

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MAQUINARIA
PESADA Y VEHÍCULOS ADMINISTRATIVOS DEL MUNICIPIO DE MOTAVITA**

WILLIAM ALFONSO RUBIO PACHECO

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2019**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MAQUINARIA
PESADA Y VEHÍCULOS ADMINISTRATIVOS DEL MUNICIPIO DE MOTAVITA**

WILLIAM ALFONSO RUBIO PACHECO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director: ING. LEONARDO CELY G.

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2019**

Nota de aceptación

Firma Director

Firma Jurado

DEDICATORIA

A:

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por darme la oportunidad de vivir para llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

Mis Padres, Alirio Rubio y Carmenza Pacheco, por darme la vida y brindarme siempre su apoyo, por cada uno de los consejos y por la motivación constante que me han formado como una persona de bien, pero más que nada por el amor y comprensión que me han dado a lo largo de mi vida.

Mi hermana, Paola Rubio por ser mi apoyo en cada momento difícil, de quien aprendí que cada momento difícil lo convierte a uno en un ser humano más fuerte y más maduro.

Mi Abuela Gabriela Suárez, por quererme y apoyarme siempre, por la sabiduría de cada consejo y por qué sin ella nada de esto sería posible.

Mi Hija Lorenn Camila, quien se ha convertido en mi pilar y fortaleza, porque todo lo que hago es para ella, es mi motivación y quiero que en mí vea un modelo a seguir.

Mi Novia, Bethsy Lorenn Fagua, por el amor y apoyo que me brinda siempre.

A todos y cada uno de los Ingenieros que fueron mis maestros desde el primer semestre, gracias por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta ahora, seguimos siendo amigos.

Finalmente, a todas las personas que conocí a lo largo de mi formación como profesional, de cada uno aprendí cosas valiosas que me convierten en un hombre de bien.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, por guiarme a lo largo de mi vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Alirio Rubio y Carmenza Pacheco por ser los principales promotores de mi sueño, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Gracias a mi hija por ser mi fortaleza y ganas de salir adelante, mi Abuela por cada día poner un plato de comida en mi mesa y por el amor que me brinda.

Gracias infinitas a la Universidad Santo Tomas por permitirme formarme como profesional en sus instalaciones. A cada uno de los ingenieros que hicieron parte de mi formación como Ingeniero mecánico, gracias por compartir sus conocimientos conmigo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
RESUMEN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MARCO REFERENCIAL.....	18
4.1 MARCO TEORICO.....	18
4.1.1 Diagnóstico.....	19
4.1.2 Tipos de mantenimientos	19
4.1.2.1 Correctivo.	19
4.1.2.2 Predictivo.	19
4.1.3 Análisis de criticidad.	20
4.1.4 Inventario	22
4.1.5 Gestión de Repuestos.	22
4.1.6 Viscosidad de los lubricantes.....	22
4.1.7 Plan de mantenimiento de la maquinaria.	23

4.1.8	Codificación	de
Equipos.....	25	
4.1.9 Mantenimiento Programado.....	24	
4.1.10 Control de combustible	25	
4.1.11 Inspección.....	26	
4.1.12 Sistema de Información.	26	
4.1.12.1 Excel.....	27	
4.2 ESTADO DEL ARTE.....	27	
4.2.1 Estado del arte.....	28	
5.METODOLOGÍA.....	36	
5.1 RECONOCIMIENTO DE LA MAQUINARIA.	36	
5.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	38	
5.3 DIAGNÓSTICO.....	39	
5.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	41	
5.5 GESTIÓN DE REPUESTOS.....	43	
5.5.1 Análisis Costo De Repuestos Busetón.....	45	
5.5.2 Análisis Costo De Repuestos Renault Symbol.....	47	
5.5.3 Análisis Costo De Repuestos Montero Mitsubishi.	48	
5.5.4 Análisis Costo De Repuestos Volqueta International.	49	
5.5.5 Análisis Costo De Repuestos Buseta Chevrolet.....	51	
5.5.6 Análisis Costo De Repuestos Motoniveladora.....	52	
5.5.7 Análisis Costo De Repuestos Retroexcavadora.....	54	
5.5.8 Análisis Costo De Repuestos Volqueta Ford.....	55	
5.6 PLAN DE MANTENIMIENTO.....	58	

5.7 SOCIALIZACIÓN.....	63
6. RESULTADOS	65
7. CONCLUSIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS.....	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Matriz de Criticidad	21
Figura 2 Inventario de equipos y maquinaria.	36
Figura 3 Tipo Mantenimiento.....	29
Figura 4 Número Vehículos	37
Figura 5 Análisis inicial	38
Figura 6 Codificación de Equipos	39
Figura 7 Diagnóstico y Análisis de Criticidad	40
Figura 8 Criticidad.....	42
Figura 9 Gestión Repuestos	43
Figura 10 Costo Total Repuestos	44
Figura 11 Gráfica Costos	45
Figura 12 Análisis Costo De Repuestos Buseton.....	46
Figura 13 Gráfica Análisis Buseton	46
Figura 14 Análisis Costo De Repuestos Renault Symbol.....	47
Figura 15 Gráfica Análisis Renault.....	47
Figura 16 Análisis Costos De Repuestos Montero	48
Figura 17 Gráfica Análisis Montero	49
Figura 18 Análisis Costo De Repuestos Volqueta International	50
Figura 19 Gráfica Análisis Volqueta International	50
Figura 20 Análisis Costo De Repuestos Buseteta Chevrolet.....	51
Figura 21 Gráfica Análisis Buseteta Chevrolet.....	52
Figura 22 Análisis Costo De Repuestos Motoniveladora	53
Figura 23 Gráfica Análisis Motoniveladora.....	53
Figura 24 Análisis Costo De Repuestos Retroexcavadora.....	54

Figura 25 Gráfica Análisis Retroexcavadora	54
Figura 26 Análisis Costo De Repuestos Volqueta Ford	55
Figura 27 Gráfica Análisis Volqueta Ford.....	56
Figura 28 Totales.....	57
Figura 29 Gráfica Totales	57
Figura 30 Menú Principal	60
Figura 31 Mantenimiento Final.....	61
Figura 32 Número de Máquinas.....	61
Figura 33 Gráfica Final Mantenimiento	62
Figura 34 Socialización.....	63
Figura 35 Asistentes Socialización	64

INTRODUCCIÓN

Contar en la actualidad con un plan de mantenimiento es de gran importancia para las Alcaldías, ya que con este tipo de gestiones se garantiza que la maquinaria funcione de manera adecuada y se encuentre disponible. Tener un programa de mantenimiento se convierte en una gran ventaja puesto que representan una inversión que a mediano y largo plazo generará reducción de costos, ya que se mejora la calidad, producción y disponibilidad de los equipos, llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones programadas de las posibles fallas que pueden ocasionar paros en la producción o deterioro de los equipos. Además, se reducirán los costos de mantenimiento debido al trabajo de optimización de las operaciones de mantenimiento y la disminución de reparaciones por fallas imprevista.

El mantenimiento preventivo simboliza un instrumento importante en la seguridad laboral, teniendo en cuenta que un gran porcentaje de accidentes son causados por fallas que pueden ser prevenidas.

A continuación, se describen las actividades (plan de mantenimiento preventivo) que se realizan en la Alcaldía de Motavita Boyacá, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de la maquinaria amarilla y de transporte que se encuentran adscritas a esta administración.

RESUMEN

El Objetivo principal de este proyecto es desarrollar e implementar un Plan de Mantenimiento para la maquinaria amarilla y de transporte que se encuentra en actividad en la Administración del Municipio de Motavita- Boyacá. Para lograr este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria, verificando su estado y comportamiento durante su operación; luego se llevó a cabo un análisis de criticidad determinando el estado en el que se encuentra la maquinaria; posterior a esto, se diseñaron formatos pre-operacionales para cada tipo de máquina y finalmente un plan de mantenimiento preventivo programado, obteniendo resultados y con ello conclusiones. El beneficio que aportó el siguiente proyecto fue mejorar el funcionamiento de las máquinas y de esta manera poder reducir pérdidas de tiempo en producción y evitar fallas no programadas.

La finalidad de este proyecto es el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo programado, el cual podrá garantizar el servicio continuo de las máquinas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Alcaldía Municipal de Motavita (Boyacá), cuenta con una flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos, los cuales se encuentran en constante actividad para el mejoramiento de vías, mantenimiento de carreteras, alcantarillados y transporte para el servicio de las diferentes veredas del municipio;

- Motoniveladora John Deere, modelo 2013.
- Retroexcavadora John Deere, modelo 2011.
- Vibro compactador Caterpillar, modelo 2017.
- Tractor Massey Ferguson, modelo 2006.
- Tractor Massey Ferguson, modelo 2006.
- Volqueta International, modelo 2011.
- Bus Chevrolet, modelo 2011.
- Bus Hino, modelo 2017.
- Automóvil Mitsubishi, modelo 1992.
- Automóvil Renault, modelo 2002.

De acuerdo con la información suministrada por la Alcaldía del Municipio de Motavita, el 65% de los vehículos fueron adquiridos antes del año 2014, completando un ciclo de trabajo de 3 años, por otra parte, un 35% han sido adquiridos entre el 2015 y 2017. Con esta información se asigna una prioridad a los automóviles, teniendo mayor importancia aquellos que tengan un modelo más antiguo.

Debido a que en la actualidad la administración del Municipio de Motavita no cuenta con un tipo de mantenimiento para la flota de maquinaria pesada y vehículos, incurre en la toma de decisiones basado en las reparaciones de tipo correctivo que realiza, identifica sobrecostos con respecto al presupuesto

asignado y tiempos de parada innecesarios, lo que genera una falta de disponibilidad de la flota de vehículos y maquinaria. Adicionalmente, se encuentra falta de información documentada y su conservación relacionada con los informes técnicos de mantenimiento, por lo que se dificulta su verificación, trazabilidad, conservación e integridad. Razón por la cual, se requiere un plan de mantenimiento de la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos, para preservar la vida útil y asegurar la continuidad operativa para el servicio al municipio.

2. JUSTIFICACIÓN

La flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos al servicio del municipio de Motavita cuenta con un servicio de reparación de tipo correctivo, lo que provoca el retraso de cronogramas de actividades de la institución y generan pérdidas económicas considerables por las actividades de mantenimiento no previstas. Al no contar con un modelo de gestión de mantenimiento, se puede producir acumulación de actividades y el desajuste de los presupuestos de mantenimiento de la alcaldía.

El mantenimiento preventivo planificado es una herramienta esencial para conservar en un estado óptimo una flota vehicular, una correcta organización y conocimiento de la maquinaria, que con pequeñas inversiones que son recuperables en períodos de tiempos cortos, lo que se busca es lograr que los vehículos siempre se encuentren disponibles y en perfectas condiciones técnicas.

Se busca aumentar la manutención de los activos generando registros en cada intervención realizada y manejando un control periódico para futuras inspecciones anticipándose a posibles fallas, con el fin de prolongar la vida útil, reducir tiempos de mantenimiento durante sus labores en las zonas de trabajo y contribuir a la productividad requerida para el sector público.

Adicionalmente, se busca coordinar y articular el plan de mantenimiento preventivo, a la planeación municipal y así mejorar el control interno referente a la documentación. De otra forma se busca mantener una actualización continua de los datos de los equipos, asegurando razonablemente el cumplimiento de los objetivos en cada dependencia y a los requisitos del Modelo Estándar de Control

Interno MECI, establecido en las entidades del sector público. Se hace necesario implementar un plan de mantenimiento preventivo, para mejorar la disponibilidad, preservación y evitar sobre costos en el mantenimiento de la maquinaria.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos al servicio del municipio de Motavita.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Diagnosticar el estado actual de la flota, mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento automotriz para obtener una valoración adecuada e identificar los sistemas críticos de la maquinaria pesada y vehículos administrativos al servicio de la infraestructura del municipio de Motavita-Boyacá.

3.2.2 Establecer la metodología de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta la información técnica, criterio y experiencia involucrado en el mantenimiento.

3.2.3 Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Vehículos y Maquinaria Pesada, mediante el estudio técnico.

