

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EL BANCO DE
MAQUINARIA DEL MUNICIPIO DE NUNCHIA**

(Autor)

YIMER HUMBERTO PERILLA ROMERO

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECÁNICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Junio 1 de 2016

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EL BANCO DE
MAQUINARIA DEL MUNICIPIO DE NUNCHIA**

(Autor)

YIMER HUMBERTO PERILLA ROMERO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director: ELKIN MORA ESPINOSA

Ingeniero Mecánico

elkmes@gamil.com

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

Pamplona, Junio 1 del 2016

Dedicatoria Por Yimer Perilla

Quiero dedicarle este logro a Dios Padre,
Por darme la licencia de realizar mis estudios a pesar de las adversidades.
Con todo el corazón a mis queridos padres Emilio Perilla y María Romero
Quienes sin descanso han trabajado y luchado por ver a su hijo hecho un profesional,
a ellos les debo todo, son mis héroes.
A mis hermanos “Lida”, “Arley” y “Marcela” por su compañía en todas las aventuras,
siempre juntos, unidos y dándome una voz de aliento.
A mi sobrino “Monchy”, que aunque ya no está con nosotros siempre esperaba con ansias
nuestro regreso. Sé que hoy estas en el cielo feliz de ver a su tío
“Bravo” cumpliendo un sueño.
A mi familia en general, mis hermanos, mis tíos(as), primos(as)
porque siempre me brindaron apoyo y siempre creyeron en mí,
así que hoy quiero decirles que no los defraude.
A mis amigos con los he compartido y me han apoyado,
hoy solo les digo “Gracias por estar ahí”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen por permitirme haber cumplido esta meta, llenando mi vida de bendiciones.

Agradecerle a mi director de proyecto Ing. ELKIN MORA ESPINOSA por su apoyo y aportes de conocimiento y experiencia.

De igual manera agradecerle al Codirector Ing. DIEGO ORLANDO GONZALEZ ROA por su guía y colaboración durante este proceso.

Al M.Sc. WILLIAM MORA ESPINOSA por sus aportes y conocimiento en mantenimiento que han llevado este proyecto a buen término.

A la alcaldía de Nunchia por darme la oportunidad de realizar mis pasantías en el Banco de maquinaria de este municipio.

A MARCELA PERILLA, YEISON ESTEPA, por su apoyo, sus consejos diarios y brindarme un calor de hogar.

A la UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, por aportarme los conocimientos necesarios la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	17
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo general.....	19
3.2 Objetivos específicos	19
4. ESTADO ACTUAL	20
4.1 MANTENIMIENTO.....	20
4.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN	20
4.3 Tipos de Mantenimeinto.....	21
4.3.1 Mantenimiento Proactivo.....	22
4.3.1.1 <i>Mantenimiento programado:</i>	23
4.3.2 Mantenimiento reactivo.	23
4.4 ACTUALIDAD DEL MANTENIMIENTO	24
4.5 La alcaldia de nunchia.	25
4.5.1 Misión.....	25
4.5.2 Visión	25
4.5.3 Funciones.....	25
4.5.4 Organigrama.	26
4.5.5 Ubicación.....	27
4.6 Banco de maquinaria del municipio de Nunchia	28
4.6.1 Volqueta Chevrolet, Kodiak 157.....	28
4.6.1.1 <i>Motor Caterpillar 3126.</i>	29
4.6.2 Retroexcavadora Caterpillar 416D.	29
4.6.2.1 <i>Motor Caterpillar 3054B.</i>	30
4.6.3 Motoniveladora CAT 120G	31
4.6.3.1 <i>Motor Caterpillar 3304.</i>	31
4.6.4 Excavadora CASE CX210B	32
4.6.4.1 <i>Motor Isuzu AI-4HK1X.</i>	33
4.6.5 Vibrocompactador CASE SV208.....	33
4.6.5.1 <i>Motor Cummins QSB 3.3.</i>	34
4.6.6 Volqueta Internacional 4700.....	34

4.6.6.1	<i>Motor DT466</i>	35
4.6.7	Tractor agrícola kubota M108S	36
4.6.7.1	<i>Motor Kubota V3800-DT-TI-CRS</i>	36
4.6.7.2	<i>Sistema Common Rail</i>	37
4.6.7.3	<i>Cooled EGR</i>	37
4.6.8	Compactador de basura Internacional.	38
5.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	39
5.1	busqueda de historiales y archivos.....	39
5.2	Busqueda de informacion y catalogos	39
5.3	elaboracion de formatos y hojas de vida.....	39
5.3.1	Codificación de los equipos.....	40
5.3.1.1	<i>Codificación del tipo de máquina</i>	40
5.3.1.2	<i>Codificación de la Marca</i>	41
5.3.1.3	<i>El número</i>	41
5.3.1.4	<i>Codificación del banco de maquinaria</i>	41
5.3.2	Diseño y elaboración de formatos.....	42
5.3.2.1	<i>Formato de Registro de Maquinaria</i>	42
5.3.2.2	<i>Formato de Ficha Técnica</i>	43
5.3.2.3	<i>Formato de datos de rendimiento</i>	44
5.3.2.4	<i>Formato de Panorámicas</i>	45
5.3.2.5	<i>Formato de orden de Trabajo</i>	47
5.3.2.6	<i>Formato solicitud de servicio</i>	48
5.3.2.7	<i>Formato control de Viajes</i>	49
5.3.2.8	<i>Control de Horas</i>	50
5.3.2.9	<i>Lista de Chequeo Diaria para Volquetas</i>	51
5.3.2.10	<i>Lista de Chequeo Diaria para Máquinas</i>	52
5.4	Plan de mantenimiento basado en amef.	53
5.4.1	Criticidad.....	53
5.4.1.1	<i>Evaluación de criticidad para el sistema de admisión</i>	55
5.4.1.2	<i>Evaluación de criticidad para el sistema de inyección</i>	55
5.4.1.3	<i>Evaluación de criticidad para el sistema eléctrico</i>	56
5.4.1.4	<i>Evaluación de criticidad para el sistema hidráulico</i>	57
5.4.1.5	<i>Evaluación de criticidad para el sistema de Transmisión</i>	57

5.4.1.6	<i>Evaluación de criticidad para el sistema de escape.</i>	58
5.4.2	<i>¿Qué es un AMEF?</i>	59
5.4.3	<i>Pasos para implementar el AMEF</i>	59
5.4.3.1	<i>Determinar el producto a analizar.</i>	59
5.4.3.2	<i>Determinar los posibles modos de falla.</i>	60
5.4.3.3	<i>Listar los efectos de cada potencial modo de falla.</i>	60
5.4.3.4	<i>Asignar el grado de severidad.</i>	60
5.4.3.5	<i>Ocurrencia.</i>	61
5.4.3.6	<i>Detección.</i>	61
5.4.3.7	<i>Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo).</i>	62
5.4.3.8	<i>Priorizar los modos de falla.</i>	62
5.4.3.9	<i>Tomar acciones para reducir el riesgo del modo de falla.</i>	62
5.4.3.10	<i>Calcular el nuevo resultado del NPR.</i>	62
5.4.4	<i>Evaluación del formato de AMEF para cada uno de los sistemas.</i>	62
5.4.4.1	<i>Evaluación de AMEF para el sistema de Admisión.</i>	63
5.4.4.2	<i>Evaluación de AMEF para el sistema de Admisión.</i>	64
5.4.4.3	<i>Evaluación de AMEF para el sistema de Transmisión.</i>	65
5.4.5	<i>Diseño del Plan de mantenimiento e implementación.</i>	66
5.4.5.1	<i>PMP 1.</i>	67
5.4.5.2	<i>PMP 2.</i>	68
5.4.5.3	<i>PMP 3.</i>	68
5.4.6	<i>Análisis Costo Beneficio.</i>	69
5.4.6.1	<i>Combustible:</i>	69
5.4.6.2	<i>. Nómina de operadores.</i>	71
5.4.6.3	<i>Costo-beneficio.</i>	71
6.	RESULTADOS	72
7.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
8.	CONCLUSIONES	74
9.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	75
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
11.	ANEXOS	78
11.1	ANEXO 1. VOLQUETA CHEVROET KODIAK	78
11.2	ANEXO 2. VOLQUETA INTERNACIONAL	78

11.3	ANEXO 3. COMPACTADOR DE BASURA	78
11.4	ANEXO 4. EXCAVADORA CASE CX210B	78
11.5	ANEXO 5. RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416D.....	78
11.6	ANEXO 6. VIBROCOMPACTADOR CASE SV208	78
11.7	ANEXO 7. MOTONIVELADORA CAT 120G	78
11.8	ANEXO 8. TRACTOR KUBOTA M108S SERIAL 70394	78
11.9	ANEXO 9. TRACTOR KUBOTA M108S SERIAL 70130	78
11.10	ANEXO 10. APLICATIVO DE MANTENIMIENTO	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Banco de maquinaria.	28
Tabla 2. Factores de Criticidad.	54
Tabla 3. Criticidad para el Sistema de Admisión.	55
Tabla 4. Criticidad para el sistema de inyección.	55
Tabla 5. Criticidad para el sistema eléctrico.	56
Tabla 6. Criticidad para el sistema hidráulico.	57
Tabla 7. Criticidad para el sistema de Transmisión.	57
Tabla 8. Criticidad sistema de escape.	58
Tabla 9. Grado de Severidad.	60
Tabla 10. Grado de Ocurrencia.	61
Tabla 11. Grado de Detección.	61
Tabla 12. Evaluación de AMEF para Sistema de Admisión.	63
Tabla 13. Evaluación del Sistema Hidráulico.	64
Tabla 14. Evaluación de AMEF para sistema de Transmisión.	65
Tabla 15. Aplicativo de Mantenimiento.	66
Tabla 16. PMP 1 250h o 5000 km.	67
Tabla 17. PMP 2, 1000 h o 20000 km.	68
Tabla 18. PMP 3, 6000 h o 120000 km.	69
Tabla 19. Consumo por hora de ACPM.	70
Tabla 20. Gastos de Operadores.	71
Tabla 21. Análisis Costo Beneficio.	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del mantenimiento	21
Figura 2. Tipos de mantenimiento	22
Figura 3. Alcaldía de Nunchia.....	25
Figura 4. Organigrama Alcaldía de Nunchia.....	26
Figura 5. Ubicación de Nunchia	27
Figura 6. Volqueta Kodiak 157	29
Figura 7. Motor Caterpillar 3126.....	29
Figura 8. Retroexcavadora Cat 416D.....	30
Figura 9. Motor Caterpillar 3054B.	30
Figura 10. Motoniveladora Cat 120G	31
Figura 11. Motor Caterpillar 3304.....	32
Figura 12. Excavadora CASE CX210B	32
Figura 13. Motor Isuzu AI-4HK1X	33
Figura 14. Vibrocompactador SV208	33
Figura 15. Motor Cummins QSB 3.3.....	34
Figura 16. Volqueta Internacional 4700	35
Figura 17. Motor DT466.....	35
Figura 18. Tractor agrícola Kubota M108S	36
Figura 19. Motor Kubota V3800	36
Figura 20. SCR, Sistema Common Rail.	37
Figura 21. Cooled EGR.....	38
Figura 22. Compactador de basura, McNeilus	38
Figura 23. Codificación.....	40
Figura 24. Codificación del Tipo de Maquina.....	40
Figura 25. Codificación de la marca.	41
Figura 26. Codificación de cada equipo.....	41
Figura 27. Formato Registro de Maquinaria	43
Figura 28. Formato Ficha Técnica.	44
Figura 29. Formato de Datos de Rendimiento.....	45
Figura 30. Formato de Panorámicas.	46
Figura 31. Orden de Trabajo.	47
Figura 32. Solicitud de Servicio.	48
Figura 33. Control de Viajes.	49
Figura 34. Control de Horas.....	50
Figura 35. Lista de Chequeo Diaria para Volquetas.....	51
Figura 36. Lista de Chequeo Diaria para Máquinas.	52

