puntos de pivote de cargadora. ▪ Lubricación de acoplador rápido de cargadora ▪ Lubricación de pasador de pivote de eje delantero. ▪ Lubricación de pivotes de escalzadores y pasadores de cilindros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de aguilón, cilindros de empuje y pivotes de retroexcavadora. ▪ Lubricación de gato mecánico de acoplador de retroexcavadora ▪ Lubricación de cilindro y pivotes de cucharón de retroexcavadora ▪ Lubricación de cilindro de giro y pivotes. ▪ Lubricación de juntas universales de eje delantero de TDM ▪ Lubricación de pivotes de dirección de eje delantero no motriz ▪ Lubricación de pivotes de cucharón de uso universal.
Cada 250 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestreo de aceite de motor ▪ Revisión de nivel de aceite de caja de planetarios de TDM ▪ Revisión de nivel de aceite de caja del eje delantero de TDM ▪ Revisión de nivel de electrolito de batería y bornes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de aceite de eje trasero ▪ Revisión del nivel de aceite de transmisión. ▪ Lubricación de estrías de eje transmisión de TDM

Continuación cuadro 5

Cada 500 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestreo de aceite de transmisión. ▪ Muestreo de aceite hidráulico ▪ Muestreo de refrigerante del motor. ▪ Muestreo de eje trasero ▪ Muestreo de combustible diesel ▪ Revisión de manguera de admisión de aire. ▪ Limpieza de tubo de respiradero de Cártér de motor. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de par de apriete de tornillo de pasador entre aguilón y brazo. ▪ Vaciado de agua y sedimentos del depósito de combustible. ▪ Vaciado y llenado de aceite de motor. ▪ Cambio de filtro de aceite de motor. ▪ Sustitución de filtro de combustible primario. ▪ Sustitución de combustible final ▪ Cambio de filtro auxiliar de combustible.
Cada 1000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de refrigerante ▪ Limpieza, engrase y ajuste de cojinetes de ruedas delanteras no motrices ▪ Cambio de aceite de transmisión ▪ Sustitución de filtro de aceite de transmisión ▪ Cambio de filtro de aceite hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sustitución de filtros de aire fresco y aire recirculado de cabina. ▪ Cambio de filtro de respiradero de depósito hidráulico. ▪ Sustitución de respiradero de combustible ▪ Sustitución de elementos de filtro de aire de motor ▪ Inspección de correa serpentina
Cada 2000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de caja de planetarios de TDM (Tracción delantera mecánica) ▪ Cambio de aceite de eje trasero de caja de planetarios ▪ Cambio de aceite de eje delantero de TDM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspección y limpieza de tamiz de llenado de depósito hidráulico. ▪ Cambio de aceite de depósito de aceite hidráulico.
Cada 3000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajuste de juego de válvulas de motor. 	
Cada 6000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaciado y llenado del sistema de enfriamiento. 	

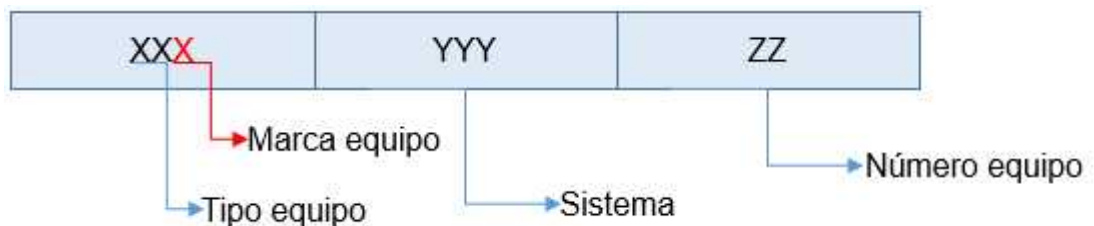
5. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS CRÍTICOS

5.1 CODIFICACIÓN PARA LOS ACTIVOS DE LA ALCALDÍA ARATOCA, SANTANDER.¹¹

Es necesario realizar un registro completo de los equipos que se encuentran en la empresa con el fin de establecer la cantidad, identificarlo para codificarlos, verificar el estado en el cual se encuentran y por ultimo realizar el análisis de criticidad.

5.1.1 Procedimiento de Codificación para Maquinaria Amarilla de la Alcaldía de Aratoca, Santander. Para la codificación de los equipos se escogió una estructura de código alfanumérico compuesto por cinco letras y dos dígitos, el cual debe ser interpretado en la forma como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Codificación para los activos de la alcaldía de Aratoca Santander.



¹¹ PLATA, Viany. Diagnóstico de Maquinaria Pesada, Equipo Menor y Vehículos de Transporte para el desarrollo de un plan de Mantenimiento para la Constructora Vc Ltda. Bucaramanga, 2009.p 57.

Cuadro 6. Codificación por Tipo Máquina

EQUIPO	CÓDIGO
RETROEXCAVADORA	RE
RETROCARGADOR	RC
MOTONIVELADORA	MN
MINICARGADOR	MC
BULLDOZER	BU
VIBROCOMPACTADOR	VC
VOLQUETA	VQ

Cuadro 7. Códigos propuestos para los Sistemas Mecánicos

Códigos propuestos para los sistemas mecánicos	
SISTEMAS MECÁNICOS	CÓDIGO
Sistema hidráulico	HDC
Sistema frenos	FRS
Sistema de dirección	DRN
Sistema eléctrico	ELE
Sistema motor	MTR
Sistema de transmisión	TRN
Sistema suspensión	SPN
Sistema de rines y llantas	RLL
Sistema de transmisión y diferencial	TRD

Cuadro 8. Codificación por marca de Equipo.

EQUIPO	CÓDIGO
Freightliner	F
Chevrolet	H
JOHN DEERE	J
GALION	G

Cuadro 9. Codificación de Maquinaria Amarilla y sus sistemas, sugerida.

Codificación de Maquinaria Amarilla y sus sistemas			
CÓDIGO	SISTEMAS	MODELO	MARCA
REJ-000-01			
REJ-HDC-01	Hidráulico	RETROEXCAVADORA	JOHN DEERE
REJ-FRS-01	frenos		
REJ-DRN-01	dirección		
REJ-ELE-01	eléctrico		
REJ-MTR-01	motor		
REJ-TRN-01	transmisión		
MNG-000-01			
MNG-HDC-01	Hidráulico	MOTONIVELADORA	GALION
MNG-FRS-01	frenos		
MNG-DRN-01	dirección		
MNG-ELE-01	eléctrico		
MNG-MTR-01	motor		
MNG-TRN-01	transmisión		

Continuación cuadro 9

VQF-000-01			
VQF-FRS-01	frenos	VOLQUETA	FREIGHTLINER
VQF-DRN-01	dirección		
VQF-MTR-01	motor		
VQF-SPN-01	suspensión		
VQF-RLL-01	rines y llantas		
VQF-TRD-01	transmisión y diferencial		
VQC-000-01			
VQC-FRS-01	frenos	VOLQUETA	CHEVROLET
VQC-DRN-01	dirección		
VQC-MTR-01	motor		
VQC-SPN-01	suspensión		
VQC-RLL-01	rines y llantas		
VQC-TRD-01	transmisión y diferencial		
VQF-000-02			
VQF-FRS-02	frenos	VOLQUETA	FREIGHTLINER
VQF-DRN-02	dirección		
VQF-MTR-02	motor		
VQF-SPN-02	suspensión		
VQF-RLL-02	rines y llantas		
VQF-TRD-02	transmisión y diferencial		

5.1.2 Procedimiento de Codificación para las Fallas recurrentes, en los Sistemas de la Maquinaria. Para el proceso de codificación de las Fallas significativas de los sistemas de la Maquinaria de la alcaldía de Aratoca, se decide clasificar la maquinaria en dos tipos, presentando en forma paralela el código que identificará cada tipo de Máquina, como lo muestra el cuadro 10.

Cuadro 10. Tipos de Maquinas.

Tipos de Máquinas	Código
Maquinas Amarillas	MAM
Vehículos de Transporte Carga	TPC

En el cuadro 11 se analiza cada tipo de maquina por sistemas mecánicos, y en el cuadro 8 está definido cada sistema mecánico con su respectivo código.

Cuadro 11. Lista de Sistemas de la Maquinaria Amarilla a tener en cuenta.

MAM	TPC
Sistema hidráulico	Sistema de suspensión
Sistema de frenos	Sistema de frenos
Sistema de dirección	Sistema de dirección
Sistema eléctrico	Sistema de rines y llantas
Sistema motor	Sistema motor
Sistema de transmisión	Sistema de transmisión y diferencial

Cuadro 12. Lista de Fallas por Sistemas de la Maquinaria Amarilla.