3.2.4 Implementar y socializar el sistema de información de mantenimiento automotriz para una adecuada proyección y planificación del mantenimiento de la flota vehicular, articulado a la planeación Municipal.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEORICO

En el desarrollo de la historia, nuestros antepasados han fabricado herramientas empleadas para la cacería y supervivencia; estas herramientas a través del tiempo se han perfeccionado por el hombre para mejorar sus labores diarias. Actualmente cerca de un 90% de las herramientas son manufacturadas en máquinas y es por esto que se deben optimizar para un mayor rendimiento de trabajo. Toda máquina se debe encontrar en un perfecto estado para dar cumplimiento con sus labores por lo que se debe tener un mantenimiento preventivo, el cual es un conjunto de actividades que deben realizarse a maquinaria y equipos, teniendo en cuenta catálogos y ficha técnica suministrados por el fabricante. Esto se realiza con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que las máquinas o equipos continúen prestando el servicio para el que fueron diseñados.

4.1.1 Diagnóstico. El diagnóstico de un proyecto tiene por objetivo principal efectuar la identificación del problema y caracterizarlo, con la finalidad de definir la solución que tiene más eficacia y que nos permitirá identificar aquellas áreas de la maquinaria que presenta debilidades; indica prioridades que requieren solución inmediata, mediano y largo plazo y precisa que problemas pueden solucionarse al interior de la administración y cuales requieren asistencia externa.

El diagnóstico¹ debe ser el fundamento de las estrategias que han de servir en la práctica de acuerdo a las necesidades y aspiraciones de la comunidad y a la influencia de los diferentes factores que inciden en el logro de los objetivos propuestos. Un diagnóstico actualizado permite tomar decisiones en los proyectos con el fin de mantener o corregir el conjunto de actividades en la dirección de la situación objetivo.

4.1.2 Tipos de mantenimientos

4.1.2.1 Correctivo. Aquellas tareas destinadas a devolver el equipo a sus condiciones de servicio antes de la falla.

4.1.2.2 Predictivo. Tareas destinadas a “medir el estado de conservación” de un equipo. Se trata de predecir cuándo es posible se produzca el fallo para adelantarse a él.

¹ Coordinación. Importancia del diagnóstico en la investigación. Tipos de investigación, importancia de la investigación en el mundo actual [en línea]. 25 de mayo de 2010. [revisado en 18 de mayo de 2019]. Disponible en internet: <http://tiposdeinvestigaciones.blogspot.com/2010/05/importancia-del-diagnostico-en-la.html>

4.1.2.3 Mantenimiento preventivo. La finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como: reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, entre otros, hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos. (Tiempos dirigidos).

4.1.3 Análisis de criticidad. Es una metodología que permite establecer jerarquías entre Instalaciones, sistemas, equipos y elementos de una unidad, de acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia y sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación, Apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora y rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.²

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

² ROMERO, José. Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. [en línea]. Noviembre 2013 [Sevilla, España]. Avalado por la escuela técnica superior de Ingeniería. Disponible en internet: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>

La matriz tiene un código de colores como se ve en la Figura 1, que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

Figura 1. Matriz de Criticidad



Fuente: Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón

4.1.4 Inventario. El inventario representa la existencia de bienes almacenados destinados a realizar una operación, sea de compra, alquiler, venta, uso o transformación. Debe aparecer, contablemente, dentro del activo como un activo circulante. Es uno de los activos más grandes existentes en una empresa. El inventario aparece tanto en el balance general como en el estado de resultados. En el balance General, el inventario a menudo es el activo corriente más grande. En el estado de resultado, el inventario final se resta del costo de mercancías disponibles para la venta y así poder determinar el costo de las mercancías vendidas durante un periodo determinado.³

4.1.5 Gestión de Repuestos. El objetivo central de todo departamento de gestión de mantenimiento es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos, disminuyendo los tiempos de parada por falla y hasta los de parada por mantenimiento planificado. Es así como se minimizan las pérdidas asociadas al tiempo muerto de producción, al tiempo laborable perdido, a la pérdida de materia prima y a la producción defectuosa por mal funcionamiento de los equipos, entre otros. Ahora bien, la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos y activos físicos, no se logra conservando un enfoque reactivo, centrado en reparar las averías una vez que han ocurrido, sino en la combinación de dicho enfoque con otros de carácter tanto preventivo como predictivo. Esto implica altos niveles de planificación, no solo de las tareas de mantenimiento, sino de la disponibilidad y accesibilidad a todas las piezas, partes y repuestos necesarios para su ejecución efectiva y oportuna.⁴

4.1.6 Viscosidad de los lubricantes. La viscosidad de un líquido es su resistencia a fluir, es decir, que el roce de dos elementos con algún líquido opone una resistencia al movimiento uniforme de su masa. Los líquidos espesos, como

³ Inventario (Escolme). Disponible en internet:

http://www.escolme.edu.co/almacenamiento/tecnicos_oei/Contabilidad/Unidad%202/Inventario.pdf

⁴ Factores clave de éxito en la gestión de repuestos para mantenimiento, 2018. Disponible en: <https://www.fractal.com/2018/09/27/factores-clave-gestion-repuestos-mantenimiento/>

las melazas, tienen relativamente alta viscosidad, y no fluyen muy fácilmente. Los líquidos más delgados, como el agua, fluyen muy fácilmente y tiene viscosidades más bajas. Los aceites lubricantes están disponibles en una gran variedad de viscosidades. La viscosidad de un líquido determinado no es constante, pues varía con la temperatura. A medida que un aceite se calienta, su viscosidad desciende y se vuelve más delgado. Lo contrario ocurre cuando se reduce la temperatura, el aceite se vuelve más espeso y no fluirá tan rápidamente. Este es un factor a tomar en cuenta para la selección del aceite a usar. Para una aplicación dada, un aceite más liviano debe ser indicado para temperaturas ambientes más bajas, mientras un aceite más pesado es más apropiado para temperaturas ambiente más altas

4.1.7 Plan de mantenimiento de la maquinaria. Un programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo poder mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo. Ahora bien, existe cierta confusión, respecto al alcance del mantenimiento preventivo. Algunos creen que este se reduce a unas inspecciones periódicas; sin embargo, este mantenimiento abarca no solo las actividades de eliminación de averías o de comportamiento anormal, si no la normalización, disminución de costos de operación e incremento de la vida útil de las máquinas y equipo. Un buen plan de mantenimiento preventivo provee una guía detallada de cada tipo de equipo, descomponiendo la máquina entera en sus diversos sistemas y componentes, es decir, que debe contar con una gama de manuales o catálogos para poderlo realizar. Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. En todo plan de mantenimiento, debe producirse un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día⁵

⁵ HERNÁNDEZ CRUZ, V. Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada En Funcionamiento De La Zona Vial No. 14, Dirección General De Caminos, Salamá, Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. (2010).p.44. [En línea] Disponible en internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0641_M.pdf [Recuperado 22 Nov. 2017].

4.1.8 Codificación de Equipos. Es el método que permite convertir un carácter de un lenguaje natural en un símbolo de otro sistema de representación. Los códigos de clasificación se unen para distinguir un grupo de datos que tienen características diferentes de otro. Se enlista en manuales y se distribuye para que el personal de trabajo pueda localizarlos o memorizarlos fácilmente. Para facilitar la localización de los equipos, las empresas utilizan un sistema de codificación de equipos. Cuando la cantidad de equipos es muy grande, o simplemente para identificar cada equipo individualmente sin el riesgo de caer en confusión, se hace casi imposible identificarlos por su respectivo nombre, color, marca, etc. Para facilitar la administración de los equipos se deben clasificar con base en un sistema racional que permita procedimientos de mantenimiento control de vida de las existencias. La codificación de equipos en una planta se puede hacer de dos formas: - Codificación no significativa - Codificación significativa.

4.1.9 Mantenimiento Programado. Es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan sobre un equipo o instalación siguiendo un programa establecido, según el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo. El mantenimiento programado sistemático es muy eficaz en equipos y máquinas que requieren de una disponibilidad media o alta, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan trastornos en el plan de producción de la empresa y por tanto no puede esperarse a que den síntomas de fallo.⁶

⁶ Mantenimiento Programado, Mantenimiento Petroquímico (sin fecha). [En línea]. [Citado el 17 de mayo de 2019] Disponible en internet: <http://mantenimientopetroquimica.com/mantenimientoprogramadopetroquimica.html>

4.1.10 Control de combustible. es la iniciativa tomada por cientos de empresas que buscan mejorar su rentabilidad., La industria ha venido invirtiendo en diversos métodos y/o tecnologías para llevar un control de combustible efectivo y evitar el fraude.⁷

De esta manera se utilizaron las siguientes ecuaciones para evidenciar el consumo de combustible:

$$\text{Consecuencia} = (I_p * F) + C_m + I \quad (1)$$

Dónde:

I_p : Impacto operacional

F : Flexibilidad

C_m : Costo mantenimiento

I : Impacto

$$\text{Criticidad total} = f * C_f \quad (2)$$

Dónde:

f : Frecuencia

C_f : Consecuencia de fallas

⁷ John A. Espinal A. ontrol de Combustible, Estilos de Conducción, Rastreo Satelital, Video Seguridad, Nov 26, 2017. [Citado el 17 de mayo de 2019]. [En línea]. Disponible en internet: <https://itksoluciones.com/sistema-de-control-de-combustible-mas-efectivo/>

La eficiencia del combustible se evidencia por medio de la ecuación 3.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{km}}{\text{G}} \quad (3)$$

Dónde:

Km: Kilómetros recorridos.

G: Galones.

4.1.11 Inspección. Es una acción que en algunas empresas no es considerada para llevarse a cabo, por lo que es una obligación del responsable del área de mantenimiento vigilar que por ningún motivo se deje de llevar a cabo las inspecciones en la forma programada. Independientemente de que el programa de mantenimiento preventivo este bien elaborado, aun así, se debe de ejecutar el programa de inspección a los equipos, maquinaria e instalaciones para descubrir situaciones que puedan originar fallas y una depreciación perjudicial a los equipos.

4.1.12 Sistema de Información. Es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad o un objetivo. Todos estos elementos interactúan para procesar los datos (incluidos los procesos manuales y automáticos) y dan lugar a información más elaborada, que se distribuye de la manera más adecuada posible en una determinada organización, en función de sus objetivos.

4.1.12.1 Excel. Es un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp. Se trata de un software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.

4.2 ESTADO DEL ARTE. Un plan de mantenimiento se puede realizar a diferentes empresas, a continuación, daremos algunos ejemplos de planes de mantenimientos realizados en Colombia.

Para una empresa de maquinaria pesada, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de carga pesada ubicada en barranquilla. A dichos vehículos se les realizaron una inspección la cual indico que el sistema de inyección electrónica se encontraba deteriorado. En dicho plan de mantenimiento se realizaron formatos en los cuales se evalúa el rendimiento de la maquinaria mes a mes, esto con el fin de tomar las medidas correctivas necesarias.⁸

Para el laboratorio de máquina y herramientas, de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, se diseñó un plan de mantenimiento en el año 2017. A los equipos y máquinas se les realizo un inventario, en donde se identificaron los equipos críticos. A dichos equipos y máquinas se les realizo una rutina de mantenimiento, con el fin de mejorar y preservar su estado funcional.⁹

⁸ Buelvas, Camilo; Martinez, Kevin. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. [en línea], 03 de marzo del 2019. [Citado el 10 de mayo de 2019] Disponible en internet: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1>

⁹ Lopez, Andres. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios de máquinas herramientas y de pruebas y ensayos para equipos de aire acondicionado de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. [en línea], 03 de marzo del 2019. Disponible en internet. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8942/T658.202%20L864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

4.2.1 Estado del arte. La evolución histórica del mantenimiento industrial a nivel automotriz ha pasado desde las fases de mejoramiento continuo para evitar el número de fallos a margen cero basadas en el conocimiento para la propia supervivencia de los componentes de vehículos; hasta el componente técnico y de gestión de conocimiento que supone un reto constante tanto a las organizaciones de mantenimiento como a las propias empresas¹⁰.