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EL BANCO DE MAQUINARIA DEL MUNICIPIO DE NUNCHIA

Perilla Romero Yimer

^{a,b} Pamplona University, Km 1 Via B/manga, Pamplona, Colombia

Resumen

En la alcaldía del municipio de Nunchia se diseñó e implementó un plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria amarilla, basado en AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla). Ya que en dicha empresa no existía ningún tipo de control, ni historial sobre las acciones realizadas en el banco de maquinaria, se elaboró para cada máquina su respectiva hoja de vida, además de diseñar y elaborar los formatos de mantenimiento necesarios para poder implementar el plan de mantenimiento, para identificar hacia dónde tenemos que llevar las acciones se implementó el método de criticidad, arrojando como resultado los sistemas más críticos dentro de las máquinas, basado en estos resultados se evalúa para cada sistema su respectivo AMEF, esto nos permite dirigir los esfuerzos a las partes más importantes de cada sistema. Esto nos da la oportunidad de poder tomar decisiones acertadas en un futuro y la oportunidad de llevar un control más de cerca del comportamiento de cada máquina.

Palabras clave: Mantenimiento; AMEF; Criticidad; Sistema.

Abstract

In the mayor of the municipality of Nunchia designed and implemented a maintenance plan scheduled for the bank yellow machinery, based on FMEA (Analysis Failure Mode and Effects). Because in that company there was no control, no record on actions taken in the bank machine, was developed for each machine its respective resume, in addition to designing and developing formats maintenance needed to implement the maintenance plan to identify where we need to take actions method criticality was implemented, throwing as a result the most critical systems within the machines, based on these results is evaluated for each system their respective FMEA, this allows us to direct the efforts to the most important parts of each system. This gives us the opportunity to make informed decisions in the future and the opportunity to keep track more closely the behavior of each machine.

Keywords: Maintenance;FMEA;Criticality;System

1. Introducción

La disponibilidad, confiabilidad y rentabilidad de un banco de maquinaria depende en primer lugar de la calidad de su maquinaria, si cuenta con la garantía y calidad necesaria para operar en diferentes ambientes y realizar trabajos pesados, en segundo lugar depende de la capacidad y conocimiento de los operarios técnicos y personal a cargo. En tercer y último lugar pero no menos importante se encuentra el mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable, pero debemos

tener en cuenta que lo que hagamos en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que tomamos se revelan con seis meses o con un año de retraso, hoy pagamos los errores de ayer, o disfrutamos de los aciertos. (Renovetec, 2016)

El mantenimiento correctivo no es viable a largo plazo, pues este no protege la vida útil de la máquina ni tampoco genera ningún resultado favorable en cuanto a las consecuencias de una avería, ya que si falla algún sistema por económico y simple que sea, este puede causar daños en dispositivos mucho más costosos,

generando enormes consecuencias para la rentabilidad de la empresa. (Hector Sanabria, 2011).

En este caso en particular del banco de maquinaria del municipio de Nunchia, se implementara un plan de mantenimiento programado, con el fin de aumentar la disponibilidad, confiabilidad y rentabilidad, ya que en el pasado sólo se ha realizado el mantenimiento correctivo, y en la actualidad se están pagando esos errores del ayer, con una maquinaria que falla constantemente generando costos de mantenimiento elevados y con una relación costo beneficio casi nula, además de elaborar y diseñar todos los formatos necesarios para poder llevar un control de ciclos repetitivos y así poder formular un plan de mantenimiento programado, dejando consigo las hojas de vida de cada una de las máquinas.

2. Experimental.

Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. (Alejandro, 2012) En ese sentido se puede decir que el mantenimiento se define como un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño. (López, 2012) Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

Prevenir y/o corregir averías.

Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.

Aspecto económico (costos).

Para la realización de este proyecto se tuvo presente varias fases, todas ellas hacen parte esencial para llevar este proceso a un feliz término.

A continuación se describe cada una de las fases, sus inconveniente y dificultados y todo lo pertinente en cada una de ellas

2.1 Banco de maquinaria del municipio de Nunchia.

En la actualidad el banco de maquinaria del municipio de Nunchia no cuenta con ningún plan de mantenimiento, los operarios son los

encargados de hacer las reparaciones cuando ocurren averías, además no se lleva un registro de las actividades y reparaciones q se le realiza a la maquinaria, esto ha generado un problema grave para los intereses de la alcaldía y la comunidad.

El banco con el que cuenta la alcaldía municipal de Nunchia-Casanare consta de 9 máquinas las cuales se mencionan a continuación:

NOMBRE	MODELO	CANT
Volqueta Chevrolet	Kodiak	1
Retroexcavadora CAT	416 D	1
Motoniveladora CAT	120 G	1
Excavadora CASE	CX210B	1
Vibro Compactador CASE	SV208	1
Volqueta Internacional	4700	1
Tractor Agrícola KUBOTA	M108S	1
Tractor Agrícola KUBOTA	M108S	1
Compactador de Basura Internacional	McNeilus	1

Figura 1. Banco de Maquinaria del municipio de Nunchia.

2.2 Búsqueda de historiales y archivos.

Esta etapa se contó con apoyo físico y logístico del personal de archivo y almacén de la alcaldía de Nunchia, señora Raquel piraban y el Almacenista el señor Fabio Márquez, buscando en los archivos del municipio documentos que nos pudiesen brindar una guía para la implementación del proyecto.

Siendo esta una etapa muy tediosa y con dificultades debido a que en tiempos pasados solo se realizaba mantenimiento correctivo, no existía ningún documento que soportara las reparaciones efectuadas en años anteriores, ni muchos menos un historial de mantenimiento. Después de varias horas buscando en archivos olvidados, se encontraron algunos documentos que son útiles para el proyecto.

2.3 Búsqueda de información y catalogos.

Esta fase se indago en búsqueda de información sobre el banco de maquinaria, información de suma importancia para el desarrollo del proyecto, por medio de los proveedores de la maquinaria y portales web, tales como CATERPILLAR, CASE Y KUBOTA, dentro de esta información tenemos fichas técnicas, catálogos de mantenimiento, algunas listas pre-operacionales entre otros. (Kubota, 2009).

2.4 Elaboración de formatos y hojas de vida.

En esta parte del proyecto se elaboraron todos los formatos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento programado, que a su vez sirven para la conformación de las hojas de vida de la maquinaria.

La administración municipal en cabeza del señor alcalde Fredy Higuera Marques, señaló la importancia que es para la alcaldía el soporte técnico e histórico que se puede llegar a tener con las hojas de vida de la maquinaria, dando credibilidad a su mandato y registros que serán utilizados por entes del gobierno en investigaciones del orden cotidiano.

2.5 codificación.

Para llevar a fin esta etapa se procede de la forma más sencilla pero esencial que conlleva al buen entendimiento y orden de los procesos dentro del proyecto, tal como lo es a codificación de los equipos.

NOMBRE DE LA MAQUINA	CODIGO
EXCAVADORA CASE	EXC-CAS-001
RETROEXCAVDORA CATERPILLAR	RET-CAT-001
VIBROCOMPACTADOR CASE	VIB-CAS-001
MOTONIVELADORA CATERPILLAR	MOT-CAT-001
VOLQUETA CHEVROLET KODIAK	VOL-CHE-001
VOLQUETA INTERNACIONAL	VOL-INT-001
COMPACTADOR DE BASURA INTERNACIONAL	COM-INT-001
TRACTOR AGRICOLA KUBOTA	TRA-KUB-001
TRACTOR AGRICOLA KUBOTA	TRA-KUB-002

Figura 2. Codificación de cada equipo.

2.6 Diseño y elaboración de formatos.

Los formatos son de vital importancia al momento de llevar acabo cualquier plan de mantenimiento, pues en ellos se registra la mayor parte de la información de las máquinas, permitiendo tener un mejor control y seguimiento de las acciones realizadas y a su vez poder tener un registro histórico para en un futuro poder tomar decisiones acertadas. Tenemos dos conjuntos: Formatos Básicos y Formatos de Mantenimiento.

- Formatos Básicos: En estos formatos se registra toda la información de la máquina y solo se llenan una vez, nos sirven como introducción a

la hoja de vida de la máquina, permitiendo conocer las características principales, el estado actual, y todo lo relacionado con la ficha técnica de cada una de las máquinas.

En ellos tenemos: *Formato de Registro de Máquina, Formato Ficha Técnica, Formato de Datos de rendimiento* (solo para algunas máquinas), *Formato de Panorámicas y Características*, y *carta de lubricación* (para compactador de basura únicamente).

- Formatos de mantenimiento: En estos formatos se registra todo los datos de manteamiento, y se llenan día a día, o cada vez que se requieran, nos sirven para llevar un registro minucioso de lo que pasa con cada una de nuestras máquinas.

En ellos Tenemos: *Formato de Orden de Trabajo, Formato de solicitud de Servicio, Formato Control de Viajes, Formato Control de Horas, Formato Lista de Chequeo Diaria para Volquetas, Formato Lista de Chequeo Diaria para Maquinaria.*

Estos formatos fueron diseñados y elaborados de tal forma que son de fácil entendimiento, además nos brindan la información suficiente para el registro y toma de decisiones, permitiéndonos sin conocer la maquina dar una opinión sobre ella.

2.7 Aplicativo de mantenimiento.

Se elaboró un aplicativo en Excel, donde se registran las horas de servicio y los km dependiendo del caso, el aplicativo indica que mantenimiento se debe hacer, PMP 1, PMP 2, PMP3 la casilla toma un color rojo cuando se el margen determinado. Se podrá seguir el vínculo dando clic sobre el tipo de mantenimiento que se requiera.

PMP 1.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 250 h o 5000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO			
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	Version: 001
		MANTENIMIENTO PMP 1 (250 HORAS Ó 5000 KM)	
		DESCRIPCION	OBSERVACIONES
		ACEITE DEL MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR
		FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR
		FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)	CAMBIAR

Figura 3. PMP 1. Plan de mantenimiento 1

PMP 2.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 1000 h o 20000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO			
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	Version: 001
		MANTENIMIENTO PMP 2 (1.000 HORAS Ó 20000 KM)	
		DESCRIPCION	OBSERVACIONES
		ACEITE DEL MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR
		FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR
		FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)	CAMBIAR
		ACEITE MANDOS FINALES	CAMBIAR
		ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO Y TRASERO	CAMBIAR
		ACEITE HIDRAULICO (CADA 2000 HORAS Ó 40000 KM)	CAMBIAR

Tabla 4. PMP 2. Plan de mantenimiento 2.