FALLAS RECURRENTES EN MAQUINARIA AMARILLA	
N°	FALLA
SISTEMA MOTOR	
1	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
2	El motor no desarrolla toda su potencia.
3	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
4	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.
5	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina
6	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.
7	Ruido anormal del motor
SISTEMA ELECTRICO	
1	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
2	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
3	Las luces de conducción no funcionan
4	Averías en los fusibles
5	La batería consume demasiada agua, Célula de la batería en corto circuito.
6	Baterías descargadas o muertas
7	Batería congelada
8	Problema de solenoide de arranque
9	El monitor averiado
TRANSMISION	
1	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión
2	La máquina no avanza ni retrocede, eje de transmisión roto
3	Ruido excesivo del tren de transmisión, eje de transmisión desgastado
4	Bajo nivel de aceite en el eje

Continuación cuadro 12

SISTEMA HIDRAULICO	
1	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.
2	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
3	Recalentamiento del sistema hidráulico por bajo nivel del aceite.
4	Aire en el aceite hidráulico el cual provoca ruido de castañeteo.
5	El aceite hidráulico hace espuma, agua en el aceite.
6	Ruido excesivo en la bomba.
7	Tuberías de aceite dañadas causando restricciones internas excesivas.
DIRECCIÓN	
1	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
2	Aire en el sistema de dirección
3	El volante de dirección se traba por suciedad en la sección de bomba de engranajes.
FRENOS	
1	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
2	Discos de los frenos muy desgastados.
3	Fugas en sello del embolo del freno
4	El pedal de freno no regresa correctamente.
5	Válvula de frenos de servicio con fugas.

Cuadro 13. Lista de Fallas por Sistemas de los Vehículos de Transporte Especial.

FALLAS RECURRENTES EN LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE CARGA	
N°	FALLA
SISTEMA DE SUSPENSION	
1	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
2	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
3	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
4	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
5	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión
6	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.
7	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.
8	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.
9	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión
SISTEMA DE FRENOS	
1	Bandas de frenos desgastadas
2	Perdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o perdida de aire audible cuando no se está aplicando el freno (compresor)
3	no se está aplicando el freno (compresor)
SISTEMA DE DIRECCION	
1	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
2	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
3	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
4	Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.
5	Guardapolvos inexistentes o rotos.

Continuación cuadro 13

SISTEMA RINES Y LLANTAS	
1	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
2	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.
SISTEMA MOTOR	
1	Correas y accesorios desgastados
2	Fugas en el sistema de refrigeración
3	Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento
4	Perdidas de aceite sin goteo continuo
5	Perdidas de aceite con goteo continuo
6	Mal estado, mala distribución y/o sujeción del cableado eléctrico.
SISTEMA TRANSMISIÓN Y DIFERENCIAL	
1	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.
2	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.
3	Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.
4	Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.

En el cuadro 14 y 15 se codifica a cada falla que afecta los activos de la maquinaria amarilla del municipio de Aratoca Santander

Cuadro 14. Codificación para las Fallas en la Maquinaria Amarilla.

FALLAS EN MAQUINARIA AMARILLA	
CÓDIGO	FALLA
SISTEMA HIDRÁULICO	
MAM-HDC-01	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.
MAM-HDC-02	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
MAM-HDC-03	Recalentamiento del sistema hidráulico por bajo nivel del aceite.
MAM-HDC-04	Aire en el aceite hidráulico el cual provoca ruido de castañeteo.
MAM-HDC-05	El aceite hidráulico hace espuma, agua en el aceite.
MAM-HDC-06	Ruido excesivo en la bomba.
MAM-HDC-07	Tuberías de aceite dañadas causando restricciones internas excesivas.
SISTEMA DE FRENOS	
MAM-FRS-01	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
MAM-FRS-02	Discos de los frenos muy desgastados.
MAM-FRS-03	Fugas en sello del embolo del freno
MAM-FRS-04	El pedal de freno no regresa correctamente.
MAM-FRS-05	Válvula de frenos de servicio con fugas.
SISTEMAS DE DIRECCIÓN	
MAM-DRN-01	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
MAM-DRN-02	Aire en el sistema de dirección
MAM-DRN-03	El volante de dirección se traba por suciedad en la sección de bomba de engranajes.

Continuación cuadro 14

SISTEMA ELÉCTRICO	
MAM-ELE-01	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
MAM-ELE-02	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
MAM-ELE-03	Las luces de conducción no funcionan
MAM-ELE-04	Averías en los fusibles
MAM-ELE-05	La batería consume demasiada agua, Célula de la batería en corto circuito.
MAM-ELE-06	Baterías descargadas o muertas
MAM-ELE-07	Batería congelada
MAM-ELE-08	Problema de solenoide de arranque
MAM-ELE-09	El monitor averiado
SISTEMA MOTOR	
MAM-MTR-01	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
MAM-MTR-02	El motor no desarrolla toda su potencia.
MAM-MTR-03	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
MAM-MTR-04	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.
MAM-MTR-05	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina
MAM-MTR-06	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.
MAM-MTR-07	Ruido anormal del motor
SISTEMA TRANSMISIÓN	
MAM-TRN-01	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión
MAM-TRN-02	La máquina no avanza ni retrocede, eje de transmisión roto
MAM-TRN-03	Ruido excesivo del tren de transmisión, eje de transmisión desgastado
MAM-TRN-04	Bajo nivel de aceite en el eje

Cuadro 15. Codificación para las Fallas en Vehículos de Transporte Carga

FALLAS EN VEHÍCULOS DE TRANSPORTE CARGA	
CÓDIGO	FALLA
SISTEMAS DE SUSPENSIÓN	
TPC-SPN-01	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
TPC-SPN-02	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
TPC-SPN-03	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
TPC-SPN-04	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
TPC-SPN-05	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión
TPC-SPN-06	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.
TPC-SPN-07	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.
TPC-SPN-08	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.
TPC-SPN-09	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión
SISTEMAS DE FRENOS	
TPC-FRN-01	Bandas de frenos desgastadas
TPC-FRN-02	Perdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o perdida de aire audible cuando no se está aplicando el freno (compresor)
TPC-FRN-03	no se está aplicando el freno (compresor)

Continuación cuadro 15

SISTEMAS DE DIRECCIÓN	
TPC-DRN-01	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
TPC-DRN-02	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
TPC-DRN-03	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
TPC-DRN-04	Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.
TPC-DRN-05	Guardapolvos inexistentes o rotos.
SISTEMA RINES Y LLANTAS	
TPC-RLL-01	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
TPC-RLL-02	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.
SISTEMA MOTOR	
TPC-MTR-01	Correas y accesorios desgastados
TPC-MTR-02	Fugas en el sistema de refrigeración
TPC-MTR-03	Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento
TPC-MTR-04	Perdidas de aceite sin goteo continuo
TPC-MTR-05	Perdidas de aceite con goteo continuo
TPC-MTR-06	Mal estado, mala distribución y/o sujeción del cableado eléctrico.
SISTEMA TRANSMISION Y DIFIRENCIAL	
TPC-TRD-01	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.
TPC-TRD-02	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.
TPC-TRD-03	Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.
TPC-TRD-04	Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.

5.2 ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE ARATOCA, SANTANDER.

Debido a que según los tipos de máquinas seleccionados en la tabla 8 en cada subsistema los Sistemas Mecánicos son similares, se realizará un estudio de criticidad de acuerdo a Sistemas y tipos (Máquinas Amarillas y Vehículos de Transporte de Carga).

5.2.1 Determinación de fallas recurrentes en maquinaria amarilla. En el cuadro 16, tenemos el estudio de frecuencia de cada falla para el sistema motor de tipo maquinaria amarilla

Figura 7. Pareto frecuencia de fallas Sistema Motor Maquinaria Amarilla



Cuadro 16. Frecuencia de fallas en el sistema motor de la maquinaria amarilla

FALLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE [%]	ACUMULADO [%]
El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.	5	31,25%	31,25%
El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.	4	25,00%	56,25%
Ruido anormal del motor	3	18,75%	75,00%
El motor no desarrolla toda su potencia.	2	12,50%	87,50%
El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.	1	6,25%	93,75%
El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.	1	6,25%	100,00%
Golpeteo excesivo del motor Diesel con gasolina	0	0,00%	100,00%

Por cuestiones de limitación de páginas, se presenta análisis de Fallas de los Sistemas Mecánicos de la Maquinaria Amarilla, en el Anexo D.