En el 2006 la Universidad Simón Bolívar, el departamento de Decanatura de Estudios Profesionales en la Coordinación de Ingeniería Mecánica, elaboró un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad. Las paradas de la planta no planificadas implican pérdidas de tiempo y dinero que pueden lograr convertirse en problemas de seria gravedad. Dependiendo el tipo de falla que ocurra de la velocidad con que pueda resolverse y la disponibilidad de recursos que se posean, la productividad y los ingresos de las empresas se verán comprometidos en alguna magnitud. Ante esta situación planteada, la empresa Mack de Venezuela consiste en este hecho, ofreció una pasantía en el departamento de mantenimiento de la misma con la finalidad principal de definir un plan de mantenimiento preventivo. El propósito de tener actividades de mantenimiento preventivo programado para un grupo de equipos que conjuntamente participen en un proceso es mantener el sistema operando con la menor cantidad posible de paradas inesperadas y extendiendo al máximo la vida útil de los equipos. ¹¹

¹⁰ CÁRCEL CARRASCO, Francisco (2015). Industrial Maintenance Engineering and Knowledge Management. Improvement in Business Efficiency En: Elementos [en línea] Edición.5 Disponible en internet: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67268/C%C3%A1rcel%20Carrasco%2c%20Javier_Industrial%20maintenance%20engineering%20and%20knowledge%20management.%20Improvement%20in%20business%20efficiency.pdf?sequence=2&isAllowed=y [Recuperado de 06 de septiembre de 2017]

¹¹ BENEDETTI SILBERMAN, I. (2006): Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado. Sartenejas. Informe de pasantía larga como requisito para optar por el título de (Ingeniero mecánico). P.9. Disponible en internet: <http://159.90.80.55/tesis/000133388.pdf> [Recuperado el 06 de septiembre de 2017].

En el 2007 en la Universidad Tecnológica de Pereira, en la facultad de Ingeniería Mecánica plantearon un Diseño de un Sistema de Mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre. En el automotor y en la gama de equipos móviles en general, ya sea de transporte de personas, maquinaria pesada, etc., es común encontrar que se ha relegado el mantenimiento a la corrección de fallas y varadas en el instante que aparecen. De igual forma, la literatura correspondiente a la aplicación de las filosofías de mantenimiento a flotas vehiculares y de equipos móviles es escasa y no agrupa los conceptos teóricos y prácticos que deben ser tenidos en cuenta.¹²

En segundo lugar, en el 2010 fue presentado un proyecto por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería y rana de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial no. 14, dirección general de caminos, Salamá esta primera propuesta fue. En la maquinaria pesada, es de suma importancia conocer el funcionamiento y operación, así como aumentar su rendimiento, reducir los costos de servicios de mantenimiento, para alargar la vida de servicio basándose en el estudio y sugerencias, las cuales servirán para mejorar las normas de mantenimiento y cumplir con los objetivos, para los cuales fue diseñada dicha maquinaria. Un buen plan de mantenimiento preventivo podrá llegar a ser exitoso, siempre y cuando las personas que estén involucradas en él, tanto operarios como encargados del mantenimiento de las mismas, persigan el fin del cumplimiento de las recomendaciones dadas, tanto por el fabricante como el de personas con experiencia.¹³

¹² MARTÍNEZ, S., y Eduardo, C. (2007). Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira) [En línea]. Disponible en internet: https://prezi.com/lwbqouo4_7ob/disenio-de-un-sistema-de-mantenimiento-para-equipos-moviles [Recuperado el 06 de septiembre de 2017].

¹³ HERNÁNDEZ CRUZ, V: 2010 Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial no. 14, dirección general de caminos, Salamá, baja Verapaz. Guatemala.

En tercer lugar, en el 2012 fue presentado un proyecto de un plan de mantenimiento preventivo por la facultad de ingeniería, de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca en la carrera de ingeniería mecánica automotriz, tesis previa a la obtención del título de ingeniero mecánico automotriz con el tema: Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del gobierno autónomo de la ciudad de Azogues presentada por Apolo Christian O., Matovelle Carlos B. esta primera propuesta fue en plantear que cualquier maquina o equipo sufre a lo largo de su vida útil sufre una serie de degradaciones debido a la frecuencia del uso, largos periodos de tiempo de utilización, desgaste de sus móviles, deficiente manipulación, operación, etc.; si no se evita estas degradaciones una vez aparecidas, dichos bienes no alcanzaran plenamente el objetivo para el que se crearon, como consecuencias, su rendimiento disminuye y su vida útil se reduce, esto conduce a que cualquier instalación necesitaría alguien que la maneje, pero también alguien para poder repararla.

Con el aumento del tamaño de las empresas y viendo la importancia que supone el mantenimiento de los equipos, los talleres se integran dentro de las organizaciones y se empieza a diferenciar entre lo personal de producción y personal del mantenimiento.¹⁴

Otra propuesta, en el 2012 la Universidad San Francisco de Quito, colegio politécnico se realizó una tesis de grado para la obtención del título de ingeniero

Trabajo de graduación al conferirse el título de (Ingeniero mecánico).p.36. Disponible en internet: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0641_M.pdf [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]

¹⁴ APOLO ORDÓNEZ, C. W., & Matovelle Bustos, C. M. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del Gobierno Autónomo de la ciudad de Azogues (Bachelor's thesis).p.19. Disponible en internet: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1936/12/UPS-CT002335.pdf> [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]

mecánico por medio de un diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la policía nacional del Ecuador asignados a la provincia de Pichincha. Para conseguir el objetivo antes mencionado, se propone un camino a seguir, el cual de manera organizada y metodológica al final muestra todo lo necesario para plasmar la idea en un diseño ejecutable. Por tanto, a continuación, se presenta un pequeño resumen de todos y cada uno de los capítulos que tiene el proyecto. En primer lugar, en el capítulo uno se realiza una introducción en la que se menciona, un poco de la historia del servicio de mantenimiento de la Policía Nacional, además se propone conceptos bases para un proyecto como la misión, visión y objetivos que se propone alcanzar.¹⁵

En cuarto lugar, en el 2014 la Universidad Autónoma del Caribe de Barranquilla, facultad de ingenierías en el área de: línea de gestión de mantenimiento, programa de ingeniería mecánica, en el tema de Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Amarilla De La Empresa L&L. El presente proyecto es una propuesta sobre un plan de mantenimiento preventivo, aplicable a la maquinaria pesada de la empresa L & L, el cual es planteado como un método estratégico, lo que optimizar la flota de estos vehículos, implicados en servicios de construcción y similares. Después de la revolución industrial con el auge de las máquinas, el mantenimiento siempre ha cumplido un papel relevante para conservar y prolongar la vida útil de los mecanismos. Al transcurrir de los años se han implementado diversas formas de mantenimiento, hoy en día, podemos destacar el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, entre otros, aplicado a sectores como el vehicular. Este tipo de mantenimiento puede resultar más costoso a corto plazo, sin embargo, probablemente resulten menos

¹⁵ ANDRADE MIRANDA, G y VELOZ MORETA, A (2012) [En línea]. Diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la policía nacional del Ecuador provincia Pichincha. Quito. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de (Ingeniero mecánico). P.19. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1963/1/105479.pdf> [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]

costosos a lo largo de la vida útil del elemento. Este proyecto surge de la iniciativa académica de estudiantes de Ingeniería mecánica, ya que es un aspecto que aplica al área de trabajo y establece la implementación de mecanismos y actividades de carácter estratégico, para optimizar el funcionamiento de vehículos tracto camiones que son de vital importancia por su amplia capacidad en cuanto a transporte respecta. Es de vital importancia y como objetivo principal reconocer que el mantenimiento preventivo de este tipo de vehículos permite detectar posibles falencias antes de que ocurran o aumente su grado de dificultad al momento de ser reparados ciertos componentes de los mismos, reducir la periodicidad de mantenimientos de carácter correctivo, aumentar la vida útil de los vehículos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles a reparar a través de inspecciones de los diferentes sistemas de los equipos como son: Sistema de Frenos, Sistema de Suspensión, Sistema Eléctrico, 12 Rodaje, Motor, Sistema de Suministro de Combustible, Sistema de Enfriamiento.¹⁶

La propuesta presentada como tesis de grado en el año 2014 de un Análisis E Implementación Del Programa De Mantenimiento Preventivo En El Parque Automotor De La Corporación Nacional De Electrificación (CNEL) Regional Santa Elena¹⁷ presentado por Rodríguez Laínez Vicente Armando. Se plantea en esta tesis la implementación del programa de mantenimiento preventivo y correctivo y mejoras en el área de mantenimiento vehicular y se encontró que el principal problema es el "Mantenimiento inadecuado en el área del taller automotriz, la solución que da el autor intenta aumentar la eficiencia en el parque automotriz de CNEL Regional Santa Elena, así alargar la vida útil de los vehículos con una planificación se debe gestionar e implementar la planificación de mantenimiento

¹⁶ BUELVAS DÍAZ, C. E. (2014). [En línea]. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. P.13. Disponible en: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1>. [Recuperado el 3 de septiembre de 2017].

¹⁷ RODRÍGUEZ LAINEZ, V.A. (2014). Análisis e implementación del programa de mantenimiento preventivo en el parque automotor de la corporación nacional de electrificación (CNEL) regional Santa Elena. Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4132#sthash.lpD4ELXd.dpuf>, [Citado el 22 noviembre de 2017]

Preventivo y correctivo para mejorar la operación en el área del taller de vehículos, que de acuerdo al estudio se los recuperará en un periodo de 5 años.

En quinto lugar, en el 2016 en la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ingeniería, escuela de Ingenierías Mecánicas, con el tema: **Plan De Mantenimiento Preventivo Para Vehículo De Carga Pesada Con Motor Detroit Diésel Serie 60 De Transportes Castillo**. El presente proyecto de mantenimiento a nivel industrial y automotriz es muy importante hoy en día para el correcto funcionamiento de las diferentes unidades operativas de una empresa, es una labor que muchas entidades pueden considerar como un gasto innecesario, pero la realidad es que una actividad de mantenimiento preventivo es una inversión a mediano y largo plazo. Este trabajo incentivo fomentar el ideal anterior en la administración y control de las diferentes tareas de mantenimiento preventivo que propone, para reducir labores correctivas por fallas inesperadas que son las causantes de elevar de manera desmesurada costos de operación de la unidad de transporte de carga. Todo lo tratado en el presente trabajo será para brindar herramientas así alcanzar confiabilidad en el equipo, mejorar la disponibilidad y optar por una manera organizada y planificada de trabajo.¹⁸

4.2.2 Estado de la técnica. En la Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Gobernación de Casanare (2011)¹⁹

¹⁸ ORELLANA GRAVE, H. A. (2016). *Plan de mantenimiento mecánico preventivo para vehículo de carga pesada con motor Detroit Diésel serie 60 de Transportes Castillo* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). P.33. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5680/1/Hugo%20Alfredo%20Orellana%20Grave.pdf> [Recuperado el 6 de septiembre de 2017].

¹⁹ SANABRIA CANCELADO, H. R y HERNÁNDEZ JIMÉNEZ, H. D. (2011): Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la gobernación de Casanare. Casanare. Trabajo de grado para optar por el título de (Ingenieros mecánicos) Disponible en: <https://docplayer.es/11627769->

presentado por Sanabria C, Jiménez, H y David, H, ellos presentaron este plan con el fin de hacer un diagnóstico de la maquinaria amarilla de la gobernación de Casanare, así como estructurar la documentación existente, generar y proponer un nuevo plan de mantenimiento teniendo en cuenta todas las actividades realizadas para saber valores de gestión. Se concluyó que primero que es indispensable realizar un diagnóstico de toda la maquinaria y un estudio de perdidas los días que la maquinaria se encuentra detenida, con la elaboración del plan se tiene más disponibilidad de la maquinaria debido a que se pueden prevenir fallos en las mismas, así como el manejo de documentación es indispensable en la creación del plan de mantenimiento.

La propuesta presentada como tesis de grado en el año 2016 de un **Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Los Vehículos De La Cooperativa De Taxis**²⁰ presentado por Iván Garcés Chimbo, Carlos Felipe Inca García, Jhonnatan Germán. Este trabajo muestra lo importante de la determinación de las partes a inspeccionar y el tiempo se debe llevar a cabo el mismo en lo que se refiere a mantenimiento preventivo. Por lo cual se hace necesario que la Cooperativa de Taxis implemente el plan de mantenimiento preventivo considerando la importancia que se elabore prácticas operativas con la finalidad de que el personal de ejecución se adiestre en los procedimientos para realizar las actividades de mantenimiento.