PMP 3.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 6000 h o 120000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO			
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	Version: 001
		MANTENIMIENTO PMP 3 (6.000 HORAS 120000 KM)	
		DESCRIPCION	OBSERVACIONES
		ACEITE DEL MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR
		FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR
		FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR
		FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)	CAMBIAR
		ACEITE MANDOS FINALES	CAMBIAR
		ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO Y TRASERO	CAMBIAR
		ACEITE HIDRAULICO (CADA 2000 HORAS Ó 40000 KM)	CAMBIAR
		LIQUIDO REFRIGERANTE	CAMBIAR
		VALVULAS, INYECTORES Y FRENO DE MOTOR	CALIBRAR

Figura 5. PMP 3. Plan de mantenimiento 3.

2.8 Análisis Costo beneficio.

El análisis costo – Beneficio es una herramienta financiera que tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, en nuestro caso será la rentabilidad del banco de maquinaria del municipio de Nunchia. Para dicho análisis se suman todos los gastos, combustible (tabla 19), operador, mantenimiento y los beneficios que serían las horas laboradas de cada máquina, estas horas se comparan con el valor de la hora de una entidad privada que se dedica a la misma función. Así los gastos serían:

Combustible.

De acuerdo con la experiencia de los fabricantes de equipo pesado de construcción y teniendo en cuenta que el consumo de combustible es proporcional a la potencia de la máquina, y que varía según su tipo, altura sobre el nivel del mar, temperatura y condiciones climatológicas, se han establecido diferentes factores para condiciones medias de trabajo, los cuales al multiplicarlos por 0.65 que es la potencia promedio suministrada Por el motor, dan el factor de consumo por caballo de fuerza (CF), así:

- Cargadores, cilindros, compactadores, motoniveladoras, palas, grúas, dragas, retroexcavadoras y tractores, consumen aproximadamente 0.52 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.052 = 0.0338$

- Volquetas pesadas y tractomulas consumen aproximadamente 0.0308 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.0308 = 0.0200$
- Los demás equipos consumen aproximadamente 0.04 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.04 = 0.0260$ (sigg, 2016).

codigo	maquina	Potencia Neta HP	Potencia promedio a la que trabaja	Consumo Apx. De Galones x CF	Factor consumo-caballo de Fuerza (CF)	Consumo de Galones x Hora
EXC-CAS-001	EXCAVADORA CASE CX210B	157	0,65	0,052	0,0338	5,3066
RET-CAT-001	RETROEXCAVADORA CAT 416 D	74	0,65	0,052	0,0338	2,5012
MOT-CAT-001	MOTONVELADORA CAT 120 G	125	0,65	0,052	0,0338	4,225
VIB-CAS-001	VIBROCOMPACTADOR SV208	99	0,65	0,052	0,0338	3,3462
VOL-CHE-001	VOLQUETA KODIAK CHEVROLET	250	0,65	0,0308	0,02002	5,005
VOL-INT-001	VOLQUETA INTERNACIONAL 4700	260	0,65	0,0308	0,02002	5,2052
COM-INT-001	COMPACTADOR INTERNACIONAL	215	0,65	0,0308	0,02002	4,3043
TRA-KUB-001	TRACTOR KUBOTA M105 Serial 70394	106	0,65	0,052	0,0338	3,5828
TRA-KUB-002	TRACTOR KUBOTA M105 Serial 70130	106	0,65	0,052	0,0338	3,5828

Item	Igualdad
Factor de Consumo por Caballo de Fuerza (CF)	Potencia Promedio a la que Trabaja X Consumo Aprox. De Galones por CF
Consumo de Galones por Hora	Potencia Neta X Factor de consumo por caballo de fuerza (CF):

Figura 6. Consumo por hora de ACPM.

Nómina de operadores.

Actualmente se encuentran contratados por prestación de servicio (temporales). Y tiene los siguientes pagos (tabla 20).

GASTOS DE OPERADORES		
NOMBRE	CODIGO DE EQUIPO	VALOR MENSUAL
EMILIO SEPULVEDA VARGAS	RET-CAT-001	1600000
OLMAN ABDALY PESCA MARIÑO.	MOT-CAT-001	2200000
JOSE GULLERMO SOTABAN	VIB-CAS-001	1600000
CAMILO RIVERA ABRIL	EXC-CAS-001	2200000
GUSTABO RAMOS PEREZ	VOL-CHE-001	1600000
LUIS FERNANDO ALMEIDA ROJAS	VOL-INT-001	1600000
JUAN GARZON VARGAS	COM-INT-001	1600000
CESAR MURILLO	TRA-KUB-001	1600000

Figura 7. Gastos de Operadores

3. Resultados

Se ha hecho un aporte de gran importancia al banco de maquinaria del municipio de Nunchia, como lo hemos comentado en puntos anteriores, no contaba con ningún tipo de seguimiento, ni registros de mantenimiento además de ejecutar solamente mantenimiento correctivo, hoy por hoy se cuenta un aplicativo donde se lleva el registro de horas y kilómetros de cada una de las máquinas, con estos registros el aplicativo da una alarma cuando haya que hacer el mantenimiento respectivo.

Al diseñar e Implementar los respectivos mantenimientos para los sistemas críticos de la maquinaria, se dio prioridad al sistema de admisión y al hidráulico, pues estos son los más críticos. Dichos mantenimientos son basados en las indicaciones de los proveedores especialmente de CATERPILLAR, donde se realizan a las 250 h o 5000 km, el siguiente a las 1000 h o 10000 km y el tercero a las 6000 h o 120000 km. Estos planes de mantenimiento los encontramos en el aplicativo y en las tablas 16,17 y 18 respectivamente.

A partir de la elaboración de los formatos necesarios para llevar el registro de acciones relacionadas con la maquinaria, se da soporte, historial, y ayudan a la toma de futuras y acertadas decisiones, pues ellos conforman la gran parte de las hojas de vida de nuestra maquinaria. La elaboración de estas hojas de vida también fue un hecho importante pues son de vital importancia para la alcaldía de Nunchía y para el proceso en general. Las hojas de vida de cada máquina se encuentran en su respectivo anexo.

Por ultimo pero no menos importante se analizó el estado financiero del banco de maquinaria, mediante un análisis costo-beneficio, donde se involucraron todos los gastos de cada una de las maquinas, gastos de combustible, de mantenimiento, de operador, y se compararon con el número de horas laboradas, cada una al precio de la empresa privada en el departamento de Casanare, dando un benéfico neto considerable, a pesar de que se he invertido bastantes recursos en mantenimiento, pues la maquinaria se encontraba bastante olvidada.

4. Discusión

Para el diseño y la implementación del plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria del municipio de Nunchía, nos basamos en actos repetitivos como horas y kilómetros recorridos por la maquinaria, esto nos ha permitido programar un mantenimiento para diferentes tiempos y kilómetros recorridos. ¿Por qué kilómetros y horas y no otro tipo de medida?... porque estas dos medidas son las más constantes en el tiempo, y nos permiten llevar un control más exacto respecto a los gastos (combustible, mantenimiento, operadores, etc.)

El haber aplicado criticidad a los sistemas de la maquinaria, nos facilita centrar los esfuerzos en los más críticos, por ello se elaboraron los planes de mantenimiento basados en AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla), tomando acciones que nos conllevaran a evitar que ocurran dichos modos de falla dentro de cada uno de los sistemas críticos.

El hecho de haber diseñado un aplicativo, que nos sirve de alarma para el mantenimiento respectivo de cada máquina, genero un impacto positivo ante los directivos de la empresa, además de darle credibilidad al proyecto. Y por otra parte nos facilita de manera muy eficiente la forma en que llevamos el control de horas previas a cada mantenimiento.

En la ejecución del proyecto se presencié una problemática, que fue la falta de pertenencia por parte de los operarios, siempre les planteo la siguiente pregunta “¿si a la empresa privada le es rentable un banco de maquinaria, porque a nosotros no?”, a la que se le fue dando respuesta a lo largo del desarrollo del proyecto, y es por la falta de cultura de trabajo y sentido de pertenencia por parte de los operarios hacia a la empresa. Así pues asumiendo compromisos con nuestra labor nosotros también podemos hacer que un banco de maquinaria sea rentable.

5. Conclusiones

Llevar el registro de todas las acciones relacionadas con el banco de maquinaria nos facilitara la toma de decisiones futuras, así como llevar un registro efectivo que se anexa a las hojas de vida de cada equipo.

La elaboración de las hojas de vida, fue un gran paso hacia el control de la maquinaria, en un futuro no muy lejano podríamos tener estadísticas con el fin de implementar otro tipo de mantenimiento más efectivo y rentable.

Al finalizar este proyecto se obtuvieron muchas cosas favorables, empezando, la empresa seguirá implementando el plan de mantenimiento ya que le ha dado grandes resultados, se ha mejorado la disponibilidad del banco de maquinaria así como su rentabilidad, generando grandes efectos sobre el buen estado de las vías y la calidad de vida de la comunidad del municipio de Nunchia,

pensando poner un jefe de maquinaria y su respectivo departamento de mantenimiento.

6. Agradecimientos

A Dios y la Virgen por permitirme haber cumplido esta meta, llenando mi vida de bendiciones.

Agradecerle a m director de proyecto Ing. ELKIN MORA ESPINOSA por su apoyo y aportes de conocimiento y experiencia.

De igual manera agradecerle al Codirector Ing. DIEGO ORLANDO GONZALEZ ROA por su guía y colaboración durante este proceso.

Al M.Sc. WILLIAM MORA ESPINOSA por sus aportes y conocimiento en mantenimiento que han llevado este proyecto a buen término.

A la alcaldía de Nunchia por darme la oportunidad de realizar mis pasantías en el Banco de maquinaria de este municipio.

A MARCELA PERILLA, YEISON ESTEPA, por su apoyo, sus consejos diarios y brindarme un calor de hogar.

A la UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, por aportarme los conocimientos necesarios la realización de este proyecto.

7. Referencias

- Alejandro. (2 de Septiembre de 2012). Obtenido de Mantenimiento industrial: <http://mtoindustrial.blogspot.com.co/2012/09/ques-es-el-mantenimiento.html>
- Hector Sanabria, H. H. (2011). *Elaboracion de un plan de mantenimiento correctivo para la maquinaria de Casanare*. Yopal.
- Kubota. (2009). *Interempresas*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Productos-Tractor-agricola-Kubota-M108S-33601.html>
- Lopez, B. S. (2012). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/>
- Renovetec. (2016). *Irim*. Obtenido de <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/mantenimiento-programado>
- sipg. (2016). *sipg*. Obtenido de sistema de informacion de petroleo y gas colombiano: http://www.infraestructura.org.co/tarifas/Manual_Usuario.pdf

1.

2. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad, confiabilidad y rentabilidad de un banco de maquinaria depende en primer lugar de la calidad de su maquinaria, si cuenta con la garantía y calidad necesaria para operar en diferentes ambientes y realizar trabajos pesados, en segundo lugar depende de la capacidad y conocimiento de los operarios técnicos y personal a cargo. En tercer y último lugar pero no menos importante se encuentra el mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable, pero debemos tener en cuenta que lo que hagamos en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que tomamos se revelan con seis meses o con un año de retraso, hoy pagamos los errores de ayer, o disfrutamos de los aciertos. (Renovetec, 2016).