En el cuadro 17, observamos los resultados de las fallas más significativas en las maquinas amarillas, las cuales están causando el mayor número de reparaciones o solicitudes de mantenimiento correctivo.

Cuadro 17. Fallas Recurrentes en la Maquinaria Amarilla.

CÓDIGO	FALLA
SISTEMA MOTOR	
MAM-MTR-01	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
MAM-MTR-03	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
MAM-MTR-07	Ruido anormal del motor
SISTEMA DE FRENOS	
MAM-FRS-01	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
MAM-FRS-02	Discos de los frenos muy desgastados.
MAM-FRS-03	Fugas en sello del embolo del freno
SISTEMAS DE DIRECCIÓN	
MAM-DRN-01	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
MAM-DRN-02	Aire en el sistema de dirección
SISTEMA ELÉCTRICO	
MAM-ELE-01	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
MAM-ELE-02	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
MAM-ELE-03	Las luces de conducción no funcionan
SISTEMA HIDRÁULICO	
MAM-HDC-01	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.
MAM-HDC-02	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
SISTEMA TRASMISIÓN	
MAM-TRN-01	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión

5.2.2 Determinación de fallas recurrentes en vehículos de transporte carga.

Del cuadro 18, tenemos el estudio de frecuencia de cada falla para el sistema suspensión de tipo vehículos de transporte de carga.

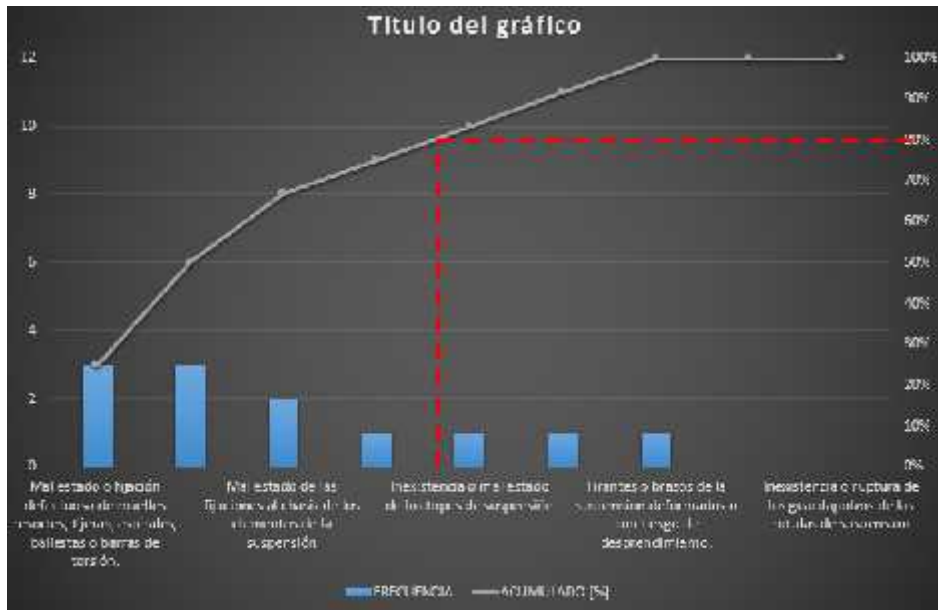
Cuadro 18. Frecuencia de fallas en el sistema de suspensión en vehículos de transporte carga.

FALLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE [%]	ACUMULADO [%]
Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.	3	25%	25%
Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión	3	25%	50%
Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión	2	16,7%	66,7%
Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.	1	8,3%	75%
Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión	1	8,3%	83,3%
Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.	1	8,3%	91,7%
Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.	1	8,33%	100%
Inexistencia de alguno de los amortiguadores.	0	0%	100%
Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión	0	0%	100%

Por cuestiones de limitación de páginas, se presenta análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos de Vehículos de Transporte de Carga, en el Anexo E.

En el cuadro 19, observamos los resultados de las fallas más significativas en los vehículos de transporte carga, las cuales están causando el mayor número de reparaciones o solicitudes de mantenimiento correctivo.

Figura 8. Pareto frecuencia de fallas Sistema Suspensión Vehículos Transporte de carga



Cuadro 19. Fallas recurrentes en los Vehículos de Transporte de Carga

CÓDIGO	FALLA
SISTEMAS DE SUSPENSIÓN	
TPC-SPN-01	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
TPC-SPN-02	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
TPC-SPN-03	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
TPC-SPN-04	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
SISTEMAS DE FRENOS	
TPC-FRN-01	Bandas de frenos desgastadas
SISTEMAS DE DIRECCIÓN	
TPC-DRN-01	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
TPC-DRN-02	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
TPC-DRN-03	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
SISTEMA RINES Y LLANTAS	
TPC-RLL-01	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
TPC-RLL-02	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.

Continuación cuadro 19

SISTEMA MOTOR	
TPC-MTR-01	Correas y accesorios desgastados
TPC-MTR-02	Fugas en el sistema de refrigeración
SISTEMA TRANSMISION Y DIFIRENCIAL	
TPC-TRD-01	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.
TPC-TRD-02	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.

6. RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CRÍTICAS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER.

Luego de establecer la criticidad en las fallas en cada uno de los sistemas de la maquinaria, se toma en cuenta la opinión del fabricante de las mismas y se establecen rutinas de Mantenimiento preventivo para cada máquina y sistema de la falla que resultaron con un índice de criticidad alto, tal como muestra la Tabla 20.

6.1 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS DE LAS MAQUINAS AMARILLAS CON ALTO ÍNDICE CRITICIDAD (REJ-000-01 Y MNG-000-01).

Cuadro 20. Rutinas de mantenimiento preventivo para las fallas de REJ-000-01 y MNG-000-01 con alto índice criticidad

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS DE RETROEXCAVADORA CON ALTO ÍNDICE CRITICIDAD								
CÓDIGO	ACCIONES A REALIZAR	FRECUENCIA [H]						
REJ-MTR-01 o MNG-MTR-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
MAM-MTR-01	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.			X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de aceite de motor.	X	X	X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de depósito de rebose de refrigerante de motor	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.			X	X	X	X	X

	Muestreo de aceite de Motor.			X	X	X	X	X
	Cambio de Aceite y filtro del motor				X	X	X	X
	Muestreo de refrigerante del motor.				X	X	X	X
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor					X	X	X
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor						X	X
	Ajuste de Juego de válvulas de motor						X	X
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor						X	X
	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.			X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de aceite de motor.	X	X	X	X	X	X	X
	Revisión de refrigerante de motor, nivel de depósito	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.			X	X	X	X	X
	Muestreo de aceite de Motor.			X	X	X	X	X
MAM-MTR-03	Cambio de Aceite y filtro del motor				X	X	X	X
	Muestreo de refrigerante del motor.				X	X	X	X
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor					X	X	X
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor						X	X
	Ajuste de Juego de válvulas de motor						X	X
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor						X	X
MAM-MTR-07	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.			X	X	X	X	X

	Revisión de nivel de aceite de motor.	X	X	X	X	X	X	X
	Revisión de refrigerante de motor, nivel de depósito.	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.			X	X	X	X	X
	Muestreo de aceite de Motor.			X	X	X	X	X
	Cambio de Aceite y filtro del motor				X	X	X	X
	Muestreo de refrigerante del motor.				X	X	X	X
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor					X	X	X
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor						X	X
	Ajuste de Juego de válvulas de motor						X	X
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor						X	X
REJ-FRS-01 o MNG-FRS-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
MAM-FRS-01	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)				X	X	X	X
MAM-FRS-02	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)				X	X	X	X
MAM-FRS-03	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)				X	X	X	X
REJ-DRN-01 o MNG-DRN-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
TPC-DRN-01	Lubricación del pivote de dirección		X	X	X	X	X	X
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica		X	X	X	X	X	X
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica						X	X

	Cambio del filtro de la dirección hidráulica							X
TPC-DRN-02	Lubricación del pivote de dirección		X	X	X	X	X	X
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica		X	X	X	X	X	X
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica						X	X
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica							X
REJ-ELE-01 o MNG-ELE-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
MAM-ELE-01	Inspección compartimiento de Fusibles.							X
	Escaneo (Inspección) del Monitor.							X
MAM-ELE-02	Inspección compartimiento de Fusibles.							X
	Escaneo (Inspección) del Monitor.							X
MAM-ELE-03	Inspección compartimiento de Fusibles.							X
	Escaneo (Inspección) del Monitor.							X
REJ-HDC-01 o MNG-HDC-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
MAM-HDC-01	Calibración válvulas hidráulicas de máquinas Grade Pro – si existe.			X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de aceite de depósito hidráulico.	X	X	X	X	X	X	X
	Muestreo de aceite hidráulico.				X	X	X	X
	Cambio de filtros de aceite hidráulico, primer cambio				X	X	X	X