En el 2015, Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ingeniería, Ciencias Físicas Y Matemática Carrera De Ingeniería Informática **Sistema Para Uso Y**

Elaboracion-de-un-plan-de-mantenimiento-preventivo-para-la-maquinaria-pesada-de-la-gobernacion-de-casanare.html [Citado el 22 de noviembre de 2017]

²⁰ GARCÉS CHIMBO, I e INCA GARCÍA, C. F (2016): Plan de mantenimiento preventivo para los vehículos de la cooperativa de taxis. Riobamba,, Disponible en: <<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2868>>, [Citado el 23 de noviembre de 2017]

Control De La Flota Vehicular De La Universidad Central Del Ecuador trabajo de graduación previo la obtención del título de ingeniero informático autor: vilca Lincango Vladimir Arsecio tutor: Ing. Carrillo Flores y René Alfonso, en Quito-Ecuador. El sistema muestra de manera atractiva, rápida y transparente, información al usuario, brinda acceso a reportes importantes, ofrece servicios como consultas, ingresos, modificaciones y eliminaciones de información. En los primeros capítulos de este documento se hace una presentación del problema a investigar y resolver, el estado actual del control de la información Dirección General Administrativa de la Universidad Central del Ecuador, la base legal y teórica en la que se apoya el proyecto, también se plantean los objetivos generales y específicos del proyecto, la justificación del trabajo realizado y el alcance del sistema para el desarrollo del presente proyecto.²¹

²¹ LINCANGO, V., & ARSECIO, W. (2015). *Sistema para uso y control de la flota vehicular de la Universidad Central del Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5170/1/T-UCE-0011-213.pdf> [Recuperado el 3de septiembre de 2017].

5.METODOLOGÍA

La metodología expuesta a continuación explica el modelo de un plan de mantenimiento desarrollado para la Alcaldía de Motavita, Boyacá. Las fases de desarrollo de dicho plan son las siguientes.

5.1 RECONOCIMIENTO DE LA MAQUINARIA. En esta etapa se realizó un inventario (Figura 2) de las máquinas con las que cuenta la administración del municipio de Motavita; donde se clasificaron según su tipo en Automóviles, De Carga, Transporte, Maquinaria y Desplazamiento, utilizando además la Marca de cada uno.

Figura 2. Inventario de equipos y maquinaria.

	ALCALDIA DE MOTAVITA INVENTARIO		Version
			1
			Pagina
			Pag 1 de 1
Cantidad	Tipo de vehiculo	Clase de vehiculo	Marca
2	Automoviles	Montero	Mitsubishi
		Symbol	Renault
2	Carga	Volqueta	Ford
		Volqueta	International
2	Transporte	Bus	Chevrolet
		Buseton	Hino
3	Maquinaria	Motoniveladora	John Deere
		Retroexcavadora	John Deere
		Vibro compactador	Caterpillar
1	Desplazamiento	Tractor	Massey Ferguson

Fuente: Autor

Figura 3.Tipo Mantenimiento

TIPO DE VEHICULO	TIPO DE MANTENIMIENTO
BUSETA CHEVROLET	CORRECTIVO
BUS HINO	CORRECTIVO
MONTERO MITSUBISHI	CORRECTIVO
MOTOVINELADORA	CORRECTIVO
RENAULT SYMBOL	CORRECTIVO
RETROEXCAVADORA	PREVENTIVO
VIBRO	PREVENTIVO
VOLQUETA FORD	NO FUNCIONA
VOLEQUITA INTERNATIONAL	CORRECTIVO

Fuente: Autor

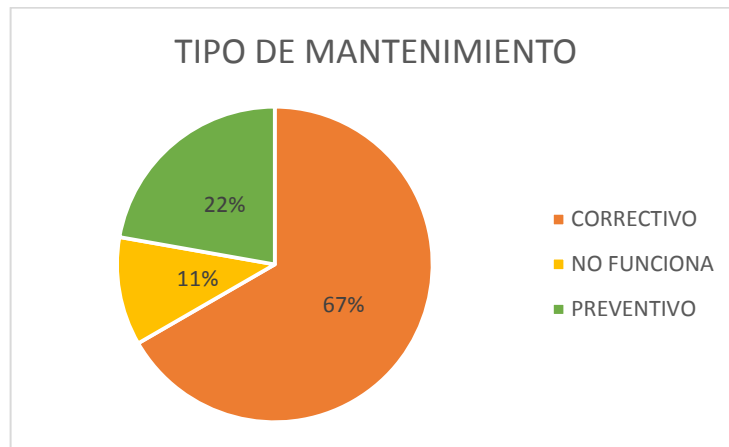
Figura 4. Numero Vehículos

TIPO DE MANTENIMIENTO	TIPO DE VEHICULO
CORRECTIVO	6
NO FUNCIONA	1
PREVENTIVO	2

Fuente: Autor

El análisis que se realizó a los datos obtenidos mostro como se puede observar en la Figura 5 que al iniciar esta investigación había un total de 8 máquinas, donde un 67% de ellas poseen un mantenimiento de tipo correctivo, un 32% de ellas tienen un mantenimiento preventivo y un 11% no Funciona.

Figura 5. Análisis inicial



Fuente: Autor

5.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS. Los equipos de la alcaldía de Motavita se codificaron de acuerdo al tipo de automóvil o máquina, el grupo, la cantidad que existe en cada grupo y la función que cumple dentro de la alcaldía como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Codificación de Equipos

		ALCALDIA DE MOTAVITA CODIFICACION		Version
				1
				Pagina
				Pag 1 de 1
Tipo de vehiculo	Grupo	Cantidad	Funcion	Codigo
Buseta	1	01	Transporte de personas	BU 1 01 T
Buseton	1	02	Transporte de personas	BU 1 02 T
Montero	2	01	Transporte de personas	MO 2 01 T
Motoniveladora	3	01	Nivelar terrenos	MT 3 01 N
Renault symbol	4	01	Transporte de personas	RE 4 01 T
Retroexcavadora	5	01	Excavación	RT 5 01 E
Vibro compactador	6	01	Compactar terrenos	VC 6 01 C
Volqueta ford	7	01	Transporte de material	VQ 7 01 M
Volqueta international	7	02	Transporte de material	VQ 7 02 M
Tractor	8	01	Desplazar remolques agricolas	TR 8 01 D

Fuente: Autor

5.3 DIAGNÓSTICO

A la maquinaria se le realizó un diagnóstico, con el fin de determinar su estado general, para este momento se contaba con un total de 10 máquinas. Se hizo una descripción de cada vehículo como se muestra en los anexos del 1-10; a cada máquina se le efectuó un diagnóstico individual, se evaluaron ítems como la documentación, cabinas, luces, volcó, llantas y estado mecánico de la máquina, cada uno de estos formatos se encuentra en los anexos del 11 al 20 de forma detallada, en la figura 7, se muestra de una forma abreviada el estado de cada máquina según su diagnóstico, ya sea bueno, malo o regular.

Luego de realizar ese análisis diagnóstico, se procedió a desarrollar un análisis de criticidad teniendo en cuenta la frecuencia de fallas de cada máquina, además de costos de mantenimiento, Flexibilidad Operacional, Impacto Operacional, Impacto en Seguridad, Ambiente e higiene (SAH); cada una de las máquinas posee un

análisis individual de criticidad como se puede observar en el menú de Excel, en el anexo 21 hay un ejemplo de análisis de criticidad de la buseta. En la Figura 7, se puede observar de forma abreviada la criticidad en que se encuentra cada máquina y que se clasifica en Crítico, No Crítico y de Mediana Criticidad.

Figura 7 Diagnóstico y Análisis de Criticidad

TIPO DE VEHICULO	CODIGO DE EQUIPO	DESCRIPCION	RESULTADO DIAGNOSTICO			ANALISIS DE CRITICIDAD		
			BUENO	REGULAR	MALO	NO CRITICO	MEDIANA CRITICIDAD	CRITICO
BUSETA CHEVROLET	BU 1 01 T	la Buseton Chevrolet NPR 729, Modelo 2011, de Color Blanco con franjas Verdes y Rojas, el cual es utilizado por la administración para el transporte de estudiantes a las diferentes Instituciones Educativas del Municipio		X				X
BUS HINO	BU 1 02 T	el Buseton Hino FC9J, Modelo 2017, de Color Blanco y verde, el cual cumple la función de transportar estudiantes a los diferentes centros educativos del municipio	X			X		
MONTERO MITSUBISHI	MO 2 01 T	El Montero Mitsubishi Hard Top, Modelo 1992, de Color Gris, el cual es utilizado por la administración municipal para el transporte de personal en las inspecciones realizadas a las diferentes obras que se realizan.		X		X		
MOTONIVELADORA	MT 3 01 N	Motoniveladora John Deere 670G, Modelo 2013, de Color Amarillo, la cual es utilizada para el mantenimiento y arreglo de las vías de el municipio.	X			X		
RENAULT SYMBOL	RE 4 01 T	Renault Symbol, Modelo 2002, de Color Verde, el cual es utilizado para el transporte de personal de la administración en las diferentes obras que se realizan			X		X	
RETROEXCAVADORA	RT 5 01 E	la Retroexcavadora John Deere 410J, Modelo 2011, de Color amarillo, la cual es utilizada por la administración para el mantenimiento y arreglo de vías, además de la apertura de nuevos pozos de agua.	X			X		
VIBRO	VC 6 01 C	el Vibro Compactador Caterpillar CS44B, Modelo 2017, de color Amarillo, el cual es utilizado por la administración para el mantenimiento y arreglo de las vías del municipio	X					
VOLQUETA FORD	VQ 7 01 M	la Volqueta Ford F-7000, Modelo 1995, de Color Rojo, la cual cumple la función de transportar basuras, escombros, revo y material en general dentro del municipio			X	X		
VOLQUETA INTERNATIONAL	VQ 7 02 M	la Volqueta International VQ 4300, Modelo 2011, de Color Amarillo, la cual cumple la función de transportar tierra, revo y material en general para el mantenimiento de vías y viviendas del Municipio.	X			X		
TRACTOR	TR 8 01 D	el Tractor Massey Ferguson MF291, Modelo 2006, de Color Rojo, el cual es utilizado para labores agrícolas y de transporte en el municipio.	X					

Fuente: Autor

5.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realizaron dos análisis de criticidad por separado para cada una de las máquinas, esto con el fin de analizar a profundidad el estado de cada una de ellas, los dos análisis parten de la base de la frecuencia de fallas. El primero de ellos como se muestra en el anexo 21, toma y analiza conceptos como los costos de mantenimiento, Flexibilidad Operacional, Impacto Operacional, Impacto en Seguridad, Ambiente e higiene (SAH). El segundo analiza otros conceptos como lo son el estado eléctrico, Mecánico y lubricantes, de esto se puede observar un ejemplo en el anexo 22. En la Figura 8 se muestra de forma abreviada el análisis de criticidad de cada una de las máquinas, en donde además se clasifica su estado según sea Crítico, No crítico y de mediana Criticidad.

Figura 8 Criticidad

TIPO DE VEHICULO	CODIGO	F.F	C.M	LO	F.O	SAH	CRITICIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIONES
BUSETA CHEVROLET	BU 1 01 T	4	2	1	1	3	CRITICO	CORRECTIVO	La Busetta Chevrolet NPR 729, se encuentra en buen estado general para prestar servicios a la administracion municipal, se recomienda cambiar el Turbo, complementar Kit de carreteras, aplicar e implementar cinturones de seguridad en todos asientos y realizar control de fugas aire-agua.
BUS HINO	BU 1 02 T	2	2	1	1	1	NO CRITICO	PREVENTIVO	El Buseton Hino FC9J, se encuentra en excelentes condiciones para los servicios que presta en la administracion municipal, se recomienda complementar Kit de Carreteras, aplicar e implementar cinturones de seguridad en todos los asientos.
MONTERO MITSUBISHI	MO 2 01 T	1	1	1	1	1	NO CRITICO	CORRECTIVO	El vehiculo Montero Mitsubishi, se encuentra en buen estado general y es apto para presentar servicio a la administracion del Municipio, se recomienda completar kit de carreteras, realizar cambio de los relojes indicadores e implementar el uso de Botiquin.
MOTOVINELADORA	MT 3 01 N	1	2	1	1	1	NO CRITICO	PREVENTIVO	La motoniveladora John Deere 670G, se encuentra en condiciones optimas para prestar servicios a la administracion municipal, se recomienda cambio de cuchillas y mecanismo del mismo para mejorar su funcionamiento
RENAULT SYMBOL	RE 4 01 T	3	2	1	1	1	MEDIANAMENTE CRITICO	CORRECTIVO	El vehiculo Renault Symbol, se encuentra en condiciones aceptables para realizar trabajos de servicio en la administracion municipal, pero se sugiere realizar mantenimiento al sistema mecanico lo que incluye suspensiones, caja de cambios y tubos de escape, ademas de complementar kit de carreteras, aplicar e implementar el uso de cinturones de seguridad en todos los asientos y hacer cambio de relojes indicadores.
RETROEXCAVADORA	RT 5 01 E	1	1	1	1	1	NO CRITICO	PREVENTIVO	La retroexcavadora John Deere 410J, se encuentra en condiciones para prestar servicios a la administracion Municipal, se recomienda reemplazo de el Balde, ademas de realizar mantenimiento al brazo de levante. Ademas se recomienda complementar kit de carreteras.
VIBRO	VC 6 01 C							PREVENTIVO	El vibro compactador caterpillar CS44B, se encuentra en buenas condiciones para realizar los trabajos que requiera la administracion municipal. Se recomienda completar kit de carreteras
VOLQUETA FORD	VQ 7 01 M	2	1	1	1	1	NO CRITICO	NO FUNCIONA	La Volqueta Ford F-7000, no se encuentra apta para prestar servicios a la administracion Municipal, se recomienda prescindir de los mismos por seguridad del personal.
VOLQUETA INTERNATIONAL	VQ 7 02 M	2	2	1	1	3	NO CRITICO	PREVENTIVO	La Volqueta International, se encuentra en perfecto estado para prestar servicio a la administracion Municipal
TRACTOR	TR 8 01 D							PREVENTIVO	El tractor Massey Ferguson MF291, se encuentra en excelentes condiciones para realizar los trabajos que requiera la administracion municipal. Se recomienda complementar kit de carreteras.
							F.F		frecuente de falla
							C.M		costo mantenimiento
							LO		impacto operacional
							F.O		frecuencia operacional
							SAH		seguridad ambiente higiene

Fuente: Autor

Después de observar los dos análisis de criticidad, se identificó que hay una completa concordancia en la criticidad según el resultado de cada máquina.