El mantenimiento correctivo no es viable a largo plazo, pues este no protege la vida útil de la maquina ni tampoco genera ningún resultado favorable en cuanto a las consecuencias de una avería, ya que si falla algún sistema por económico y simple que sea, este puede causar daños en dispositivos mucho más costosos, generando enormes consecuencias para la rentabilidad de la empresa. (Hector Sanabria, 2011)

En este caso en particular del banco de maquinaria del municipio de Nunchia, se implementará un plan de mantenimiento programado, con el fin de aumentar la disponibilidad, confiabilidad y rentabilidad, ya que en el pasado solo se ha realizado el mantenimiento correctivo, y en la actualidad se están pagando esos errores del ayer, con una maquinaria que falla constantemente generando costos de mantenimiento elevados y con una relación costo beneficio casi nula, además de elaborar y diseñar todos los formatos necesarios para poder llevar un control de ciclos repetitivos y así poder formular un plan de mantenimiento programado, dejando consigo las hojas de vida de cada una de las máquinas.

3. JUSTIFICACIÓN

Para mantener en funcionamiento el banco de maquinaria del municipio de Nunchia, se utiliza actualmente mantenimiento correctivo, sin llevar ningún registro de los daños ni de las reparaciones efectuados a la maquinaria. Este mantenimiento solo se lleva a cabo en el momento en que el desempeño de la maquina no es el óptimo o en algunos casos cuando ya ha fallado por completo. En este tipo de mantenimiento, donde se interviene la máquina cuando ya ha ocurrido la avería, se expone a que dicha falla ocasione daños aún mayores en otros sistemas o piezas, generando gastos elevados en los mantenimientos y por consiguiente dejando grandes secuelas en el presupuesto del municipio, afectando la relación costo beneficio, además de acortar de manera significativa la vida útil de la maquinaria.

Con el fin de optimizar las horas de servicio de la maquinaria, aumentar su disponibilidad y rentabilidad se implementara un plan de mantenimiento programado que optimice la relación costo beneficio y así tanto la administración como las comunidades se vean beneficiadas. La administración municipal, disminuyendo gastos de mantenimiento, que repercutirá en el costo beneficio, además de aumentar la vida útil del banco de maquinaria. Por otro lado tenemos a la comunidad, pues este banco de maquinaria está destinado para el servicio de ella, la maquinaria está dedicada a la conservación de vías secundarias y terciarias, así como al acondicionamiento de tierras para cultivos agrícolas.

Si dicha maquinaria funciona con eficiencia la comunidad podrá gozar de excelentes vías, y así una mejor calidad de vida. Además de esto la administración reducirá gastos de mantenimiento, utilizando estos recursos para otros proyectos que beneficien a la comunidad.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar de un plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria del municipio de Nunchia.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisión de la bibliografía científica correspondiente a información de los equipos y mantenimiento
- Búsqueda de la información existente e historiales y elaboración de la hoja de vida de cada equipo
- Elaborar los formatos de información necesarios para el sistema de manteniendo programado y listas de chequeo.
- Diseñar e implementar un sistema de mantenimiento programado basado en AMEF (análisis de modo y efecto de falla).
- Realizar un análisis costo beneficio para los equipos.

5. ESTADO ACTUAL

5.1 MANTENIMIENTO

Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. (Alejandro, 2012) En ese sentido se puede decir que el mantenimiento se define como un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño. (Lopez, 2012) Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (costos)

5.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN

A finales del siglo XVIII y comienzo del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y de igual manera los conceptos de competitividad, costos entre otros. De la misma manera empezaron a tenerse en cuenta el término de falla y comenzaron a darse cuenta que esto producía paradas en la producción. Tal fue la necesidad de empezar a controlar estas fallas que hacia los años 20 ya empezaron a aparecer las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipo de aviación.

Por lo cual podemos concluir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industria, ya que con las primeras máquinas se empezó a tener la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de las fallas que se presentaban en ese entonces eran el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidas las máquinas. En ese entonces el mantenimiento se hacía hasta cuando ya era imposible seguir usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación y producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implementación de una producción en serie, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción por lo cual empezaron a sentir la necesidad de crear un equipo que pudiera efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible. (Nieto, 2009)

En cualquier caso podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

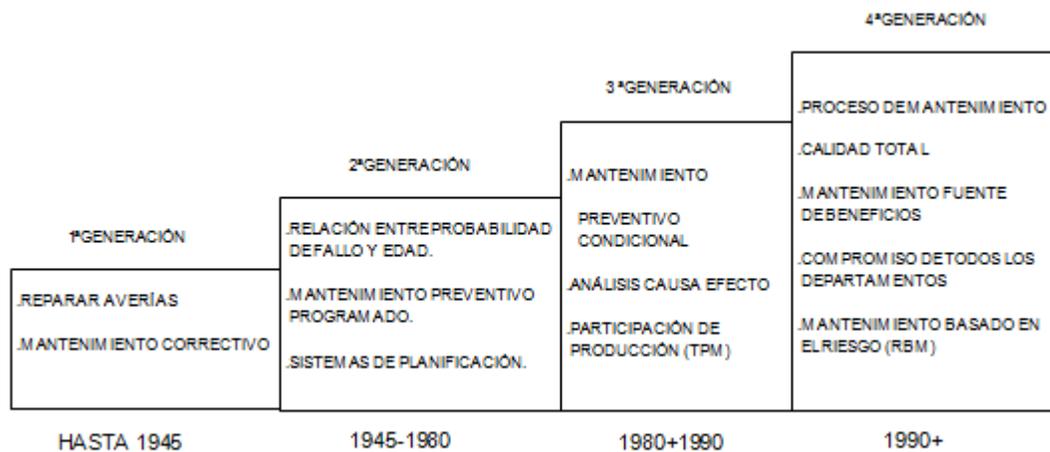
1ª Generación: La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías.

2ª Generación: Entre la 2ª Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas.

3ª Generación: Surge a principios de los años 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe al departamento de producción en las tareas de detección de fallos.

4ª Generación: Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste. (Alejandro, 2012)

Figura 1. Evolución del mantenimiento



Fuente: (Alejandro, 2012).

5.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Cuando se habla de tipos de mantenimiento, es más correcto hablar de tipos de tareas de mantenimiento, y en este sentido, existen diferentes clasificaciones de las tareas según distintos criterios. La clasificación más extendida se refiere a la naturaleza de las tareas, y así, el mantenimiento puede distinguirse en:

Figura 2. Tipos de mantenimiento



Fuente: (Quintero, 2014)

5.3.1 Mantenimiento Proactivo.

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, pero, para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas, es necesario una implicación del personal de mantenimiento.

Estos sistemas sólo son viables si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acortar sus paradas programadas y el coste al inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual. (Sinais , 2013).

En esta categoría podemos encontrar los siguientes tipos de mantenimiento:

- Rutinario
- Programado
- predictivo

Para el caso en particular de este proyecto nos basaremos en el mantenimiento programado.

5.3.1.1 *Mantenimiento programado:*

El 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. (Renovetecnología, 2012) Se caracteriza por tener actividades de inspección, chequeos, monitoreo, cambios de piezas revisión de funcionamiento de elementos. (Quintero, 2014)

Ventajas:

- ❖ Usualmente no necesita programación. Esto se refiere a que puede hacerse en cualquier época del año.
- ❖ No necesita equipos especiales de inspección.
- ❖ Requiere personal menos calificado.
- ❖ Menos costoso de implementar.

Desventajas:

- ❖ Menos continuidad en la operación.
- ❖ Menos confiabilidad. Aunque su confiabilidad es alta, se dice que es menor que el del mantenimiento predictivo. (Ramirez, 2012)

5.3.2 *Mantenimiento reactivo.*

Es el tipo de mantenimiento en el que las acciones se toman tras una falla en el los equipos, para corregir esa falla o avería, volviendo a dejar el equipo productivo. Dentro de este tipo de mantenimiento podemos encontrar:

- Mantenimiento por avería
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento circunstancial

Ventajas:

- ❖ Nula inversión en tiempo, programación, etc.
- ❖ Rentable para equipos poco significativos en cuanto a producción, costes, etc.

Desventajas:

- ❖ Riesgo de paradas de producción de importancia y de plazos impredecibles.
- ❖ Posibilidad de daños irreparables en equipos o elementos caros.
- ❖ Costes de compra, transporte urgente de repuestos o elementos sustitutos.

- ❖ Imposibilidad de optimización de plantilla para Dpto. de Mantenimiento.
- ❖ Aumento del riesgo y gravedad de accidentes laborales.

5.4 ACTUALIDAD DEL MANTENIMIENTO

La economía no es la ventaja más importante del outsourcing en mantenimiento industrial. Según los expertos, una gestión más eficiente, la mejora en los índices de competitividad y el mayor avance tecnológico del equipamiento, serían los principales beneficios de la tercerización del área de mantenimiento industrial de las empresas, superando largamente el clásico argumento de la reducción de costos. Acerca del valor agregado de este servicio y su impacto principalmente en las empresas medianas y grandes, en conversaciones organizadas por la Revista ElectroIndustria se escucharon puntos de vistas de diferentes personajes.

Como señala Gustavo Lehmann, Subgerente de Marketing y Servicios, Área Soluciones Industriales de Siemens, "el entorno cada vez más competitivo en el que se desenvuelven las empresas, las ha llevado a concentrarse en lo que saben hacer mejor, entregándole a un tercero las actividades que no son centrales para su negocio. Entre ellas, el mantenimiento es una de las más emergentes". (Lehmann, 2015). En otras palabras que el mantenimiento sea realizado y responsabilidad de un ente externo o tercero a la empresa, con el fin de concentrarse solamente en sus actividades productivas y el otro ente en el mantenimiento.

Por otro parte el señor Salvador Henríquez, Solution Engineer SCM de SAP, ésta premisa que a simple vista parece tan sencilla, "sólo es posible alcanzar si además de tener una buena estrategia comercial, las compañías cuentan con una cadena de distribución eficiente. Para eso es vital tener una adecuada gestión de los activos y la única manera de lograrlo es a través de una correcta planificación del mantenimiento". (Henriquez, 2015)

Para Eduardo Parra, Gerente Comercial de Solex, el mantenimiento industrial está en su punto de partida, a pesar que desde hace varios años ha venido desarrollándose. "Hasta hace 10 años las empresas no llevaban la cuenta de lo que gastaban en mantenimiento, por lo tanto, ese era un tema poco analizable. Sin embargo, desde hace cinco años esos datos se estudian; abrieron esa 'caja negra' y de alguna manera ese fue el primer paso para hacer crecer este mercado. De ahí en adelante la tendencia en mantenimiento industrial aumentó, y comenzaron a aparecer conceptos como mantenimiento predictivo, que han sido vitales para el fortalecimiento de éste negocio". (Parra, 2016).

5.5 LA ALCALDIA DE NUNCHIA.

La alcaldía Municipal de Nunchia está ubicada en el departamento de Casanare, Municipio de Nunchía, Teléfono: (57 8) 6352010 Fax:(57 8) 6352010 Correo electrónico: contactenos@nunchia-casanare.gov.co Dirección: Palacio Municipal Cra. 5 N° 7 – 44, Frente al parque principal.