	Drenar y rellenar el tanque de aceite hidráulico						X	X
MAM-HDC-02	Calibración válvulas hidráulicas de máquinas Grade Pro – si existe.			X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de aceite de depósito hidráulico.	X	X	X	X	X	X	X
	Muestreo de aceite hidráulico.				X	X	X	X
	Cambio de filtros de aceite hidráulico, primer cambio				X	X	X	X
	Drenar y rellenar el tanque de aceite hidráulico						X	X
REJ-TRN-01 o MNG-TRN-01		10	100	250	500	1000	2000	4000
MAM-TRN-01	Calibración de unidad de control de transmisión.			X	X	X	X	X
	Revisión de nivel de aceite de transmisión	X	X	X	X	X	X	X
	Calibración de unidad de control de transmisión.			X	X	X	X	X
	Sustitución de filtro de aceite de transmisión.			X	X	X	X	X
	Muestreo de aceite (transmisión, eje y tándem)				X	X	X	X
	Cambio de aceite de transmisión.						X	X
	Sustitución de filtro de aceite de transmisión						X	X
	Calibración de unidad de control de transmisión.						X	X

6.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA CON ALTO ÍNDICE CRITICIDAD (VQF-000-01, VQC-000-01 Y VQF-000-02).

Cuadro 21. Rutinas de Mantenimiento Preventivo para las Fallas de VQF-000-01, VQC-000-01 y VQF-000-02 con alto índice de criticidad alto de TPC.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CON ÍNDICE DE CRITICIDAD ALTO DE TPC						
CÓDIGO	ACCIONES A REALIZAR	FRECUENCIA [H]				
		100	500	1000	2000	4000
VQF-FRS-01, VQC-FRS-01, VQF-FRS-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-FRN-01	Inspección de la válvula del sistema de frenos de aire.	X	X	X	X	X
	Inspección de las líneas y los acoplamientos de los frenos hidráulicos	X	X	X	X	X
	Inspección del sistema de frenos hidráulicos	X	X	X	X	X
	Inspección de los frenos	X	X	X	X	X
	Inspección de acoplamiento y de la placa de montaje del pedal de los frenos		X	X	X	X
VQF-DRN-01, VQC-DRN-01, VQF-DRN-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-DRN-01	Lubricación del pivote de dirección					X
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica				X	X
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica					X

TPC-DRN-02	Lubricación del pivote de dirección	X	X	X	X	X
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica				X	X
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica					X
TPC-DRN-03	Lubricación del pivote de dirección	X	X	X	X	X
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	X	X	X	X	X
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica				X	X
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica					X
VQF-SPN-01, VQC-SPN-01, VQF-SPN-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-SPN-01	Revisión del par de apriete de pernos U de la suspensión			X	X	X
	Inspección de la suspensión y cambiar si es necesario				X	X
TPC-SPN-02	Revisión del par de apriete de pernos U de la suspensión			X	X	X
	Inspección de la suspensión y cambiar si es necesario				X	X
TPC-SPN-03	Revisión del par de apriete de pernos U de la suspensión			X	X	X
	Inspección de la suspensión y cambiar si es necesario				X	X

TPC-SPN-04	Revisión del par de apriete de pernos U de la suspensión			X	X	X
	Inspección de la suspensión y cambiar si es necesario				X	X
VQF-RLL-01, VQC-RLL-01, VQF-RLL-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-RLL-01	Revisión labrado de llantas(Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas)	X	X	X	X	X
TPC-RLL-02	Revisión labrado de llantas(Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas)	X	X	X	X	X
VQF-MTR-01, VQC-MTR-01, VQF-MTR-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-MTR-01	Inspección de las bandas de impulsión del motor			X	X	X
	Revisión de los sujetadores de los soportes del motor				X	X
TPC-MTR-02	Inspección de las bandas de impulsión del motor			X	X	X
	Revisión de los sujetadores de los soportes del motor				X	X
VQF-TRD-01, VQC-TRD-01, VQF-TRD-02		100	500	1000	2000	4000
TPC-TRD-01	Revisión del nivel de líquido para transmisión manual	X	X	X	X	X
	Cambio de líquido de la transmisión y limpieza del tapón colector magnético		X	X	X	X

	Limpeza del elemento filtro y regulador de aire de la transmisión		X	X	X	X
	Cambio del filtro y liquido de la transmisión			X	X	X
TPC-TRD-02	Revisión del nivel de líquido para transmisión manual	X	X	X	X	X
	Cambio de líquido de la transmisión y limpieza del tapón colector magnético		X	X	X	X
	Limpeza del elemento filtro y regulador de aire de la transmisión		X	X	X	X
	Cambio del filtro y liquido de la transmisión			X	X	X

7. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA ALCALDÍA DE ARATOCA SANTANDER.¹²

De acuerdo a los requerimiento para el software para el mantenimiento preventivo de la maquinaria de la alcaldía de Aratoca Santander se escogió el programa SAIM, puesto que en cuanto a facilidad de manejo, acompañamiento por parte de los creadores (APPING SAS), compatibilidad con lo deseado en el proyecto, un costo factible al estudiante y fácil instalación, se tuvo como una buena opción.

Entrada al software SAIM

Después de la instalación nos queda un logo el cual podemos anclar a la barras de tareas o dejar como acceso directo en nuestro escritorio ver figura 15.

Figura 9. Logotipo y ejecutable del programa SAIM



Fuente: Manual de usuario SAIM, segunda edición, SAIM v3.2

Login al programa SAIM

En la figura 16 observamos el Login del programa donde está compuesto por:

- **Logo** de la empresa

¹² Manual de usuario SAIM, segunda edición, SAIM v3.2, APPING

- **Usuario:** Campo numérico de identificación del usuario, puede ser un código personalizado o la cedula de ciudadanía.
- **Contraseña:** El usuario debe escoger su contraseña, cada vez que se crea un nuevo Login el usuario escoge su contraseña.
- **Guardar credenciales:** Al seleccionar esta opción SAIM almacenara la ubicación actual como segura y guardara los valores escritos en usuario y contraseña.
- **Autoingreso:** Al abrir SAIM, el sistema ingresara automáticamente a la aplicación al tener las credenciales guardadas.

Figura 10. Login al programa SAIM

Login Conexión

Usuario 2103204

Contraseña

Guardar credenciales

Autoingreso

Ingresar

Conexión a: 107.157.180.120 Fecha: 11/01/2017

Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Inicio al programa SAIM

En la figura 17 observamos el inicio del programa donde está compuesto por:

- **Cerrar sesión:** Cierra SAIM® y permite ingresar con un usuario diferente.
- **Configuraciones:** Formulario para creación y edición de usuarios y otras funciones, solo accesible por administradores de SAIM®.
- **Perfil:** Permite editar el perfil del usuario actual.
- **OT:** Módulo para las ordenes de trabajo de mantenimiento.
- **HVA:** Módulo para hojas de vida, PDT, cronograma e indicadores.
- **RSD:** Módulo para seguimiento de las reuniones diarias, apertura y cierre.
- **UM:** Módulo con diferentes funcionalidades complementarias del software.
- **CRONOGRAMA:** Muestra rápidamente las actividades pendientes por realizar.

Figura 11. Inicio al programa SAIM



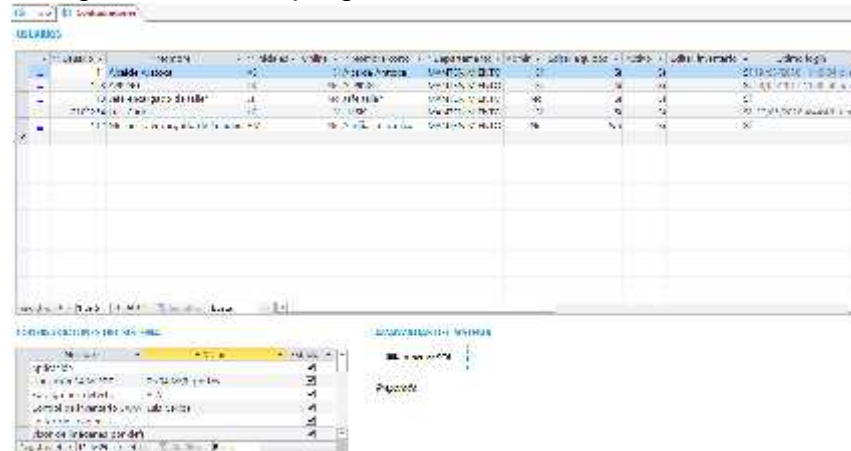
Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Configuraciones del programa SAIM

En la figura 18 observamos la ventana de configuraciones del programa, en ella se crean y editan usuarios, asignando permisos y modificaciones de perfiles, además

se puede configurar aspectos avanzados del sistema, como visor de PDF por defecto, estado de la aplicación (cerrada o abierta) etc.