5.5 GESTIÓN DE REPUESTOS

En seguida se realizó un análisis a los costos de mantenimiento de cada máquina según material que fue proporcionado por la administración municipal como se muestra en la Figura 9.

Figura 9 Gestión Repuestos

COSTO MANTENIMIENTO BUSETON		COSTO MANTENIMIENTO RENAULT		COSTO MANTENIMIENTO MONTERO	
23 de marzo, 2018	1.224.943	02 de abril, 2018	6.378.080	02 de abril, 2018	1.166.711
04 de abril, 2018	2.173.654				
12 de abril, 2018	428.400				
23 de abril, 2018	5.003.039				
26 de mayo, 2018	569.629				
TOTAL:	9.399.665	TOTAL:	6.378.080	TOTAL:	1.166.711
COSTO MANTENIMIENTO VOLQUETA INTERNATIONAL		COSTO MANTENIMIENTO BUSETA		COSTO MANTENIMIENTO MOTONIVELADORA	
16 de abril, 2018	3.363.652	18 de abril, 2018	216.580	17 de mayo, 2018	3.201.758
25 de mayo, 2018	1.870.321	24 de abril, 2018	3.483.665		
		03 de mayo, 2018	1.816.733		
		22 de mayo, 2018	15.015.145		
TOTAL:	5.233.973	TOTAL:	20.532.123	TOTAL:	3.201.758
COSTO MANTENIMIENTO RETROEXCAVADORA		COSTO MANTENIMIENTO VOLQUETA FORD			
08 de mayo, 2018	2.580.131	27 de abril, 2018	2.341.763		
TOTAL:	2.580.131	TOTAL:	2.341.763		

Fuente: Autor

Luego, como se muestra en la Figura 10 se hace una ponderación del total de costos de los repuestos de las máquinas.

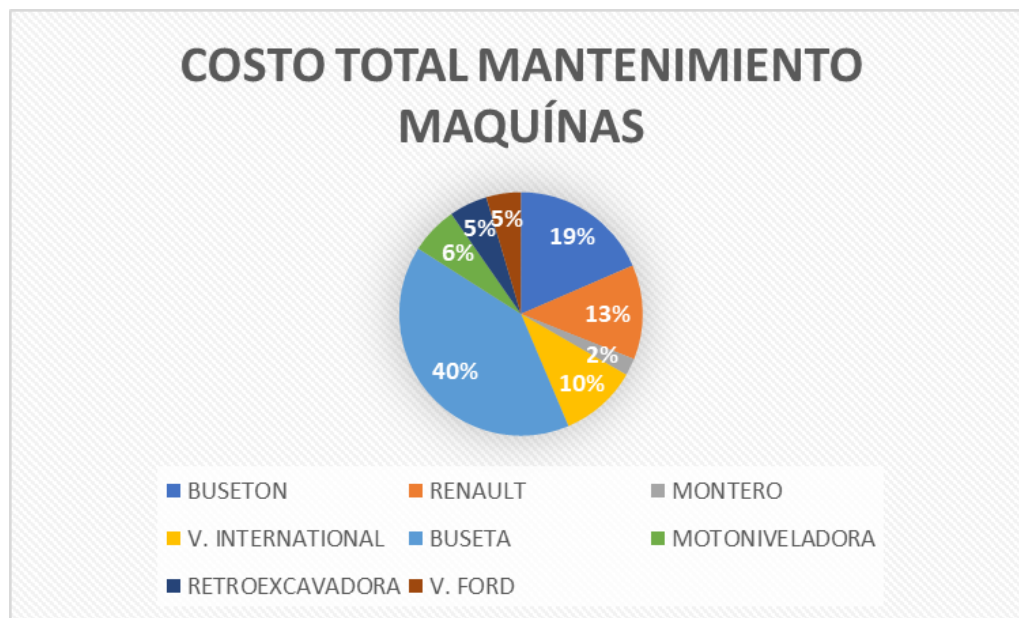
Figura 10. Costo Total Repuestos

COSTO TOTAL MAQUINAS	
BUSETON	9.399.665
RENAULT	6.378.080
MONTERO	1.166.711
V. INTERNATIONAL	5.233.973
BUSETA	20.532.123
MOTONIVELADORA	3.201.758
RETROEXCAVADORA	2.580.131
V. FORD	2.341.763
TOTAL:	50.834.204

Fuente: Autor

Al realizar un análisis de estos valores, como se muestra en la Figura 11, es la buseta con un 40% la máquina que más costos en repuestos presenta y que el Montero con un 2% es la máquina que menos costos en cuanto repuestos presenta.

Figura 11 Grafica Costos



Fuente: Autor

Después, se realizó un análisis individual de costos de cada máquina, dividiendo estos repuestos en Mecánico, Eléctrico y Lubricantes.

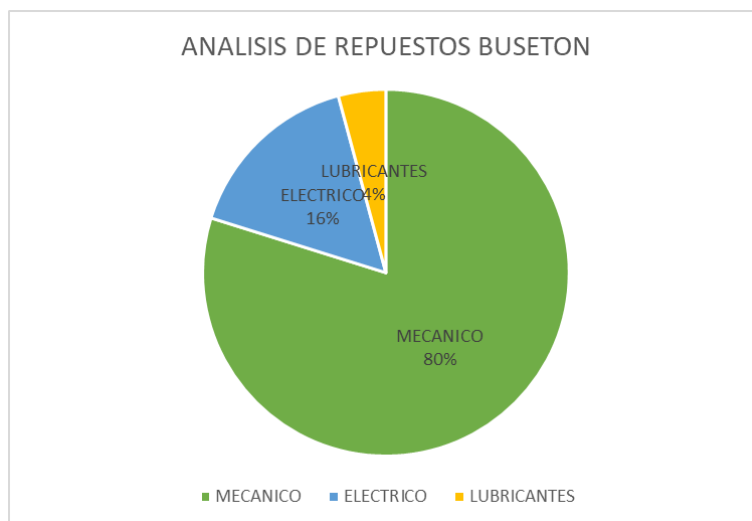
5.5.1 Análisis Costo De Repuestos Busetón. Este análisis se basó en los datos aportados por la administración municipal, en la Figura 12 se muestra el resultado de los costos divididos en Mecánico, Eléctrico y Lubricantes. En el anexo 23 y 24, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo precio.

Figura 12 Análisis Costo De Repuestos Busetón.

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS BUSETON	
MECANICO	6.174.710
ELECTRICO	1.236.000
LUBRICANTES	324.370

Fuente: Autor

Figura 13 Gráfica Análisis Busetón



Fuente: Autor

Según el análisis realizado a la Figura 13, se puede observar que un 80% de los costos de mantenimiento del busetón corresponden al criterio del estado mecánico.

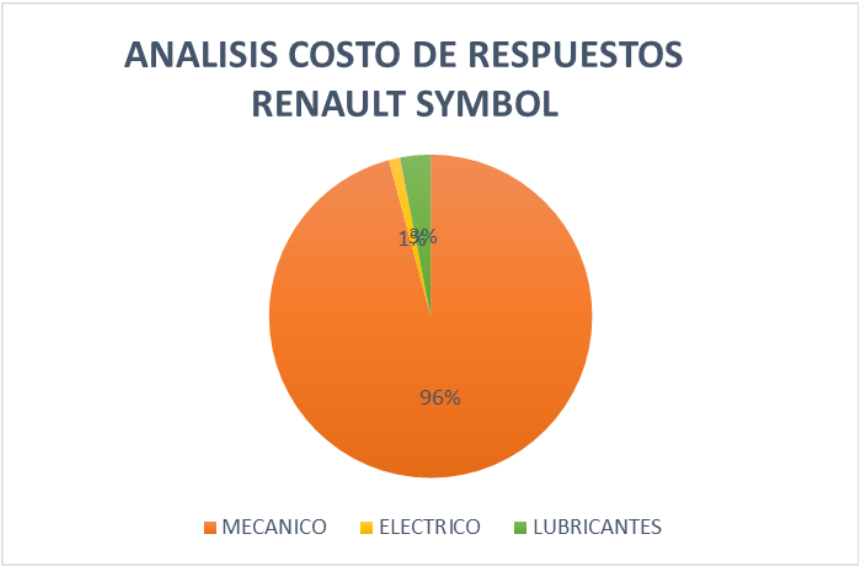
5.5.2 Análisis Costo De Repuestos Renault Symbol. El análisis que se realizó se basó en los datos aportados por la administración municipal, en la Figura 14 se muestra el resultado de los costos divididos en Mecánico, Eléctrico y Lubricantes. En el anexo 25, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo precio.

Figura 14 Análisis Costo De Repuestos Renault Symbol

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS RENAULT	
MECANICO	5.008.750
ELECTRICO	58.000
LUBRICANTES	159.200

Fuente: Autor

Figura 15 Gráfica Análisis Renault



Fuente: Autor

Según el análisis realizado a la gráfica Análisis Costo de Repuestos Renault Symbol como se puede observar en la Figura 15, el 96 % de los costos de mantenimiento del Renault corresponden al criterio del estado Mecánico, en menor proporción con un 1% el estado Eléctrico y con un 3% los Lubricantes.

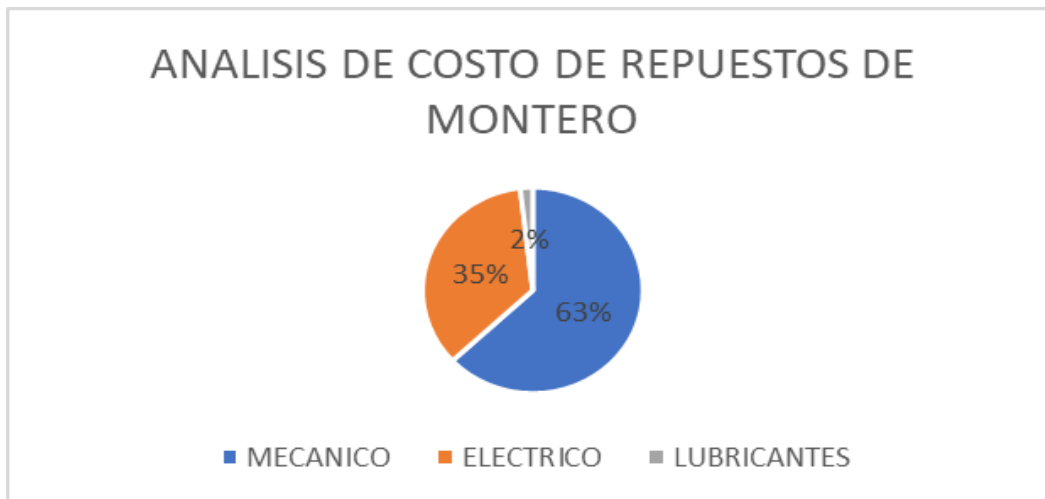
5.5.3 Análisis Costo De Repuestos Montero Mitsubishi. Este análisis se basó en los datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 16 se puede observar el valor de los costos divididos en Mecánico, Eléctrico y Lubricantes. En el anexo 25, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo precio.