Figura 3. Alcaldía de Nunchia



Fuente: <http://www.carreterascolombia.com/casanare/nunchia.html>

5.5.1 Misión

Trabajar integralmente para hacer de Nunchía un municipio incluyente con mejores oportunidades e igualdad de condiciones para la población; posicionado en la parte turística, cultural e histórica, con una economía propia y sostenible ambientalmente.

5.5.2 Visión

El municipio de Nunchía en el año 2025, habrá logrado disminuir las necesidades básicas insatisfechas de la población, con desarrollo sostenible, agropecuario, turístico, histórico y cultural; caracterizado por ser una sociedad próspera, emprendedora, solidaria, equitativa y autónoma.

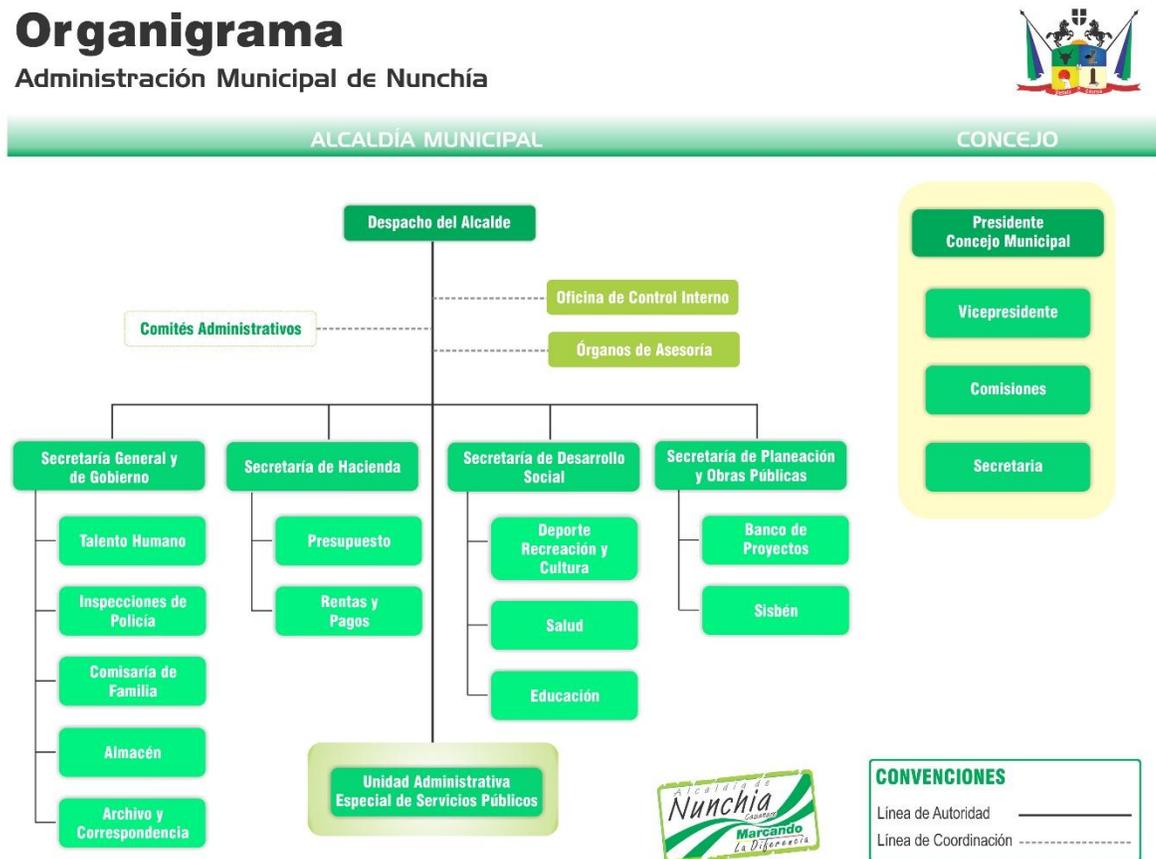
5.5.3 Funciones

Objetivos estratégicos institucionales

- Implementar mecanismos de participación ciudadana en todos los sectores para generar mayor cercanía entre la sociedad y el estado.
- Estructurar proyectos viables que permitan gestionar recursos a las entidades públicas y privadas.
- Proteger y preservar los recursos naturales mediante la adquisición de predios.
- Crear y fomentar una identidad cultural a través de la formación en las diferentes expresiones artísticas representativas de la región.
- Rescatar y promover los sitios históricos y turísticos del municipio. (Nunchia-Casanare, 2016).

5.5.4 Organigrama.

Figura 4. Organigrama Alcaldía de Nunchia



Fuente: <http://nunchia-casanare.gov.co/apc-aa-files/39656264343431616634316130623233/Organigrama2012act100512.jpg>

5.5.5 Ubicación.

Este ilustre municipio de Casanare, está lleno de diversos sitios que invitan a propios y extraños a recorrerlos en un paseo ecológico, donde al entrar en contacto con lo exótico, colorido y bello de sus paisajes, se pueden vivir sencillos momentos de felicidad, descanso y recreación.

Nombre del municipio: Nunchía

NIT: 800099425-4

Código Dane: 85225

Gentilicio: Nunchianos

Otros nombres que ha recibido el municipio: San Carlos de Nunchía

Límites del municipio:

Por el norte con el Municipio de Támara;

Por el oriente con los Municipios de Pore y San Luís de Palenque;

Por el Sur con San Luís de Palenque y Yopal;

Por el occidente con el departamento de Boyacá.

Extensión total: 1149.126 Km²

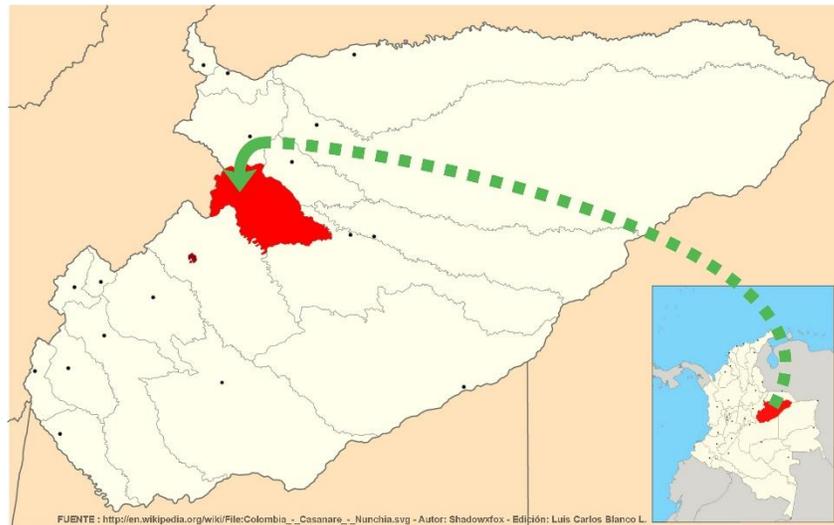
Extensión área urbana: 5.7 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 398

Temperatura media: 26° C

Distancia de referencia: 53 Kms. a Yopal (capital del departamento).

Figura 5. Ubicación de Nunchia



Fuente: http://nunchia-casanare.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcEl%20municipio%20en%20el%20pa%EDs-1-&x=2776458

5.6 BANCO DE MAQUINARIA DEL MUNICIPIO DE NUNCHIA

En la actualidad el banco de maquinaria del municipio de Nunchia no cuenta con ningún plan de mantenimiento, los operarios son los encargados de hacer las reparaciones cuando ocurren averías, además no se lleva un registro de las actividades y reparaciones q se le realiza a la maquinaria, esto ha generado un problema grave para los intereses de la alcaldía y la comunidad.

El banco con el que cuenta la alcaldía municipal de Nunchia-Casanare consta de 9 máquinas las cuales se mencionan a continuación:

Tabla 1. Banco de maquinaria.

NOMBRE	MODELO	PLACA O SERIE	CANT
Volqueta Chevrolet	Kodiak	OJA 036	1
Retroexcavadora CAT	416 D	BD011689	1
Motoniveladora CAT	120 G	4HD02634	1
Excavadora CASE	CX210B	N8SAH2427	1
Vibro Compactador CASE	SV208	68302326	1
Volqueta Internacional	4700	OFJ 147	1
Tractor Agrícola KUBOTA	M108S	70394	1
Tractor Agrícola KUBOTA	M108S	70130	1
Compactador de Basura Internacional	McNeilus	OJA 107	1

Fuente: Autor del Proyecto

5.6.1 Volqueta Chevrolet, Kodiak 157.

Cuenta con el motor diésel Caterpillar 3126 Electrónico (Véase Figura 7). Este está acoplado a una transmisión manual Fuller FS 6305A de 5 velocidades. El Kodiak 7500 157" se caracteriza por tener una gran capacidad de remolque. En el municipio de Nunchia es utilizado para el transporte de materiales de relleno que son llevados desde canteras y ríos hasta el lugar donde se requiera, generalmente vías terciarias de las cuales el municipio se encarga de su mantenimiento.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 1).

Figura 6. Volqueta Kodiak 157



Fuente: Autor del Proyecto

5.6.1.1 Motor Caterpillar 3126.

El motor Caterpillar 3126 *Electrónico* de 6 cilindros y 7.193 cc. Diésel, Alcanza una potencia máxima de 207 hp a 2500 rpm y un torque de 520 Lb.ft. a 1440 rpm.

Figura 7. Motor Caterpillar 3126.



Fuente: <http://www.hamofa.be/offer/new-engines/nbej3126-caterpillar-3126.html>

5.6.2 Retroexcavadora Caterpillar 416D.

Las retroexcavadoras cargadoras Caterpillar proporcionan capacidades superiores de excavación, apertura de zanjas, relleno y manipulación de materiales y se pueden utilizar para muchas aplicaciones.

En el municipio de Nunchia se utiliza para cargue de material, apertura de zanjas, adecuación de caminos etc.

Las retroexcavadora Cat 416D (véase *Figura 8*), con su motor Caterpillar 3054B (véase *Figura 9*) entrega la potencia y la manipulación precisa que necesita para trabajar en áreas donde el uso de equipos más grandes no resulta práctico. Debido al tamaño del bastidor relativamente pequeño y la versatilidad, nuestras retroexcavadoras cargadoras mejoran la productividad de la construcción y reducen los costos de operación de la máquina. La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 5).

Figura 8. Retroexcavadora Cat 416D

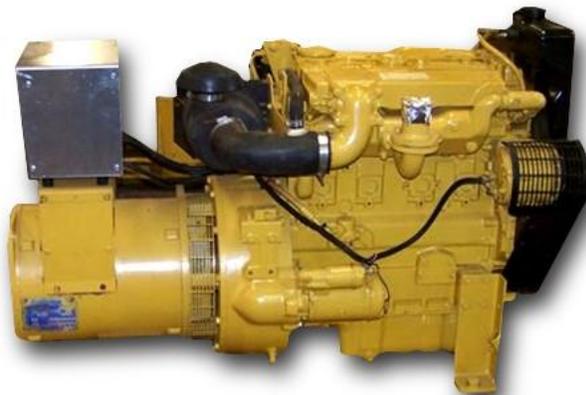


Fuente: Autor del Proyecto

5.6.2.1 Motor Caterpillar 3054B.

El motor Diesel 3054B Caterpillar de aspiración natural y 55 kW (74 hp) incluye un nuevo sistema que genera una potencia confiable con bajo nivel de emisiones, excelente economía de combustible y la gran durabilidad tradicional de Caterpillar.