Figura 12. Configuraciones del programa SAIM

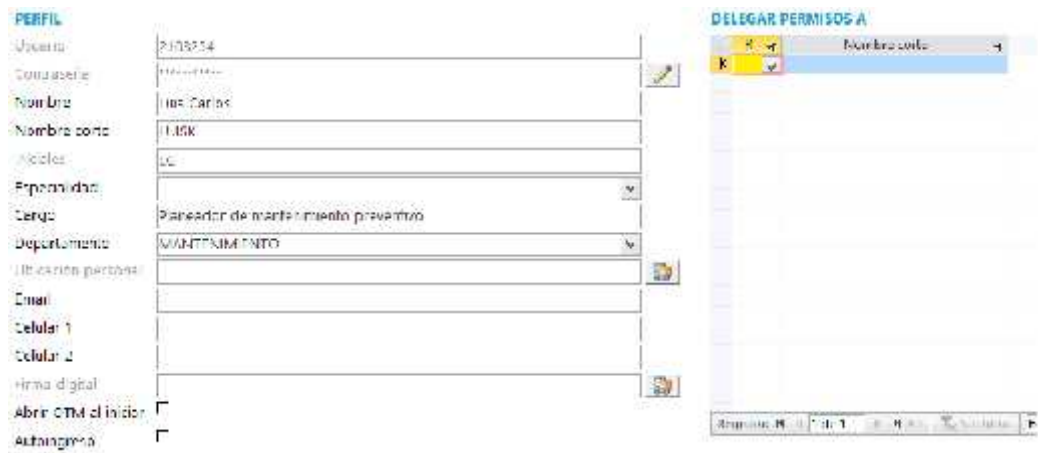


Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Perfil de usuario para el programa SAIM

En la figura 19 está la ventana de perfil, la cual permite cambiar el nombre completo y corto de usuario, la ubicación personal la cual almacena cualquier OT en la ruta especificada, adjuntar una imagen de firma para la impresión de documentos.

Figura 13. Perfil del programa SAIM

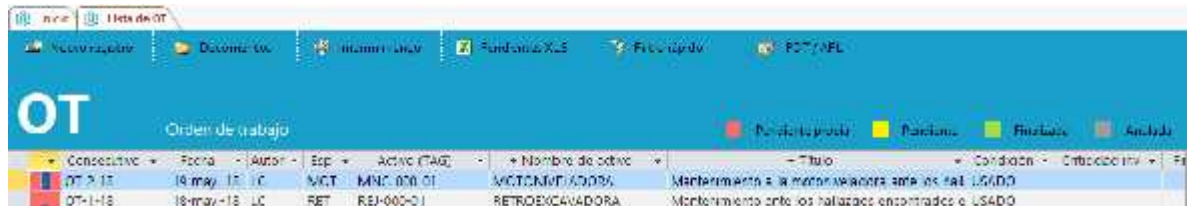


Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Ordenes de trabajo (OT)

Lista OT

Figura 14. OT



The screenshot shows a web application window titled 'Lista de OT'. The interface includes a navigation bar with icons for 'Nuevo registro', 'Documentos', 'Imprimir rango', 'Pendientes XLS', 'Filtro rápido', and 'PDT/APL'. Below the navigation bar is a table with columns for 'Consecutivo', 'Fecha', 'Autor', 'Esp', 'Activo (TAG)', 'Nombre de objeto', 'Titulo', 'Condición', and 'Ortodoxo (m)'. The table contains two rows of data:

Consecutivo	Fecha	Autor	Esp	Activo (TAG)	Nombre de objeto	Titulo	Condición	Ortodoxo (m)
OT-113	18 may 18	LC	MCT	MNC OT0 OT	MANTENIMIENTO	Mantenimiento a la motoravión antes del SALIDA		
OT-118	18 may 18	LC	FET	REJ-000-01	RETROCAVADORA	Mantenimiento ante los hallazgos encontrados e USADO		

Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

En la figura 20 está el formulario el cual muestra la lista de órdenes de trabajo de mantenimiento, el usuario puede expandir cada OT para verla en detalle al dar oprimir en la primera columna "...".

- **Nuevo registro:** Crear OT
- **Documentos:** Permite consultar todas las OT generadas en formato pdf almacenadas en una ruta compartida.
- **Imprimir rango:** Imprimir un conjunto de OT rápidamente, por rango de fecha, rango de número o por agrupación.
- **Pendientes XLS:** Exporte a Excel el listado de OT pendientes por finalizar en su departamento.
- **Filtro rápido:** Muestra únicamente el listado de OT que fueron creadas por el usuario.
- **PDT/APL:** Puede seleccionar varias OT para agregar un PDT o APL seleccionado, ahorrando tiempo al momento de crear las actividades para cada OT.

Detalle de OT

Este formulario muestra los detalles de la orden de trabajo de mantenimiento donde se describen el paso a paso de actividades (ver figura 21), título general, duración cronológica, avance general del proyecto, centro de costos, tipo de mantenimiento etc.

Figura 15. Detalles para una OT

The screenshot displays the SAIM software interface for a maintenance order (OT). The interface is in Spanish and includes the following sections:

- DATOS DE IDENTIFICACIÓN:** A form with fields for 'Código de OT', 'Fecha de creación', 'Tipo de actividad', 'Centro de costos', 'Tipo de mantenimiento', and 'Tipo de actividad'. The 'Tipo de actividad' field is set to 'Mantenimiento preventivo'.
- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:** A section with a 'Actividad' field and a 'Programado' checkbox.
- Tabla de actividades:** A table with columns for 'Actividad', 'Duración (min)', and 'Duración (horas)'. The table contains the following data:

Actividad	Duración (min)	Duración (horas)
REVISIÓN GENERAL	15	0.25
REVISIÓN DE LOS DATOS DE LA OT	15	0.25
REVISIÓN DE LOS DATOS DE LA OT	15	0.25
REVISIÓN DE LOS DATOS DE LA OT	15	0.25
REVISIÓN DE LOS DATOS DE LA OT	15	0.25

Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

- **Nuevo registro:** Crear una OT
- **Eliminar:** Elimina la OT actual siempre que sea del mismo usuario, no altere los consecutivos y sea del año vigente.
- **Ayuda:** Muestra una tabla con conversiones de la hora estándar a hora militar y horas a minutos (ver figura 22).

Figura 16. Ayuda de OT

DURACION		TIEMPO	
Heras	Minutos	AM/PM	MILITAR
1	00	1:00 a. m.	0100
2	00	2:00 a. m.	0200
3	00	3:00 a. m.	0300
4	00	4:00 a. m.	0400
5	00	5:00 a. m.	0500
6	00	6:00 a. m.	0600
7	00	7:00 a. m.	0700
8	00	8:00 a. m.	0800
9	00	9:00 a. m.	0900
10	00	10:00 a. m.	1000
11	00	11:00 a. m.	1100
12	00	12:00 p. m.	1200
13	00	1:00 p. m.	1300
14	00	2:00 p. m.	1400
15	00	3:00 p. m.	1500
16	00	4:00 p. m.	1600
17	00	5:00 p. m.	1700
18	00	6:00 p. m.	1800
19	00	7:00 p. m.	1900
20	00	8:00 p. m.	2000
21	00	9:00 p. m.	2100
22	00	10:00 p. m.	2200
23	00	11:00 p. m.	2300

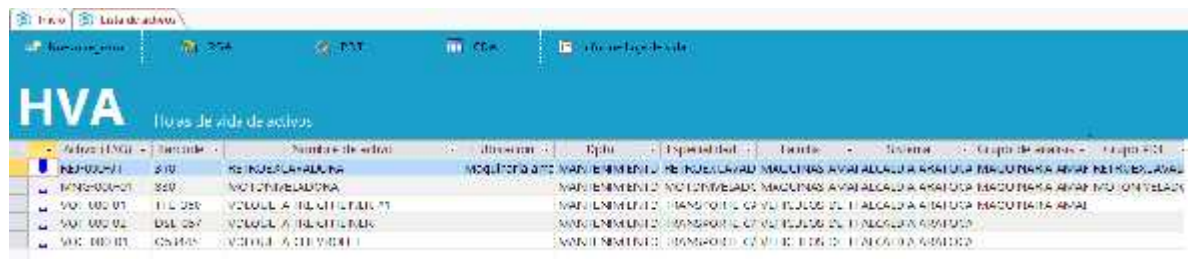
Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

- **Duplicar:** El usuario puede duplicar OT anteriores y así ahorra trabajo al crear una OT de una actividad similar.
- **Continuar:** El listado de actividades permite señalar si cada paso a paso fue terminado o no, al oprimir este botón se creara una nueva OT con las actividades que no fueron terminadas.
- **PDT/APL:** Permite insertar un PDT y un APL anteriormente almacenado.