Figura 16 Análisis Costos De Repuestos Montero

ANALISIS DE COSTO DE REPUESTOS DE MONTERO	
MECANICO	617.950
ELECTRICO	344.480
LUBRICANTES	18.000

Fuente: Autor

Figura 17 Gráfica Análisis Montero



Fuente: Autor

El análisis realizado a la Gráfica Análisis de Costos Montero que se expone en la Figura 17, muestra que los repuestos del estado Mecánico son los que generan más costo económico con un 63%, seguido del estado Eléctrico con un 35% y con un 2% en los Lubricantes, siendo estos los que menos costos generan.

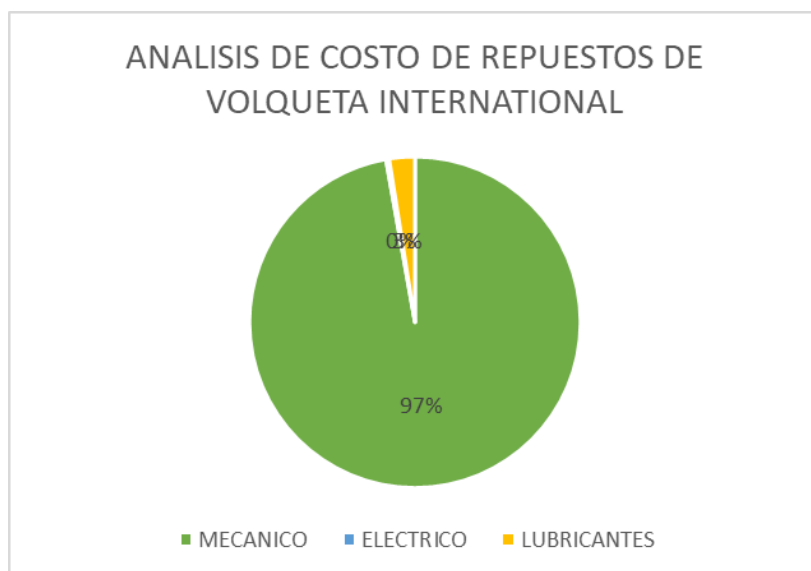
5.5.4 Análisis Costo De Repuestos Volqueta International. El análisis realizado a los costos de repuestos de la Volqueta International se basó en datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 18, se observa el costo de cada uno de los sistemas Mecánico, Eléctrico y de Lubricantes. En el anexo 27, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo precio.

Figura 18 Análisis Costo De Repuestos Volqueta International

ANALISIS DE COSTO DE REPUESTOS DE VOLQUETA INTERNATIONAL	
MECANICO	4.645.120
ELECTRICO	15.000
LUBRICANTES	119.400

Fuente: Autor

Figura 19 Gráfica Análisis Volqueta International



Fuente: Autor

Según el análisis realizado a la gráfica Análisis Costo de Repuestos de la Volqueta International como se puede observar en la Figura 15, el 97 % de los costos de

mantenimiento de esta, corresponden al criterio del estado Mecánico, en menor proporción con un 3% los Lubricantes.

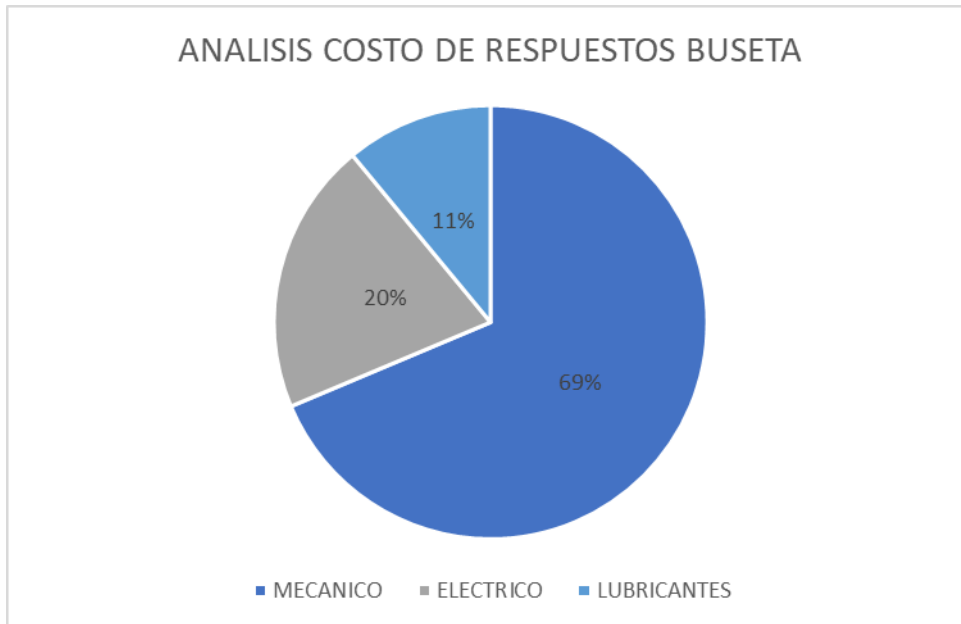
5.5.5 Análisis Costo De Repuestos Buseta Chevrolet. Este análisis se basó en los datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 20 se puede observar el valor de los costos divididos en sistema Mecánico, Eléctrico y Lubricantes. En el anexo 28, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo valor económico.

Figura 20 Análisis Costo De Repuestos Buseta Chevrolet

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS BUSETA	
MECANICO	17.457.142
ELECTRICO	940.000
LUBRICANTES	508.810

Fuente: Autor

Figura 21 Gráfica Análisis Buseta Chevrolet



Fuente: Autor

El análisis realizado a la Gráfica Análisis de Costos Montero que se expone en la Figura 21, muestra que los repuestos del estado Mecánico son los que generan más costo económico con un 69%, seguido del estado Eléctrico con un 20% y con un 11% los Lubricantes, siendo estos los que menos costos generan.

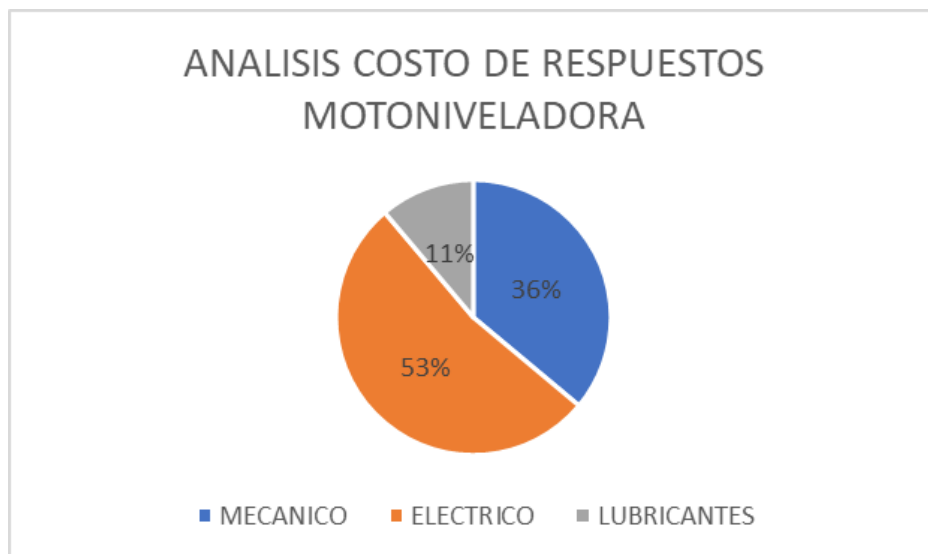
5.5.6 Análisis Costo De Repuestos Motoniveladora. El análisis realizado a los costos de repuestos de la Motoniveladora se basó en datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 22, se observa el costo de cada uno de los sistemas Mecánico, Eléctrico y de Lubricantes. En el anexo 29, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo valor económico.

Figura 22 Análisis Costo De Repuestos Motoniveladora

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS MOTONIVELADORA	
MECANICO	963.658
ELECTRICO	1.410.000
LUBRICANTES	298.500

Fuente: Autor

Figura 23 Gráfica Análisis Motoniveladora



Fuente: Autor

El análisis realizado a la Grafica Análisis de Costos de la Motoniveladora que se expone en la Figura 23, muestra que los repuestos del estado Eléctrico es el que genera más costo económico con un 53%, seguido del estado Mecánico con un 36% y con un 11% los Lubricantes, siendo estos los que menos costos generan.

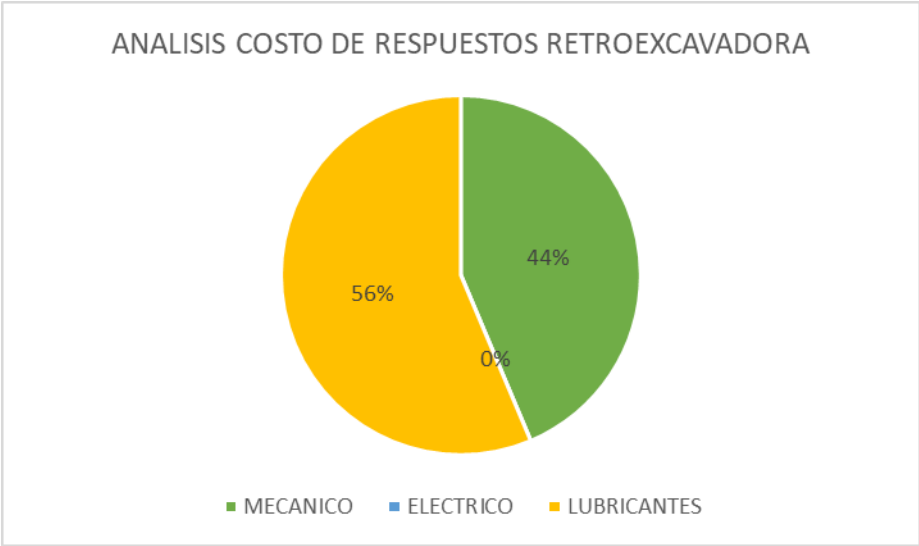
5.5.7 Análisis Costo De Repuestos Retroexcavadora. Este análisis se basó en los datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 24 se puede observar el valor de los costos divididos en sistema Mecánico, Eléctrico y Lubricantes. En el anexo 30, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo valor económico.

Figura 24 Análisis Costo De Repuestos Retroexcavadora

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS RETROEXCAVADORA	
MECANICO	993.720
ELECTRICO	-
LUBRICANTES	1.282.785

Fuente: Autor

Figura 25 Gráfica Análisis Retroexcavadora



Fuente: Autor

Según el análisis realizado a la Gráfica Análisis Costo de Repuestos de la Retroexcavadora como se puede observar en la Figura 25, el 44 % de los costos de mantenimiento de esta corresponden al criterio del estado Mecánico y en mayor proporción con un 54% los Lubricantes.

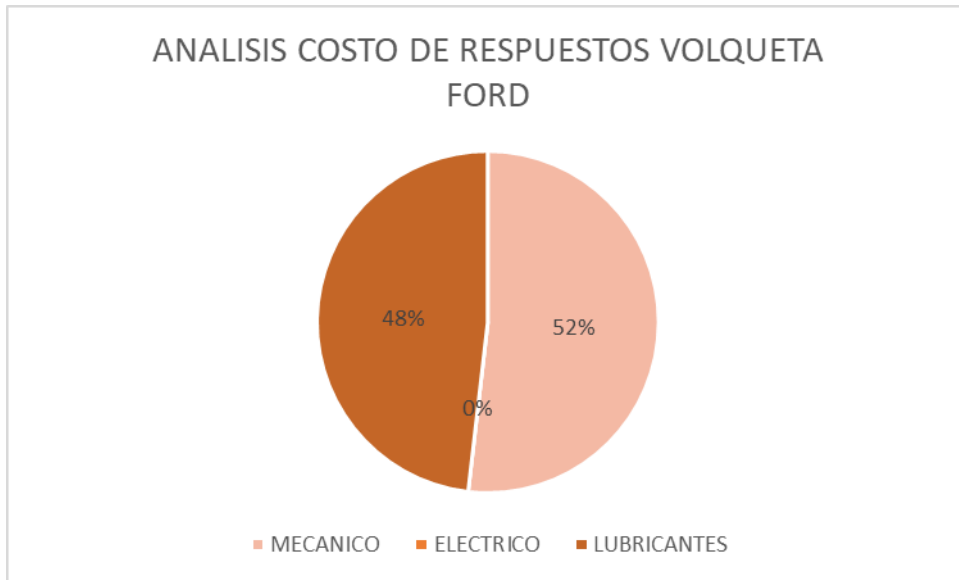
5.5.8 Análisis Costo De Repuestos Volqueta Ford. Este análisis se basó en los datos obtenidos por medio de la administración municipal, en la Figura 26 se puede observar el valor de los costos divididos en sistema Mecánico, Eléctrico y lubricantes. En el anexo 31, se observa de forma detallada cada uno de los repuestos en la categoría a la que pertenece y su respectivo valor económico.