Figura 9. Motor Caterpillar 3054B.



Fuente:

<https://www.google.com.co/search?q=Motor+Caterpillar+3054B&sa=X&biw=1242&bih=606&espv=2&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwj-0vbnuoDNAhXHVh4KHVnrBWcQsAQILA#imgrc=UECP8KIPxFO47M%3A>

5.6.3 Motoniveladora CAT 120G

La motoniveladora CAT 120G con su motor Caterpillar 3304 (véase *Figura 11*), es utilizada en muchos proyectos de movimientos de tierra donde se exige que la plataforma esté acabada con cuidado, de tal forma que la superficie sea uniforme y plana, sin ondulaciones o surcos. La Motoniveladora ha sido concebida especialmente para refinar la explanada, la superficie de la sub-base en las carreteras, así como los desmontes y los rellenos, para igualar taludes de las presas de tierra y conservar los caminos de arrastre de obras. Se trata de una máquina de auto-desplazable que sustenta sobre sus dos o tres ejes.

En el municipio de Nunchia se utiliza para el extendido de material sobre las vías, además para la apertura de zanjas de drenaje de las vías.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 7).

Figura 10. Motoniveladora Cat 120G



Fuente: Autor del proyecto

5.6.3.1 Motor Caterpillar 3304.

El motor 3304 mide 45,60 pulgadas (115,8 cm) de largo, 29,28 pulgadas (74,3 cm) de ancho, 46,11 pulgadas (117,1 cm) de alto y tiene un peso en seco de 1.670 libras (757,5 kg). Cuenta con una capacidad de agua de 4,2 galones (15,1 l), un sistema de aceite lubricante de recarga de 8,3 galones (31,4 l) y un intervalo de cambio de aceite de 250 horas, con una potencia neta de 130 hp. (español, hobbies, 2013). El equipo adicional estándar para el 3304 incluye filtro de aire con tapa para lluvia, una bomba de agua de toma de engranajes, un sistema de encendido en V Altronic y un medidor de servicio de instrumentación. Otras especificaciones estándar incluyen un radiador de aceite, llenado de aceite y varilla, soportes de montaje del motor y un sistema de cierre de protección para mayor seguridad.

Figura 11. Motor Caterpillar 3304



Fuente: <http://www.hamofa.be/offer/engine-services/r12z3304-caterpillar-3304-dit.html>

5.6.4 Excavadora CASE CX210B

La excavadora hidráulica CX210B con su motor Isuzu AI-4HK1X (véase *Figura 13*) es frecuentemente usada para la excavación de rocas y tierra, sin embargo, gracias a sus numerosos accesorios también puede ser usada para el corte de acero, el rompimiento de concreto, el taladro de hoyos en la tierra, el cimientado de gravilla antes del pavimento, el destrozado de rocas, acero, y concreto. En el municipio de Nunchia es utilizada para el cargue de material de río, así como para la abertura de zanjas, acondicionamiento de barricadas para evitar el desbordamiento de ríos. La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 4).

Figura 12. Excavadora CASE CX210B



Fuente: Autor del proyecto

5.6.4.1 Motor Isuzu AI-4HK1X.

Motor de 4 tiempos diésel refrigerado por agua en línea vertical, con una cilindrada de 5,2 Litros, cuatros cilindros en línea, inyección directa, turboalimentado, con un peso en seco de 480 kg, y una potencia de salida de 117 kW.

Figura 13. Motor Isuzu AI-4HK1X



Fuente: http://www.westquip.ca/wp-content/uploads/2012/07/4hk1x_sales_lit.pdf

5.6.5 Vibrocompactador CASE SV208

Estas máquinas son muy utilizadas para compactación de tierra, y de materiales utilizados en el mantenimiento de vías y asfaltos. En el municipio de Nunchia se utiliza para el apisonamiento del material sobre las vías. El SV208 tiene un motor Cummins QSB 3.3 – C99 (Véase Figura 15). La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 3).

Figura 14. Vibrocompactador SV208

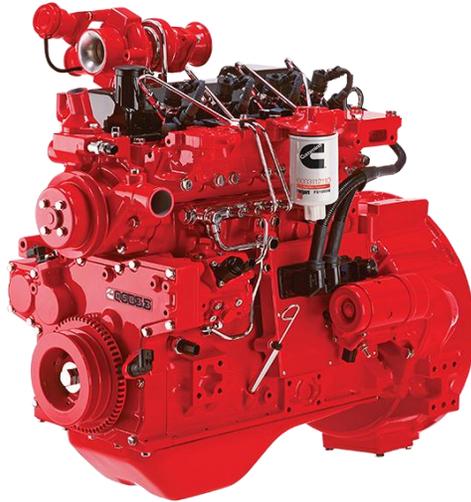


Fuente: Autor del Proyecto

5.6.5.1 Motor Cummins QSB 3.3.

Turbo alimentado post enfriado, potencia nominal 99 hp (74 kW) a 2200 rpm y un consumo de combustible bastante bajo del orden de 2.7 gal/hr (10,1 L/h). Lo que lo hace muy eficiente al momento de ahorro de combustible.

Figura 15. Motor Cummins QSB 3.3



Fuente: [https://cumminsengines.com/showcase-item.aspx?id=137&title=QSB3.3+\(Tier+3\)#overview](https://cumminsengines.com/showcase-item.aspx?id=137&title=QSB3.3+(Tier+3)#overview)

5.6.6 Volqueta Internacional 4700.

Volqueta que se encuentra en comodato con la gobernación de Casanare, Posee un motor International DT 466 (véase Figura 17), el cual ha sido por mucho tiempo el "patrón oro" para los camiones de trabajo mediano. Totalmente reconstruible en el chasis con arquitectura de camisas húmedas, simplemente no hay un mejor motor para poseer, operar y mantener. (Internacional, 2009).

En el municipio de Nunchia esta volqueta es utilizada para el transporte de materiales de construcción, generalmente materiales de río además para el transporte de combustibles a los lugares donde se encuentran las demás máquinas.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 3).

Figura 16. Volqueta Internacional 4700



Fuente: Autor del proyecto

5.6.6.1 Motor DT466.

El DT466 usa un motor de cuatro ciclos y seis cilindros con 466 pulgadas cúbicas de desplazamiento. Los pistones tienen un diámetro y una carrera de 4,59 por 4,65 pulgadas (116,5 por 118,9 mm). Su radio de compresión es de 16,5 a 1. Su potencia máxima es de 260 caballos de fuerza a 1.900 rpm, mientras que su torsión máxima es de 800 pies por libra a 1.400 rpm. El motor usa inyección de combustible directa y un sistema de aspiración turbocargado. Con un filtro de aire-aire enfriado internamente. La velocidad del motor regulado es de unas 2.500 rpm. El motor tiene una longitud total de 45 pulgadas (112,5 cm), un ancho de 29 pulgadas (72,5 cm) y un alto de 41 pulgadas (102,5 cm). Su peso total en seco, sin fluidos o diésel, es de 1.424 libras (646 kg). El sistema de lubricación contiene 30 cuartos de aceite y el sistema de enfriamiento utiliza 13,5 cuartos de refrigerante. (Español, 2013).

Figura 17. Motor DT466



Fuente: <http://www.enginebuildermag.com/2011/09/the-legend-lives-on-rebuilding-the-international-dt466-engine/>

5.6.7 Tractor agrícola kubota M108S

El tractor M108S equipado con motor Kubota V3800-DT-TI-CRS (Véase Figura 19) con sistema Common Rail que permite abordar una gran variedad de tareas y cumple la normativa de emisiones y entrega la potencia de forma suave. Ideal para trabajos pesados, es también idóneo para ganadería, transporte, y mucho más. El municipio de Nunchia cuenta con dos ejemplares de este tipo, son utilizados para la adecuación de tierras para la agricultura y la ganadería. La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 8 Y 9).

Figura 18. Tractor agrícola Kubota M108S



Fuente: Autor del Proyecto.

5.6.7.1 Motor Kubota V3800-DT-TI-CRS.

El motor del Kubota V3800-DT-TI-CRS presenta un diseño con CRS (Sistema Common Rail) y el Cooled EGR que reduce las emisiones tóxicas, con una potencia de 108,5 CV. (Kubota, 2009).

Figura 19. Motor Kubota V3800

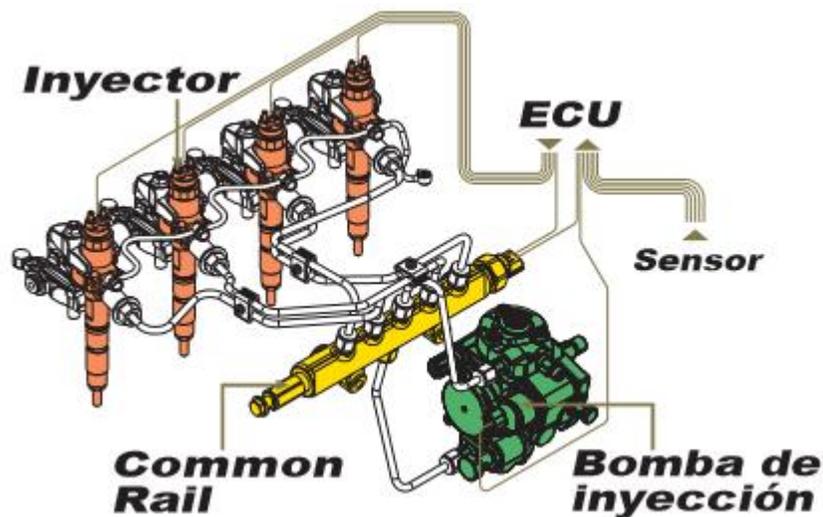


Fuente: <http://www.kubotaengine.com/>

5.6.7.2 Sistema Common Rail.

CRS (*Sistema Common Rail*) (Véase Figura 20) Ya introducido en el sector de los turismos, para ayudar a reducir las emisiones y el consumo de combustible, el sistema CRS ha sido incorporado en el motor de nuestro M108S para cumplir los mismos objetivos. El CRS controla electrónicamente, el instante de la inyección y la cantidad de combustible inyectado. Mediante la inyección a alta presión en diferentes fases, en vez de todo de una vez, se consigue un ratio óptimo de combustión, y una mayor eficiencia en el cilindro. Esto se traduce en menor ruido de combustión, comúnmente conocido como “golpe diésel”, mejor aprovechamiento del combustible y emisiones más limpias. Controlando la cantidad de combustible inyectado, el CRS también proporciona valores de par motor más altos, por lo que las operaciones en la gama media/alta de revoluciones, tales como empacar, pueden hacerse con mayor suavidad. (Kubota, 2009)

Figura 20. SCR, Sistema Common Rail.