Hoja de vida de activos (HVA)

Lista de HVA

Figura 17. Lista de HVA



The screenshot shows the HVA (Hoja de vida de activos) software interface. The title bar indicates the application is running on Windows. The main window title is "HVA Hoja de vida de activos". Below the title bar, there are several tabs: "Inicio", "354", "PDT", "CDA", and "Hoja de vida de activos". The main content area displays a table with the following columns: "Nombre de activo", "Cantidad", "Nombre de sitio", "Almacenamiento", "Ejeto", "Especialidad", "Código", "Sistema", "Grupo de análisis", and "Grupo PDT". The table contains several rows of data, including entries for "MOTOR-1", "MOTOR-2", "MOTOR-3", "MOTOR-4", and "MOTOR-5".

Nombre de activo	Cantidad	Nombre de sitio	Almacenamiento	Ejeto	Especialidad	Código	Sistema	Grupo de análisis	Grupo PDT
MOTOR-1	200	REINTEGRACION	MOTOR-1	MOTOR-1	MOTOR-1	MOTOR-1	MOTOR-1	MOTOR-1	MOTOR-1
MOTOR-2	200	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2	MOTOR-2
MOTOR-3	111 250	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3	MOTOR-3
MOTOR-4	111 250	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4	MOTOR-4
MOTOR-5	111 250	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5	MOTOR-5

Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

En la figura 23 observamos el formulario el cual nos muestra la lista de activos donde puede editar y rápidamente aspectos como:

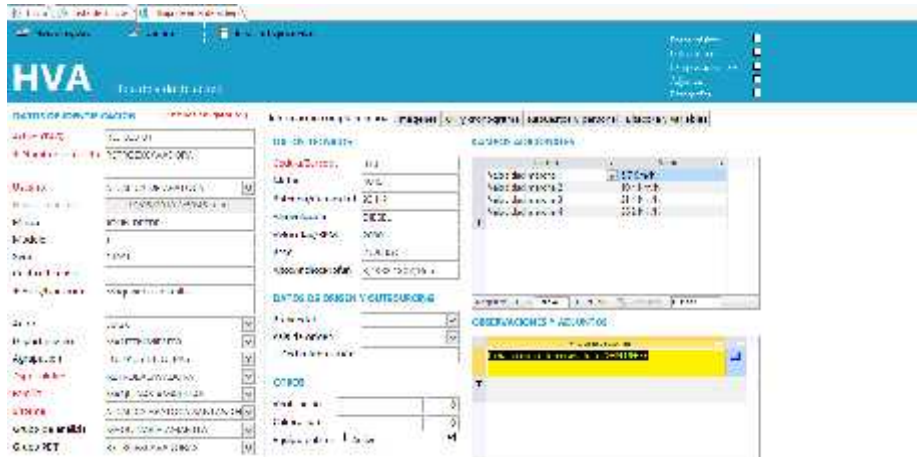
- Ubicación
- Departamento
- Familia
- Sistema
- Grupo de análisis
- Grupo PDT

El usuario puede expandir cada activo para ver en detalle al oprimir la primera columna "...".

- **Nuevo registro:** Crear un activo.
- **RGA:** Reportes de grupos de análisis (indicadores de confiabilidad y disponibilidad)
- **PDT:** Crear y editar planes de trabajo.
- **CDA:** Cronograma de actividades de mantenimiento.

Detalle de HVA

Figura 18. Destalle de HVA.



Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

En la figura 24 está la ventana de detalle de HVA en la cual se completa toda la información de cada activo, además se pueden agregar campos adicionales y adjuntos.

Otras pestañas de HVA

Figura 19. Imágenes de HVA



Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

- **Imágenes:** Se puede almacenar varias imágenes del activo de cualquier tipo de formato de imagen, se pueden editar las fotos directamente de SAIM a través de cualquier editor para señalar fallas o puntos de atención (ver figura 25).
- **OTM y cronograma:** Muestra todas las OT y actividades de cronograma asociadas al activo para rápidas y fáciles consultas.
- **Repuestos y personal:** En esta pestaña se puede consultar los repuestos y personal usado en cada intervención reportada a través de una OT, permite hacer filtro para analizar, por ejemplo, el valor de los repuestos usados en un rango de fechas o la cantidad de veces que cierta pieza ha sido reemplazada, así como el total de horas hombre.
- **Bitácora de estado de equipo:** Tenemos la ventana que resume todos los estados de disponibilidad y confiabilidad registrados en el módulo RSD, se puede consultar por definición de estado, tecnología de falla, zona de falla, fecha o descripción y permite en un rango de fechas calcular rápidamente la confiabilidad y disponibilidad una vez suministrada la horas de operación diaria, además muestra una gráfica (confiabilidad y disponibilidad ver figura 26).

Figura 20. Bitácora de estado de equipo y grafica confiabilidad y disponibilidad.



Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

- **Reportes de grupo de análisis (RGA):** Este módulo permite generar reportes de repuestos, horas hombre, confiabilidad y disponibilidad en un rango determinado de fechas y para un grupo específico de activos. También análisis anual de todos los indicadores y modos de falla (se puede realizar Pareto sobre esta información).

El usuario puede personalizar el reporte a generar, agregando autor, revisor y aprobador, así como observaciones agrupadas por familia, descripción del reporte, título y observaciones generales.

- **Plan detallado de trabajo (PDT):** Se puede crear infinidad de trabajo para un grupo de activos, cada PDT puede tener periodicidad, especialidad y APL diferente. Desde esta misma ventana se puede crear actividades en el cronograma rápidamente con un asistente muy práctico. Cada PDT se compone de una serie de actividades creadas por el usuario con un tiempo y personal requerido, además de un orden específico.

Reunión de seguimiento diario

Este módulo RSD contiene las reuniones de seguimiento diaria de apertura (mañana) y cierre (noche) que se hace al interior en un equipo de trabajo, con el fin de registrar las actividades planeadas y ejecutadas cada día, así como anomalías en activos y otros datos de interés de la compañía (ver figura 27).

Figura 21. RSD



	Fecha	Autor
...	19-may.-13	LUI SK
...	18-may.-13	LUI SK
...	17-may.-13	LUI SK
...	16-may.-13	LUI SK
...	15-may.-13	LUI SK
...	14-may.-13	LUI SK

Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Utilidades de mantenimiento

El cuarto y último modulo contiene formularios divididos en un principales (ver figura 28) y complementarios que serán explicados.

Principales

Figura 22. UM Principales



Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

Está conformado por 10 formularios que son:

- **Definiciones de estado:** Al reportar las paradas de los activos en RSD se debe especificar el estado, SAIM permite crear y configurar múltiples definiciones, y para cada una de ellos se señala si afecta.
- **Grupos de análisis:** El usuario agrupa los activos en grupos de análisis para generar indicadores de confiabilidad, disponibilidad, repuestos y horas hombre.

Al seleccionar el grupo de análisis, el software despliega la matriz de criticidad, permite hacer evaluación de activos y definir cada uno de los elementos de evaluación, en la parte inferior izquierda de la pantalla está el paso a paso para el uso de la matriz.