Figura 26 Análisis Costo De Repuestos Volqueta Ford

ANALISIS COSTO DE RESPUESTOS VOLQUETA FORD	
MECANICO	1.092.770
ELECTRICO	-
LUBRICANTES	1.014.900

Fuente: Autor

Figura 27 Gráfica Análisis Volqueta Ford



Fuente: Autor

El análisis realizado a la Gráfica Análisis de Costos de la Volqueta Ford que se expone en la Figura 27, muestra que los repuestos del estado Mecánico es el que genera más costo económico con un 52% y con un 48% los Lubricantes, siendo este el que menos costos genera.

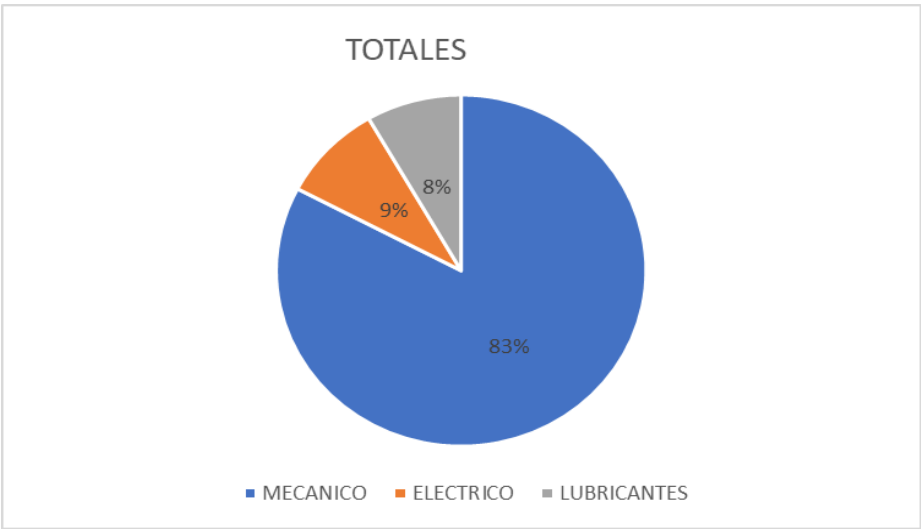
Finalmente, realizando la suma de todos los resultados, como se observa en la Figura 28 y 29, un 83% de los gastos en repuestos de todas las máquinas se atribuye al sistema Mecánico, siendo este el que más costos genera, seguido por el sistema Eléctrico con un 9% y los Lubricantes con un 8%.

Figura 28 Totales

TOTALES:	
MECANICO	36.953.820
ELECTRICO	4.003.480
LUBRICANTES	3.725.965

Fuente: Autor

Figura 29 Gráfica Totales



Fuente: Autor

5.6 PLAN DE MANTENIMIENTO

Luego de realizar el reconocimiento de las máquinas, su diagnóstico, análisis de criticidad y gestión de repuesto, se presentan los formatos del plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita.

En primer lugar, se realizó una ficha técnica en la cual se encuentra un listado de los repuestos que se usan con más frecuencia para cada máquina junto con la información del proveedor, como lo podemos observar en el anexo (32), asimismo se desarrolló un formato de inspección diaria, el cual deberá registrar los datos de operación del vehículo o máquina, las fallas o paradas inesperadas durante cada día, este formato se puede observar en el anexo 33.

En seguida se realizaron formatos de inspección pre-operacional, los cuales cuentan con una lista de chequeos, que se debe diligenciar cada día antes de iniciar labores del vehículo o máquina; esto con el fin de evaluar el estado en que se encuentra, y tiene como finalidad identificar posibles fallas en el funcionamiento. En los anexos 34, 35 y 36, se muestran los ejemplos de cada uno de estos formatos, agregando que se realizaron 3 de ellos, uno para vehículos, uno para maquinaria pesada y el otro para las volquetas. Estos formatos tienen entre otros ítems la evaluación de estado de la cabina, luces y estado Mecánico.

Adicionalmente, se realizó un formato de solicitud de trabajo y de orden de trabajo que se pueden ver en el anexo 37 y 38, los cuales se deben diligenciar cuando se va a desarrollar algún tipo de mantenimiento, es necesario tramitarlos ya que cada uno de ellos depende del otro para poder certificar su veracidad. Estos formatos están dirigidos a una empresa especializada en donde se debe detallar que tipo de mantenimiento se desea realizar al vehículo o máquina.

Además, se desarrolló un formato de mantenimiento programado, anexo 39, el cual deberá ser diligenciado para cada máquina, en donde se realiza un mantenimiento establecido por los fabricantes dependiendo de las horas trabajo o kilómetros recorridos, esto para verificar que los cambios se hagan en el momento indicado; se realizó una tabla donde diariamente se deberá registrar el kilometraje recorrido o las horas de trabajo, esto atendiendo a que no todos los días están en uso todas las máquinas.

También se desarrolló un formato de control de combustible, que deberá ser diligenciado con la finalidad, como su nombre lo indica, de llevar un control de combustible y así mismo analizar la eficacia del combustible, como se puede observar en el anexo 40. Los conductores u operarios serían los encargados de pasar un registro una vez se den por terminadas las labores diarias.

Con los datos recolectados se elabora una base de datos en Excel, donde se dispone de toda la información actualizada de la flota de maquinaria pesada y vehículos; también se cuenta con los formatos necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo.

Al ingresar en la base de datos se observa el menú principal, como se puede ver en la Figura 30, el cual cuenta con el nombre del municipio y su escudo, se puede ver en la parte inferior derecha; posteriormente se encuentran los enlaces correspondientes al plan de mantenimiento los cuales son: diagnóstico, inventario, codificación de equipos, ficha técnica, análisis de criticidad, gestión de repuestos, mantenimiento programado, inspecciones, inspección pre operacional buses y automóviles, inspección pre operacional volquetas, inspección pre operacional maquinaria pesada, solicitud de trabajo, orden de trabajo, control de combustible, hoja de vida y calendario general.

Figura 30 Menú Principal



Fuente: Autor

Finalmente se realizó un esquema con el tipo de mantenimiento con que cuentan en el momento las máquinas y que está listo para ser aplicado, como se muestra en las Figuras 31 y 32.

Figura 31 Mantenimiento Final

TIPO DE VEHICULO	TIPO DE MANTENIMIENTO
BUSETA CHEVROLET	CORRECTIVO
BUS HINO	PREVENTIVO
MONTERO MITSUBISHI	CORRECTIVO
MOTOVINELADORA	PREVENTIVO
RENAULT SYMBOL	CORRECTIVO
RETROEXCAVADORA	PREVENTIVO
VIBRO	PREVENTIVO
VOLQUETA FORD	NO FUNCIONA
VOLEQUITA INTERNATIONAL	PREVENTIVO
TRACTOR	PREVENTIVO

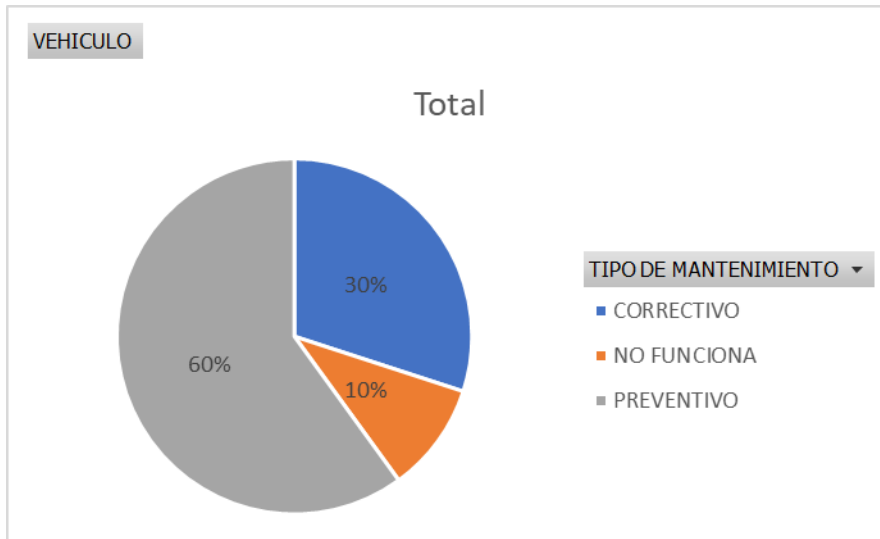
Fuente: Autor

Figura 32 Numero de Máquinas

TIPO DE MANTENIMIENTO	VEHICULO
CORRECTIVO	3
NO FUNCIONA	1
PREVENTIVO	6

Fuente: Autor

Figura 33 Gráfica Final Mantenimiento



Fuente: Autor

El análisis que se realizó a la gráfica que se encuentra en la figura 33, muestra que al final de este plan de mantenimiento un 60% de las máquinas cuenta con un plan de mantenimiento de tipo preventivo, mientras que un 30% de ellas tienen aún un mantenimiento de tipo correctivo, debido a que por sus años de servicio y estado en general no es posible determinar para ellas un mantenimiento preventivo, además, el 10% se encuentran no aptas para su funcionamiento.

5.7 SOCIALIZACIÓN

Esta se llevó a cabo el día lunes 06 de mayo de 2019 a las 8 am, en instalaciones de la administración Municipal de Motavita, esta socialización estuvo presidida por el Jefe de Planeación el Señor José Mauricio Salas y los operarios de las máquinas, el objetivo de esta fue dar a conocer el plan de mantenimiento diseñado y enseñar el manejo del mismo, como soporte de la asistencia se muestra el listado de firmas de los asistentes, figura 34; en la figura 35 se encuentra una fotografía donde se evidencia el lugar y asistentes a la socialización, adicionalmente, en los anexos 42 y 43, se encuentran más fotografías como soporte y evidencia de la socialización.

Figura 34 Socialización

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE MAQUINARIA PESADA Y VEHÍCULOS ADMINISTRATIVOS DEL MUNICIPIO DE MOTAVITA			
SOCIALIZACION			
FECHA	NOMBRE	CARGO	FIRMA
06-05-2019	Jairo Alfonso Garcia	operador	Jairo Garcia
06-05-2019	Tobias Sanchez	operador	Tobias Sanchez
06-05-2019	Andrés Reyes Quintana	operador	Andrés Reyes
06-05-2019	Rosa excelina extencion I.	conductor	Rosa excelina E.L.
06-05-2019	Pedro Jimenez Sarmiento	Apoyo Planeación	Pedro Jimenez
06-05-2019	José Mauricio Salas	Sec. Planeación	José Mauricio Salas

REALIZADO POR: WILLIAM ALFONSO RUBIO PACHECO

Fuente: Autor

Figura 35 Asistentes Socialización



Fuente: Autor

6. RESULTADOS

Con la ayuda del plan de mantenimiento realizado en el sistema informativo Excel que se basó en los datos de la maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita, Boyacá, se logró llevar un control enfocado al mejoramiento continuo y detallado de cada máquina y/o vehículo; donde se pudo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo programado, enfocado a mejorar la vida útil, disponibilidad y reducción de costos en mantenimiento de cada máquina.

Con el análisis de criticidad realizado dentro de esta investigación se consiguió un diagnóstico de cada máquina y/o vehículo, que se basó en su frecuencia de fallas y tuvo en cuenta el impacto operacional y los costos de mantenimiento, donde se encontró que el Renault Symbol es el único que se mantiene en estado de mediana criticidad, esto quiere decir, que este vehículo requiere de un mantenimiento programado más controlado y de esta manera evitar que llegue a un estado crítico como en el que se encuentra la Busetá Chevrolet NPR 729.