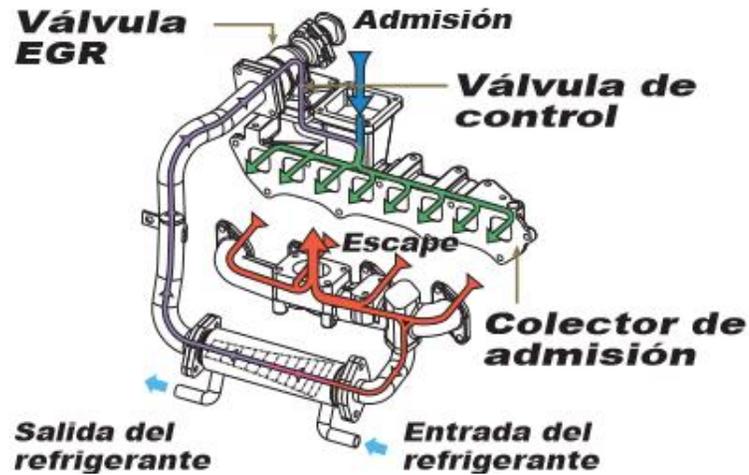


Fuente: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/3243/108-cv_M-108-S_2010--1-.pdf

5.6.7.3 Cooled EGR

(*Sistema de recirculación de los gases de escape con refrigeración de éstos*). (Véase Figura 21). Sistema de recirculación de gases de escape con refrigeración de estos EGR, tiene la misma finalidad que el CRS – reducir las emisiones nocivas. Lo consigue haciendo pasar los gases de escape a través de un refrigerador y devolviéndolos a las cámaras de combustión, donde los gases enfriados bajan la temperatura y evitan la formación de óxido de nitrógeno. (Kubota, 2009).

Figura 21. Cooled EGR.



Fuente: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/3243/108-cv_M-108-S_2010--1-.pdf

5.6.8 Compactador de basura Internacional.

Con un motor Internacional DT 466 (véase Figura 17) de 7,6 Litros tiene la suficiente potencia para el transporte de residuos de desecho de la población del municipio de Nunchia, con una caja compactadora de basura McNeilus, El McNeilus metro Pak Cargador es perfecto para los transportadores que buscan un producto fiable que proporciona eficiencia y versatilidad en un chasis de un solo eje. (McNeilus, 2015). La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 3).

Figura 22. Compactador de basura, McNeilus



Fuente: Autor del proyecto

6. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para la realización de este proyecto se tuvo presente varias fases, todas ellas hacen parte esencial para llevar este proceso a un feliz término.

A continuación se describe cada una de las fases, sus inconvenientes, dificultades y todo lo pertinente a cada una de ellas.

6.1 BÚSQUEDA DE HISTORIALES Y ARCHIVOS

Esta etapa se contó con apoyo físico y logístico del personal de archivo y almacén de la alcaldía de Nunchia, señora Raquel Piraban y el Almacenista el señor Fabio Márquez, buscando en los archivos del municipio documentos que nos pudiesen brindar una guía para la implementación del proyecto.

Siendo esta una etapa muy tediosa y con dificultades debido a que en tiempos pasados sólo se realizaba mantenimiento correctivo, no existía ningún documento que soportara las reparaciones efectuadas en años anteriores, ni muchos menos un historial de mantenimiento. Después de varias horas buscando en archivos olvidados, se encontraron algunos documentos que son útiles para el proyecto. Documentos tales como, comodatos, pólizas de seguro, certificados de importación de la Dian entre otros, esta documentación está incluida en la hoja de vida de cada equipo que estará en los anexos de este proyecto.

6.2 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN Y CATALOGOS

Esta fase se indagó en búsqueda de información sobre el banco de maquinaria, información de suma importancia para el desarrollo del proyecto, por medio de los proveedores de la maquinaria y portales web, tales como CATERPILLAR, CASE Y KUBOTA, dentro de esta información tenemos fichas técnicas, catálogos de mantenimiento, algunas listas preoperacionales entre otros.

6.3 ELABORACIÓN DE FORMATOS Y HOJAS DE VIDA

En esta parte del proyecto se elaboraron todos los formatos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento programado, que a su vez sirven para la conformación de las hojas de vida de la maquinaria.

La administración municipal en cabeza del señor alcalde Fredy Higuera Marques, señaló la importancia que es para la alcaldía el soporte técnico e histórico que se puede llegar a tener con las hojas de vida de la maquinaria, dando credibilidad a su mandato y registros que serán utilizados por entes del gobierno en investigaciones del orden cotidiano.

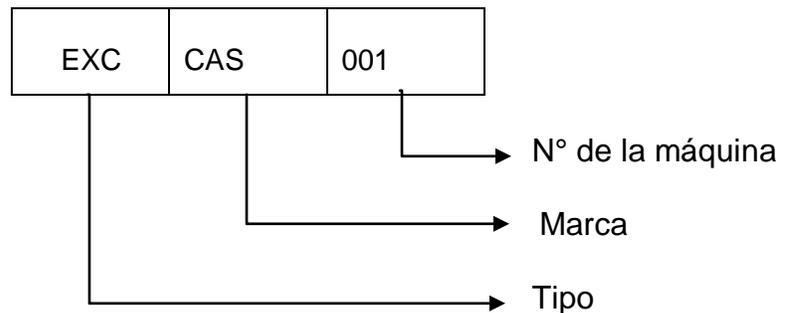
Para llevar a fin esta etapa se procede de la forma más sencilla pero esencial que conlleva al buen entendimiento y orden de los procesos dentro del proyecto, tal como lo es a codificación de los equipos.

6.3.1 Codificación de los equipos.

Dentro de todo proceso o empresa que maneje equipo y maquinaria es de vital importancia la codificación, ya que debido a ésta, se facilita el trabajo de identificación de cada uno de los equipos, facilitando a los operarios y personas involucradas con las máquinas el engorros proceso de nombrar cada una de ellas y más cuando hay equipos idénticos.

Para el caso especial del banco de maquinaria del municipio de Nunchia se hizo la codificación de la siguiente manera:

Figura 23. Codificación



Fuente: Autor del Proyecto

6.3.1.1 Codificación del tipo de máquina.

De esta forma, tenemos un código para cada tipo de máquina existente dentro del banco de maquinaria, Así para la codificación se tomaran las tres primeras letras del nombre de cada máquina, de la siguiente forma:

Figura 24. Codificación del Tipo de Maquina.

TIPO DE MÁQUINA	CODIGO
EXCAVDORA	EXC
RETROEXCAVDORA	RET
MOTONIVELADORA	MOT
VOLQUETA	VOL
VIBROCOMPACTADOR	VIB
COMPACTADOR DE BASURA	COM
TRACTOR AGRICOLA	TRA

Fuente: Autor del Proyecto

6.3.1.2 Codificación de la Marca.

Para la codificación de la marca se hizo de la misma forma que para el tipo de máquina, se tomaran las tres primeras letras del nombre de la marca, quedando de la siguiente forma.

Figura 25. Codificación de la marca.

MARCA	CODIGO
CATERPILLAR	CAT
CASE	CAS
KUBOTA	KUB
CHEVROLET	CHE
INTERNACIONAL	INT

Fuente: Autor del proyecto

6.3.1.3 El número.

Este hace referencia al número de máquinas que existen de determinado tipo y marca, los códigos serán separados por un guion medio después de cada ítem, (Tipo de máquina – Marca - Número), así el significado del código de la (figura 23), EXC-CAS-001 significara:

EXC: Excavadora CAS: Case 001: La número uno.
Es una máquina tipo **EXCAVADORA**, de Marca **CASE**, la numero **001** de su tipo.

6.3.1.4 Codificación del banco de maquinaria.

Una vez socializada la nomenclatura de los códigos del Banco de maquinaria, quedo de la siguiente manera:

Figura 26. Codificación de cada equipo.

NOMBRE DE LA MÁQUINA	PLACA/SERIA	CODIGO	MODELO
EXCAVADORA CASE	N8SAH2427	EXC-CAS-001	2010
RETROEXCAVDORA CATERPILLAR	BDO11689	RET-CAT-001	416 D
VIBROCOMPACADOR CASE	68302326	VIB-CAS-001	2009
MOTONIVELADORA CATERPILLAR	4HD02634	MOT-CAT-001	120 K
VOLQUETA CHEVROLET KODIAK	OJA-036	VOL-CHE-001	2006
VOLQUETA INTERNACIONAL	0FJ-747	VOL-INT-001	1996
COMPACTADOR DE BASURA INTERNACIONAL	OJA-107	COM-INT-001	2010
TRACTOR AGRICOLA KUBOTA	70394	TRA-KUB-001	2009
TRACTOR AGRICOLA KUBOTA	70130	TRA-KUB-002	2009

Fuente: Autor del Proyecto

6.3.2 Diseño y elaboración de formatos.

Los formatos son de vital importancia al momento de llevar a cabo cualquier plan de mantenimiento, pues en ellos se registra la mayor parte de la información de las máquinas, permitiendo tener un mejor control y seguimiento de las acciones realizadas y a su vez poder tener un registro histórico para en un futuro poder tomar decisiones acertadas. Tenemos dos conjuntos: Formatos Básicos y Formatos de Mantenimiento.

- **Formatos Básicos:** En estos formatos se registra toda la información de la máquina y *solo se llenan una vez*, nos sirven como introducción a la hoja de vida de la máquina, permitiendo conocer las características principales, el estado actual, y todo lo relacionado con la ficha técnica de cada una de las máquinas.

En ellos tenemos: Formato de Registro de Máquina, Formato Ficha Técnica, Formato de Datos de rendimiento (solo para algunas máquinas), Formato de Panorámicas y Características, y carta de lubricación (*para compactador de basura únicamente*)

- **Formatos de mantenimiento:** En estos formatos se registra todo los datos de mantenimiento, y se *llenan día a día*, o cada vez que se requieran, nos sirven para llevar un registro minucioso de lo que pasa con cada una de nuestras máquinas.

En ellos Tenemos: Formato de Orden de Trabajo, Formato de solicitud de Servicio, Formato Control de Viajes, Formato Control de Horas, Formato Lista de Chequeo Diaria para Volquetas, Formato Lista de Chequeo Diaria para Maquinaria.

Para ejemplo utilizaremos los formatos de la RETROEXCAVADORA CASE CX210B. Los demás formatos debidamente diligenciados estarán en los anexos del proyecto, en su respectiva hoja de vida.

6.3.2.1 Formato de Registro de Maquinaria.

Se diseñó de tal manera que nos pueda servir para volquetas y maquinaria amarilla, aquí registramos datos como: código dentro de la empresa, número del motor, tipo de combustible, voltaje, motor, cilindrada, fallas comunes de la máquina, estado, listado de repuestos en almacén y una foto en el estado actual en el que se encuentra. Este formato será lo primero que veamos en la hoja de vida, pues es la “Cedula de la máquina”.

Figura 27. Formato Registro de Maquinaria

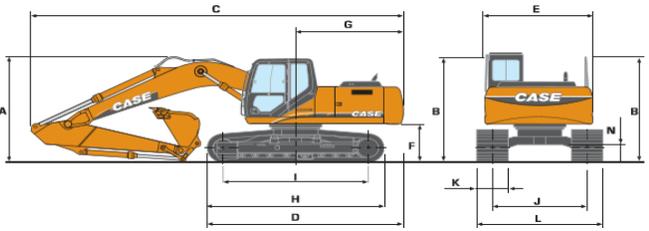
REGISTRO DE MAQUINARIA				
MANTENIMIENTO		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS		
			Version: 001 pag. 1 de 1	
				
	NOMBRE	EXCAVADORA		
	MARCA	CASE		
	CODIGO	EXC-CAS-001		
	N° MOTOR	4HK446736		
	MODELO	CX210B		
	UBICACIÓN	MUNICIPIO DE NUNCHIA - CASANARE		
	MODELO MOTOR	Isuzu AI-4HK1X Certificación Tier III		
	Nº CHASIS	PENDIENTE		
	SERIAL	N8SAH2427		
	CILINDRAJE	5,2 L		
	CARACTERISTICAS			
	COMBUSTIBLE	DIESEL	VALOR	\$280.000.000,01
VOLTAJE	24 V (2 baterías 92 Ah)	ESTADO	FUNCIONANDO	
RALENTI	1000 Rpm	COLOR	AMARILLO CASE	
FALLAS COMUNES		REPUESTOS EN ALMACEN		
Fallas de Carriles. Bujes de las orugas. Zapatas. Empaquetadura de los actuadores hidraulicos. Acoples de las mangueras hidraulicas. Mangueras hidraulicas. Dientes y bases del Balde.		Juego de dientes. 6 Carriles.		
Elaboro:		Reviso:		
Observaciones: Ninguna				

Fuente: Autor del proyecto.