- **Lista de partes (APL):** Este formulario almacena APL para cada intervención, activo o proyecto que se requiera, totaliza el costo y cruza la cantidad requerida con las existencias de inventario mostrando con colores los ítems que tiene stock (verde), que quedan en cero o por debajo del mínimo (amarillo) o los que no existe la cantidad suficiente (rojo).
- **Modos de falla:** En esta división encontramos los tipos de falla (tecnologías) recomendadas por APPING S.A.S. los cuales puede ser editados reemplazados o simplemente agregar nuevos tipos y zonas de falla que se presenta en su empresa.
- **Empresas:** Crear y asociar terceros a HVA permite identificar rápidamente la empresa atenta a realizar una intervención avanzada sobre el activo.
- **Lista de análisis de seguridad en el trabajo AST:** El departamento de HSE exige un análisis de seguridad de trabajo antes de cada intervención con el fin de identificar fuentes de peligro para el trabajador, el usuario puede almacenar plantillas de AST para futuras impresiones rápidas.
- **Lista de piezas y materiales:** Muestra el listado completo de piezas en el inventario, al expandir se observa la información completa de cantidad máximas y mínimas, SOH total (cantidad total disponible), costo estimado,

SAP (costo promedio ponderado) y las existencias en cada bodega agrupadas por condición.

- **Remisión de compra:** La remisión en compra es el documento que permite ingresar stock al inventario, para posterior descargue en cada OT.

Complementarias

Figura 23 UM Complementarias



Fuente: Software SAIM, alcaldía Aratoca Santander

- **Agrupación de activos:** En esta ventana puede crear y editar agrupaciones de activos y así parametrizar las hojas de vidas en agrupaciones que contengan varios activos.
- **Condiciones de inventario:** En el detalle de OT se explica que cada usado en una intervención tiene una condición, este formulario permite crear y editar condiciones y asignar un porcentaje relativo al costo normal activo, por ejemplo, un repuesto usado anteriormente se caga al activo como 50% del costo.

- **Especialidades:** Existe varios frentes de trabajo al interior de la empresa y es necesario agruparlos, por ellos en esta ventana se crea y configuran las especialidades necesarias para cada departamento.
- **Marcas:** En este formulario se cagar las marcas de los distintos activos que se tengan al interior de la compañía para de esta forma poder llevar una trazabilidad más adecuada al repuesto y demás requerimiento de los activos.
- **Lista de sistemas:** Las familias de activos se subdividen en sistemas para hacer aún más fácil su análisis y clasificación.
- **Campos adicionales:** Información para almacenar de un activo y toda aquella que no se pueda guardar sobre los campos preestablecidos se puede almacenar a través de campos adicionales como se observó en el detalle de HVA.
- **Departamentos:** SAIM permite ser usada por distintos departamentos de manera simultánea, compartiendo los intereses en común de cada uno y separando los temas internos. En esta ventana se crean, editan y se asigna un coordinador el cual figurara en todos los documentos generados de este departamento.
- **Lista de familia:** Los activos se agrupan en familias que permiten su análisis posterior, por ejemplo, para indicadores.
- **Lista de modelos:** En este listado se agregan los modelos de todos los activos que se tengan en la compañía.
- **Tipos de mantenimiento:** Cada intervención (OT) se clasifica según el tipo de mantenimiento, SAIM tiene preestablecidas los 3 tipos de mantenimiento y de la opción de crear más si el usuario requiere configurar más tipos de mantenimiento para su fácil análisis, por ejemplo se podría creas “limpieza superficial” con el fin de separar las limpiezas superficiales de activo de los mantenimientos preventivos ya que usualmente las limpieza no son foco de análisis en el historial como silo don las intervenciones periódicas a los sistemas motrices de los activos.

8. ANÁLISIS Y RESULTADOS

La alcaldía de Aratoca Santander tiene activos importantes para el desarrollo de proyectos. Se estudia su viabilidad y desarrollo con indicadores de decisión, las cuales son herramientas financieras que permiten decidir sobre el desarrollo o rechazo de un proyecto de inversión¹³. Para la implementación del plan de mantenimiento preventivo para la Maquinaria del municipio de Aratoca Santander y posterior software SAIM, es necesario conocer los costos que estos generan, el valor de los gastos y el tiempo en el cual se recupera la inversión.

Costos de implementación

Las herramientas financieras que permiten decidir sobre el desarrollo o rechazo de un proyecto de inversión:

- **Valor presente neto (VPN), o valor actual neto (VAN):** Es la diferencia de los ingresos descontados al momento cero con los egresos descontados al momento cero.

VPN = VPingresos – VPegresos

VPN > 0 los ingresos son mayores que los egresos, tasa de interés generada por el proyecto es mayor que la tasa de interés de oportunidad del inversionista, proyecto se adelanta.

VPN < 0 los ingresos son menores que los egresos, tasa de interés generada en el proyecto es menor que la tasa de interés de oportunidad del inversionista, NO se realiza el proyecto,

¹³ DOMINGUEZ, Juan. Matemática financiera [En línea].Citado 18 mayo 2018. Disponible en: <http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:67156/componente67154.pdf >

VPN=0 ingresos son iguales a los egresos, tasa de interés generada en el proyecto es igual a la tasa de interés de oportunidad del proyecto, es indiferente a realizar o no el proyecto.

Se debe determinar la información técnica y económica del proyecto, ingresos y egresos. Después se realiza el análisis económico – financiero del mismo. Para poder realizar la modelización económica financiera es necesario tener perfectamente determinado tres parámetros:

- Horizonte temporal, es el periodo o tiempo que transcurre desde que tiene lugar el desembolso inicial hasta que se produce el último ingreso o pago.
- El desembolso inicial (-A), revisando que no quede ningún concepto sin incluir, no solo el coste de los equipos fijos sino también los gastos asociados.
- Los flujos netos de caja positivos o negativos generados por el proyecto en cada periodo de tiempo (Qt), siendo objetivos y más bien conservadores en las ventas y costes. Hay que tener siempre presente que a medida que nos alejamos del momento 0 (el de estimación), las estimaciones sobre los flujos netos de caja son más aleatorias.

$$P = A \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right] / i$$

$$F = P(1+i)^n$$

i = tasa de interés de oportunidad

n= tiempo o plazo

A= anualidad

P= valor presente

F= valor futuro

Los criterios más utilizados suelen englobarse en dos grandes grupos denominados métodos estáticos y métodos dinámicos.

- Los métodos estáticos, también conocidos como métodos aproximados, son aquellos que no toman en consideración la distribución temporal de los flujos monetarios y consiguientemente lleva a cabo una comparación de magnitudes monetarias no homogeneizadas.
- Los métodos dinámicos, si tienen en cuenta el momento del tiempo en que los flujos monetarios se van generando. Compara cantidades homogenizadas.

PLAZO DE RECUPERACIÓN

El plazo de recuperación es el modelo estático más utilizado. Se trata de un modelo que se centra en el periodo de tiempo que media hasta la recuperación de la inversión inicial. El método conocido como plazo de recuperación de la inversión (también conocido como “pay-back” de la inversión) es el modelo de valoración de inversiones estático más utilizado. El plazo de Recuperación se define como el tiempo que tarda en recuperarse (amortizarse) el desembolso inicial de cualquier proyecto de inversión.

La principal deficiencia del plazo de recuperación es que, al ser un método estático, no considera la distribución temporal de los flujos monetarios, por lo que compara magnitudes monetarias no homogéneas. Esto es especialmente problemático en situaciones de alta inflación y elevados tipos de interés. El plazo de recuperación es un método de valoración de inversiones muy fácil de calcular y que resulta especialmente interesante en proyectos de inversión de alto riesgo para ver si se recupera rápidamente o no el capital inicial invertido.

Tasa interna de rentabilidad.

La TIR se define como aquél tipo de actualización o descuento que hace igual a cero el VAN de una inversión. Se puede decir que la TIR de una inversión es el umbral de rentabilidad de esa inversión.

El criterio de decisión consistirá en comparar la TIR del proyecto con la tasa de interés mínima deseada para el proyecto (i)

TIR = i, la inversión es indiferente.

TIR > i, la inversión es aceptable.

TIR < i, la inversión es rechazable.

Ventajas de la TIR: Se considera el factor tiempo para su cálculo, por lo que suma cantidades homogéneas.

Proporciona rentabilidades relativas (proporciona una tasa no un número absoluto), por lo que permite comparar proyectos en términos relativos.

Análisis de costos de inversión. Para saber la inversión y los beneficios que genera la aplicación del mantenimiento es necesario hallar los ítems expuestos anteriormente, se desarrollara por medio de Excel, llevando a conocer el tiempo de recuperación de la inversión y beneficios que trae.

Para conocer el valor VPN se debe tener el valor de la inversión del proyecto. Con un interés de 6% efectivo anual y Si la tasa de rentabilidad (TIR) es mayor que el interés el proyecto es viable, se debe tener en cuenta que se analizara en un periodo de un año.

Para el cálculo de la TIR se utiliza la siguiente formula.