De acuerdo a los resultados obtenidos con el diagnóstico inicial y final, se logra evidenciar que es posible pasar de tener un 67% de mantenimiento correctivo y 22% de mantenimiento preventivo, a un 60% de Preventivo y tan solo un 30% de correctivo, con la realización de un programa de mantenimiento enfocado a la mejora continua de las máquinas.

7. CONCLUSIONES

Si se trabaja con un Sistema de Información Excel, se puede tener un control detallado de la información de las máquinas, gestión de repuestos y programa de mantenimiento preventivo programado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las máquinas requieren de un plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar su vida útil y disponibilidad, generando reducción en costos de mantenimiento que se verán reflejados a mediano y largo plazo.

La evidencia muestra que las máquinas representan más gastos en reparaciones del Sistema Mecánico, en comparación con el Sistema Eléctrico y de Lubricación.

De acuerdo al diagnóstico realizado a la maquinaria que incluía 10 de ellas, entre vehículos y maquinaria amarilla, se concluye que la Volqueta Ford F-7000, es la que se encuentra en peores condiciones, por lo que no puede seguir prestando servicio, debe ser retirada por seguridad del personal.

Después de realizar el diagnóstico, se concluyó que debe ser implementado el plan de mejoramiento de los kits de carreteras, esto debido a que un 90% de las máquinas no lo posee o se encuentra incompleto; al igual que el botiquín.

BIBLIOGRAFÍA

APOLO ORDÓNEZ, Christian Wilson. & MATOVELLE BUSTOS, Carlos Marcelo. Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del Gobierno Autónomo de la ciudad de Azogues. (Tesis). (En línea). (2012). p.19. [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]. Disponible en internet: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1936/12/UPS-CT002335.pdf>

BENEDETTI SILBERMAN, I. Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado. Sartenejas. Informe de pasantía larga como requisito para optar por el título de (Ingeniero mecánico). (En línea). (2006). [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]. P. 9. Disponible en internet: <http://159.90.80.55/tesis/000133388.pdf>

BUELVAS DÍAZ, Camilo Ernesto. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. [En línea]. (2014). P.13. [Recuperado el 3 de septiembre de 2017]. Disponible en internet: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC%201144.pdf?sequence=1>

CÁRCEL CARRASCO, Francisco. Industrial Maintenance Engineering and Knowledge Management. Improvement in Business Efficiency En: Elementos [En línea]. (2015). [Recuperado de 06 de septiembre de 2017]. Edición.5 Disponible en Internet: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67268/C%C3%A1rcel%20Carrasco%](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67268/C%C3%A1rcel%20Carrasco%20)

[2c%20Javier_Industrial%20maintenance%20engineering%20and%20knowledge%20management.%20Improvement%20in%20business%20efficiency.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.researchgate.net/publication/328111112/figure/fig/1/figure-pdf?d=1&isAllowed=y)

Codificación de Equipos. [En línea]. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica Ingeniería de Mantenimiento. (2012). Disponible en internet: <https://es.slideshare.net/Dabyus/codificacin-de-equipos>

COORDINACIÓN. Importancia del diagnóstico en la investigación. Tipos de investigación, importancia de la investigación en el mundo actual [En línea]. 25 de mayo de 2010. [Revisado en 18 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: <http://tiposdeinvestigaciones.blogspot.com/2010/05/importancia-del-diagnostico-en-la.html>

DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Felipe. “Laboratorio de Tecnología de Materiales” Lecturas de Ingeniería 2: Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación. [En línea]. (2007). P.27 [Recuperado 23 nov. 2017]. Disponible en Internet: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/tribologia.pdf

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La administración en el mantenimiento. [En línea]. (2013). [Recuperado 22 nov. 2017]. Disponible en Internet: https://books.google.com.co/books/about/La_administraci%C3%B3n_en_el_mantenimiento.html?id=071FnQEACAAJ&redir_esc=y

ESPINAL A John A. Control de Combustible, Estilos de Conducción, Rastreo Satelital, Video Seguridad. [En línea]. Nov 26, 2017. [Citado el 17 de mayo de 2019]. Disponible en internet: <https://itksoluciones.com/sistema-de-control-de-combustible-mas-efectivo/>

Fiabilidad en vehículos. [En línea]. 2016. [Recuperado el 18 de octubre de 2017]. Disponible en Internet: <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2016/la-fiabilidad-vehiculo-profesional.json>

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. [En línea]. (2010) p.161. [Recuperado el 18 de octubre de 2017]. Disponible en Internet: https://www.academia.edu/15914307/Organizaci%C3%B3n_y_gesti%C3%B3n_integral_de_mantenimiento

GARCÍA MÉNDEZ, Juan José y VELÁSQUEZ, José María: Plan de mantenimiento preventivo para PROACES. [En línea]. San salvador, 2007. Para optar por el grado de (Ingeniero mecánico). [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]. Disponible en: http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/mantenimiento_preventivo_proaces.pdf

HERNÁNDEZ CRUZ, Víctor Armando. Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada En Funcionamiento De La Zona Vial No. 14, Dirección General De Caminos, Salamá, Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. [En línea]. (2010). P.44.

[Recuperado 22 nov. 2017]. Disponible en internet:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0641_M.pdf

LÓPEZ, Andrés. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios de máquinas herramientas y de pruebas y ensayos para equipos de aire acondicionado de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. [En línea], 03 de marzo del 2019. Disponible en internet:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8942/T658.202%20L864.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PASOS PARA UN EFECTIVO MANTENIMIENTO PREVENTIVO. [En línea]. p.13. [Recuperado el 18 de octubre de 2017]. Disponible en Internet:
<http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>

Mantenimiento Programado, Mantenimiento Petroquimico (sin fecha). [En línea]. [Citado el 17 de mayo de 2019] Disponible en internet:
<http://mantenimientopetroquimica.com/mantenimientoprogramadopetroquimica.html>

MARTÍNEZ, SILVA Carlos Eduardo. Diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre (Tesis de grado). Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. [En línea]. (2007). [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]. Disponible en internet:
https://prezi.com/lwbqouo4_7ob/disenio-de-un-sistema-de-mantenimiento-para-equipos-moviles

Máster BENÍTEZ MONTALVO. Reinaldo, Máster DÍAZ CONCEPCIÓN, R, Dr. CABRERA GONZÁLEZ, J. Metodología para el cálculo de la mantenibilidad.[En línea]. P.26. [Recuperado el 18 de octubre de 2017]. Disponible en Internet: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Metodologia-calculo-mantenibilidad.pdf>

MIRANDA ANDRADE, Gustavo. & MORETA VELOZ, Ángel. Diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la policía nacional del Ecuador provincia Pichincha. Quito. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de (Ingeniero mecánico). [En línea]. (2012) P.19. [Recuperado el 06 de septiembre de 2017]. Disponible en Internet: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1963/1/105479.pdf>

PALACIOS RODRIGO, Alejandro. Tipos de Mantenimiento Las diferentes estrategias de las instalaciones industriales – Rosmann. es. [En línea]. 2015 p.3. [Recuperado el 18 de octubre de 2017]. Disponible en Internet: <http://www.rosmann.es/Libros/Tipos%20de%20Mantenimiento.pdf>

PEÑA SÁNCHEZ, Andrés Camilo. Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Muzo (Boyacá). (Proyecto de grado, Universidad Militar Nueva Granada). [En línea]. (2017). [Recuperado el 23 de agosto de 2017]. Disponible en Internet: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16026/3/Pe%C3%B1aSanchezAndresCamilo2017.pdf>

ORELLANA GRAVE, Hugo Alfredo. Plan de mantenimiento mecánico preventivo para vehículo de carga pesada con motor Detroit Diésel serie 60 de Transportes Castillo (Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala). [En línea]. (2016). P.33. [Recuperado el 6 de septiembre de 2017]. Disponible en internet: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5680/1/Hugo%20Alfredo%20Orellana%20Grave.pdf>

RAMIREZ ORTÍZ, Julio César. & MORENO ROBAYO, Hugo Fernando. Elaboración de un análisis de Criticidad y disponibilidad, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 Y SAE JA1012. [En línea]. (2017). P.46. Disponible en Internet: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7854/1/MorenoRobayoHugoFernando2018.pdf>

RODRÍGUEZ LAINEZ, Vicente Armando. Análisis e implementación del programa de mantenimiento preventivo en el parque automotor de la corporación nacional de electrificación (CNEL) regional Santa Elena. Guayaquil. [En línea]. (2014). [Citado el 22 noviembre de 2017] Disponible en internet: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4132#sthash.lpD4ELXd.dpuf>

ROMERO, José. Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. [En línea]. Noviembre 2013 [Sevilla, España]. Avalado por la escuela técnica superior de Ingeniería. Disponible en internet: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>

SANABRIA CANCELADO, Héctor Ricardo. & HERNÁNDEZ JIMÉNEZ, Harley David. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la gobernación de Casanare. Casanare. Trabajo de grado para optar por el título de (Ingenieros mecánicos). [En línea]. (2011). [Citado el 22 de noviembre de 2017]. Disponible en internet: <https://docplayer.es/11627769-Elaboracion-de-un-plan-de-mantenimiento-preventivo-para-la-maquinaria-pesada-de-la-gobernacion-de-casanare.html>

TAMARIZ VÉLEZ, Moisés Eduardo. “Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de Mirasol. S.A.” Tesis. [En línea]. (2014). [Recuperado el 6 de septiembre de 2017]. Disponible en Internet: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5080/1/TESIS.pdf>

VILCA LINCANGO Wladimir Arsecio. Sistema para uso y control de la flota vehicular de la Universidad Central del Ecuador (Tesis, Quito: UCE). [En línea]. (2015). [Recuperado el 3de septiembre de 2017]. Disponible en internet: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5170/1/T-UCE-0011-213.pdf>

,

ANEXOS

Pág.

ANEXO 1 BUSETA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 2 BUSETÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 3 MONTERO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 4 MOTONIVELADORA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 5 RENAULT SYMBOL.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 6 RETROEXCAVADORA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 7 VIBRO COMPACTADOR	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 8 VOLQUETA FORD.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 9 VOLQUETA INTERNATIONAL	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 10 TRACTOR MF291	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 11 DIAGNOSTICO BUSETA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 12 DIAGNOSTICO BUSETON	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 13 DIAGNOSTICO MONTERO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 14 MOTONIVELADORA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 15 DIÁGNOSTICO RENAULT SYMBOL	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 16 DIÁGNOSTICO RETROEXCAVADORA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 17 DIÁGNOSTICO VIBRO COMPACTADOR	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 18 DIÁGNOSTICO VOLQUETA FORD	¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 19 DIAGNOSTICO VOLQUETA INTERNATIONAL ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 20 DIAGNOSTICO TRACTOR ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 21 FORMATO ANÁLISIS DE CRITICIDAD ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 22 ANÁLISIS DE CRITICIDAD ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 23 ANÁLISIS DE COSTOS BUSETÓN 1 ... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 24 ANÁLISIS DE COSTOS BUSETÓN 2 ... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 25 ANÁLISIS DE COSTO RENAULT ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 26 ANÁLISIS DE COSTO MONTERO..... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 27 ANÁLISIS DE COSTO VOLQUETA INTERNATIONAL ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 28 ANÁLISIS DE COSTOS BUSETA CHEVROLET ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 29 ANÁLISIS DE COSTOS MOTONIVELADORA ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 30 ANÁLISIS DE COSTOS RETROEXCAVADORA ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 31 ANÁLISIS DE COSTOS VOLQUETA FORD ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 32 FICHA TÉCNICA ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 33 FORMATO INSPECCIÓN DIARIA..... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 34 FORMATO DE INSPECCIÓN PRE-OPERACIONAL VEHÍCULOS AUTOMOTORES..... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 35 FORMATO DE INSPECCIÓN PREOPERACIONAL MAQUINARIA PESADA..... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 36 FORMATO DE INSPECCIÓN PREOPERACIONAL VOLQUETAS. ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 37 FORMATO DE SOLICITUD DE TRABAJO. ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 38 FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO.. ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 39 FORMATO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 40 FORMATO DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 41 SISTEMA INFORMACIÓN EXCEL¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 42 SOCIALIZACIÓN.....¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 43 SOCIALIZACIÓN.....¡Error! Marcador no definido.

Los anexos mencionados se encuentran en el CD que se entrega junto con el libro final, en un documento Word que lleva por nombre ANEXOS