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

Siendo:

r = la tasa de retorno o TIR que en este caso es la incógnita.

A = desembolso inicial.

Q_1, Q_2, \dots, Q_n = flujos netos de caja de cada período.

Cuadro 22. Inversión implementada en el plan de mantenimiento

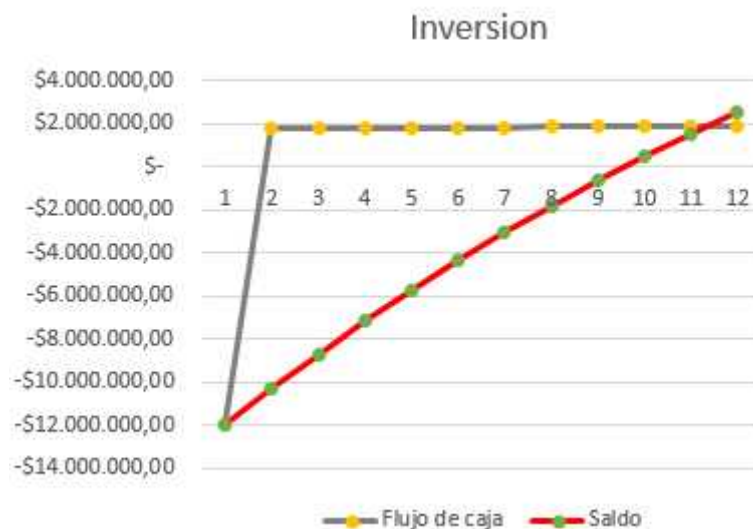
ITEMS	COSTO NETO
Sistema de información	\$1.800.000
Mano de obra	\$4.000.000
Administración	\$3.200.000
Servicios	\$1.200.000
Otros	\$1.800.000
Total	\$12.000.000

Se evalúa la implementación del plan de mantenimiento para la maquinaria del municipio de Aratoca Santander, mediante el valor presente neto. La inversión inicial es de \$12.000.000, con egresos de 1.700.000 representados en gastos de operación en el mantenimiento preventivo, e ingresos de 3.500.000 mensuales representados en ahorros y disminución de costos al prestar el servicio procedemos hacer el cálculo.

Cuadro 23. Datos de inversión

Datos inversión					
Inversión	\$ 12.000.000,00	Egresos	\$ 1.700.000,00	Inflación cobros	1,0%
Ingresos	\$ 3.500.000,00	Tasa	6%	Inflación pagos	1,5%
periodo	Cobros	Pagos	Flujo de caja	Valor presente	Saldo
0			-\$ 12.000.000,00	-\$12.000.000,00	-\$12.000.000,00
1	\$ 3.500.000,00	\$ 1.700.000,00	\$ 1.800.000,00	\$1.698.113,21	-\$10.301.886,79
2	\$ 3.535.000,00	\$ 1.725.500,00	\$ 1.809.500,00	\$1.610.448,56	-\$8.691.438,23
3	\$ 3.570.350,00	\$ 1.751.382,50	\$ 1.818.967,50	\$1.527.240,19	-\$7.164.198,05
4	\$ 3.606.053,50	\$ 1.777.653,24	\$ 1.828.400,26	\$1.448.264,26	-\$5.715.933,78
5	\$ 3.642.114,04	\$ 1.804.318,04	\$ 1.837.796,00	\$1.373.308,08	-\$4.342.625,70
6	\$ 3.678.535,18	\$ 1.831.382,81	\$ 1.847.152,37	\$1.302.169,53	-\$3.040.456,17
7	\$ 3.715.320,53	\$ 1.858.853,55	\$ 1.856.466,98	\$1.234.656,57	-\$1.805.799,60
8	\$ 3.752.473,73	\$ 1.886.736,35	\$ 1.865.737,38	\$1.170.586,71	-\$635.212,89
9	\$ 3.789.998,47	\$ 1.915.037,40	\$ 1.874.961,07	\$1.109.786,58	\$474.573,69
10	\$ 3.827.898,45	\$ 1.943.762,96	\$ 1.884.135,50	\$1.052.091,42	\$1.526.665,11
11	\$ 3.866.177,44	\$ 1.972.919,40	\$ 1.893.258,04	\$997.344,72	\$2.524.009,83

Figura 24. Gráfica PayBack



Cuadro 24. Análisis de la cuadro 23 VAN, TIR y PAYBACK

Análisis de la inversión	
Indicador	Valor
Valor actual neto (VAN)	\$2.524.009,83
Tasa interna de rentabilidad (TIR)	9,89%
PAYBACK	8,55

Según lo analizado en la tabla 24 el valor actual neto VAN >0, la inversión es favorable obteniendo un VAN=\$2.524.009,83 en lo proyectado.

Según la tasa interna de rentabilidad da como resultado un valor mayor TIR=9,89% comparado con el interés $i=6\%$ ANUAL.

El tiempo de recuperación de la inversión establecido por el PAYBACK es de 8,55 meses corridos a partir de la inversión inicial en el mes cero.

Por lo tanto el proyecto es viable.

9. CONCLUSIONES

- El proyecto cumple con su objetivo general de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para alcaldía de Aratoca Santander, donde se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria, se realizó la debida codificación de los activos de la Alcaldía, se desarrolló el análisis de Criticidad a los Sistemas de la máquinas y se establecieron las fallas críticas, se realizaron las actividades preventivas y se desarrolló la implementación en un sistema de Información el cual queda a disposición de la Alcaldía de Aratoca Santander.

- Se Realizó un diagnóstico del estado actual de la Maquinaria y se identificaron averías en las diferentes máquinas que permitían el funcionamiento de las mismas, pero afectaban la parte estética y otras que amenazaban la parte funcional de los diferentes sistemas.

- Mediante auditorías al plantel de la maquinaria Amarilla del municipio de Aratoca Santander, se evaluaron los indicadores propuestos y se determinó el indicador al que se les debe prestar especial atención.

- Mediante auditorías a jefe de taller, técnicos y operarios de alguna manera involucrados con la maquinaria Amarilla, se identificaron las fallas recurrentes en cada sistema y haciendo uso del diagrama de Pareto se determinó las fallas a las que se les debe prestar especial atención.

- Se llevó a cabo un análisis de criticidad para los sistemas de la maquinaria amarilla y los vehículos de transporte de carga, en cual se pudo identificar sus fallas más críticas, tomando como referencia a todas las maquinas como fundamentales para los proyectos de la alcaldía de Aratoca Santander.

- Se realizó, bajo la Norma ISO 14224, la debida codificación de la Maquinaria de la alcaldía de Aratoca Santander, como también de las fallas de la misma, con el fin de aportar a la organización de los activos.

- Se seleccionó un software llamado SAIM para gestión de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la empresa y las recomendaciones del autor del proyecto, y se equipó con la información de la Alcaldía de Aratoca Santander, el cual se encargará de controlar la documentación de los mantenimientos en los equipos.

- La inversión en el plan de mantenimiento es viable en términos que genera una recuperación del capital a corto plazo 8,55 meses, una tasa interna de rentabilidad de 9.89% anual y valor actual neto \$2.524.009,83.

- Se garantizó la seguridad de la información manejada mediante una asignación de usuario y clave en el sistema de información; donde el ingreso está limitado solo y exclusivamente a las personas asignadas para esta tarea; evitando el saboteo y posibles daños que repercutan en la parte económica de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ALBA, Diego. BAEZ, Diego. Plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, maquinaria agrícola y vehículos de transporte de la alcaldía del municipio de Belén Boyacá. Trabajo de Grado para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica, 2013.

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento. En: Asignatura de Ingeniería de Mantenimiento. (2013: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. 291p

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material Docente. Colombia, Bucaramanga: Ediciones UIS, 2013.

CALA, Johan, NIETO, Sergio. Plan de mantenimiento para la empresa extractora la gloria SAS. Trabajo de grado. UIS 2017. 151p.

DE LA OSSA G., Carlos; GÓMEZ G., Julián. Desarrollo de un programa para el cálculo de la confiabilidad operacional de activos basado en distribuciones estadísticas Weibull. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga, 2013. Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica.

FUENTES, David A. Sistemas de Información en Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013.

GONZALES FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión de Gonzalo Fernández.

PLATA, Vianey. Diagnóstico de maquinaria pesada, Equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la constructora vc Ltda. Trabajo de grado. Uis. 2009. 215p.

SERRANO, Lucas Felipe. Manual de usuario SAIM, 2ra Ed. Bucaramanga, Noviembre de 2017.