6.3.2.2 Formato de Ficha Técnica.

Se diseñó de tal manera que nos brinde la mayor cantidad de información, pues entre más conozcamos nuestra máquina más acertaremos en las decisiones. Recopila datos técnicos como: medidas, capacidades de los depósitos, pesos de la máquina, características del motor, características del sistema hidráulico, datos de operación, sistema eléctrico, entre otros. La ficha técnica se define según La guía técnica colombiana como el registro de las incidencias, averías, reparaciones y actuaciones consistentes a una determinada actividad. Según lo expuesto anteriormente, se cree que esta definición se adapta más a lo que se denomina hoja de vida. En cuanto a la ficha técnica se dice que la definición corresponde al documento en el que queda registrado los datos importantes de una máquina o sistema.

Figura 28. Formato Ficha Técnica.

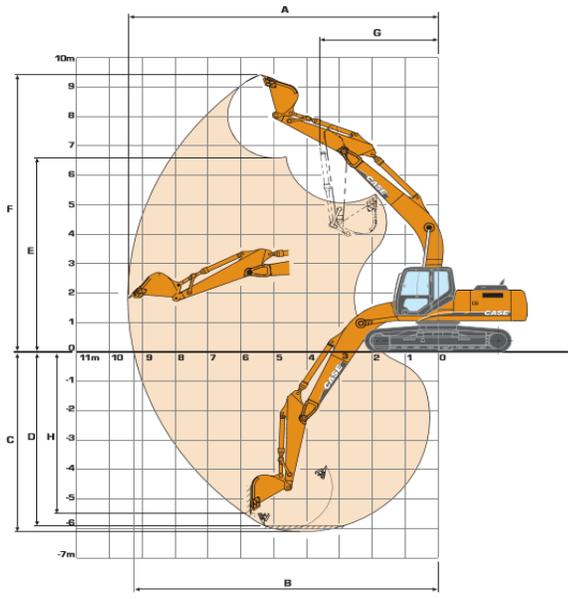
		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA FICHA TECNICA			
MAQUINA		EXCAVADORA CASE CX210		CAPACIDADES DE LOS DEPOSITOS	
CODIGO		EXC-CAS-001		Capacidad de combustible	
				410 L	
				Aceite motor (con cambio de filtro)	
				23,1 L	
				Sistema hidráulico	
				240 L	
				Depósito hidráulico	
				147 L	
				Reductora de desplazamiento (lado)	
		4,5 L			
		Reductora de giro			
		5,0 L			
		Radiador (refrigeración del motor)			
		25,6 L			
MOTOR					
Marca				ISUZU	
Tipo				AI-4HK1X	
Potencia Neta (1800 rpm)				117 kW	
Cilindrada				5,2 L	
Cantidad de Cilindros				4	
Diámetro-Carrera				115 x 125 mm	
OPERACIÓN					
Velocidad alta: (avance / retroceso)				5,6 Km/h	
Velocidad baja: (avance / retroceso)				3,4 Km/h	
SISTEMA HIDRAULICO					
Presion maxima				2 x 211 lit/min	
Acoplamiento / Power Boost				343/368 Bar	
PESO					
Peso bruto del Vehiculo				20900 Kg	
SISTEMA ELECTRICO					
Tensión				24 Voltios	
Alternador				50 amp	
(2) Baterias				(92 Ah)	
DIMENSIONES					
N°	DESCRIPCION	DISTANCIA			
A	Altura total (con accesorio)	3,19 m			
B	Altura (Cabina / Pasamanos)	2,94 m			
C	Longitud total (con accesorio)	9,48 m			
D	Longitud total (sin accesorios)	4,96 m			
E	Anchura de la torreta	2,77 m			
F	Distancia al suelo de la torreta	1,04 m			
G	Radio de giro (extremo trasero)	2,72 m			
H	Longitud total de la cadena	4,47 m			
J	Anchura de Via	2,39 m			
K	Anchura de tejas estandar	600 mm			
L	Anchura maxma de Cadena tejas de 600 mm	2,99 m			
M	Distancia al suelo	0,46 m			
	Presión al suelo	0,43 bar			

Fuente: Autor del proyecto

6.3.2.3 Formato de datos de rendimiento.

Este formato se diseñó solo para algunas máquinas que tienen funciones específicas y sistemas distintos a las demás. Se caracteriza por tener datos especialmente de medidas, capacidades y alcances de la máquina.

Figura 29. Formato de Datos de Rendimiento.

		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA DATOS DE RENDIMIENTO			
MAQUINA	EXCAVADORA CASE CX210	Caudal maximo hidraulico	18 L / min		
CODIGO	EXC-CAS-001	Torque max a 1500 rpm	682 N/m		
		DATOS DE RENDIMIENTO			
		N°	DESCRIPCION	MEDIDA	
		A	Radio máximo de excavación	9,42 m	
		B	Radio de excavación a nivel del suelo	9,24 m	
		C	Profundidad máxima de excavación	6,10 m	
		D	Profundidad de excav. fondo plano de 2,44 m	5,90 m	
		E	Altura de descarga	6,59 m	
		F	Altura de alcance total	9,44 m	
		G	Radio de giro mínimo accesorio	3,60 m	
		H	Profundidad de excav. Pared recta vertical	5,50 m	
	Radio de giro mínimo	3,60 m			
FUERZA DE EXCAVACION DEL BRAZO					
Estándar		123 KN			
Power Boost		132 KN			
FUERZA DE EXCAVACION DEL BALDE					
Estándar		142 KN			
Power Boost		152 KN			
CILINDROS HIDRAULICOS					
Cilindros de la pluma		2			
Carrera		1255 mm			
Cilindros del brazo		1			
Carrera		1460 mm			
cilindros del balde		1			
Carrera		1010 mm			

Fuente: Autor del Proyecto

6.3.2.4 Formato de Panorámicas:

Dicho formato se diseñó con el objetivo de que se pueda apreciar el estado exterior de nuestra maquinaria, con vistas frontal, posterior, lateral derecha y lateral izquierda, además se agregó un espacio donde se pueden colocar características de las llantas, orugas u otro tipo de característica relevante.

Figura 30. Formato de Panorámicas.

FOTOS PANORAMICAS						
		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PANORAMICAS				
MAQUINA		EXCAVADORA CASE CX210B				
CODIGO	EXC-CAS-001	FECHA	DD: 16	MM: 05	AA: 2016	
FRONTAL			POSTERIOR			
						
LATERAL DERECHA			LATERAL IZQUIERDA			
						
CARACTERISTICAS ORUGAS						
			<p>Los rodillos de la cadena se tratan térmicamente para aumentar su vida útil. La máquina incluye sólidas guías de cadena y eslabones mejorados, con nuevas juntas en forma de M y bulones más resistentes, para ofrecer la máxima duración y fiabilidad. Se ha revisado el diseño de los rodillos de la cadena para minimizar el desgaste, y el diseño de las juntas tóricas evita la entrada de material abrasivo.</p>			

Fuente: Autor del proyecto

6.3.2.5 Formato de orden de Trabajo.

Figura 31. Orden de Trabajo.

ORDEN DE TRABAJO							
		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS ORDEN DE TRABAJO NUMERO: ____			Version: 001 Pag. 1 de 1		
FECHA	AÑO:	MES:	DIA:	AUTORIZADO POR			
AREA				ASIGNADO A			
EQUIPO				FECHA DE ENTREGA	AÑO:	MES: DIA:	
CODIGO				TIEMPO ASIGNADO			
TRABAJO A REALIZAR:							
REPORTE TECNICO:							
MATERIALES UTILIZADOS							
DESCRIPCION				CANTIDAD	VALOR		
VALOR TOTAL DE REPUESTOS							
MANO DE OBRA							
NOMBRE			TIEMPO (HORAS)		VALOR		
COSTO TOTAL DE MTO.			TOTAL MANO DE OBRA				
CAUSA DEL SERVICIO							
LUBRICACION	<input type="checkbox"/>	MAL OPERADA	<input type="checkbox"/>	DAÑO ELECTRICO	<input type="checkbox"/>		
SOBRE CARGA	<input type="checkbox"/>	NEGLIGENCIA	<input type="checkbox"/>	RPTO INADECUADO	<input type="checkbox"/>		
FATIGA	<input type="checkbox"/>	ACCIDENTAL	<input type="checkbox"/>	DAÑO ELECTRONICO	<input type="checkbox"/>		
MAL REPARADA	<input type="checkbox"/>	FALLA OTRO EQUIPO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>		
OBSERVACIONES INTERNAS:							
ELABORADO:		EJECUTADO:		RECIBIDO:		APROBADO:	

Fuente: Autor del Proyecto

El formato de orden de trabajo se utiliza cuando llega la solicitud de servicio, posteriormente el ingeniero a cargo de la maquinaria despacha la orden de trabajo, generalmente las reparaciones las hace el técnico, en algunas ocasiones que se requiere personal especializado, dicho personal se trae de otra parte del país.

Este formato se diseñó de tal manera que nos brinde información para en un futuro tomar buenas acciones, contiene un espacio para que el técnico de su reporte, además de los datos de valores de los repuestos, cantidades y datos de la máquina a reparar.

6.3.2.6 Formato solicitud de servicio.

Este se diseñó para que los operarios cuando detecten alguna falla potencial o un defecto, soliciten el servicio que ellos creen necesario, relatando en sus palabras la falla y la posible causa. Además contiene los datos de la máquina.

Figura 32. Solicitud de Servicio.

SOLICITUD DE SERVICIO																				
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS SOLICITUD DE SERVICIO		Version: 001 Pag. 1 de 1																
	MAQUINA																			
	SERIAL/PLACA		MODELO																	
	HORA																			
	FECHA																			
	SOLICITANTE																			
	DIAGNOSTICO (Por que se pide el servicio):																			
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">MAQUINA</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TIPO DE SERVICIO</td> </tr> <tr> <td>PARADA</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></td> <td>CORRECTIVO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DISPONIBLE</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></td> <td>PREVENTIVO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>PARADA DESDE</td> <td>DIA: MES: AÑO:</td> <td>RUTINA</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	MAQUINA		TIPO DE SERVICIO		PARADA	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	DISPONIBLE	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	PARADA DESDE	DIA: MES: AÑO:	RUTINA	<input type="checkbox"/>			
	MAQUINA		TIPO DE SERVICIO																	
	PARADA	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>																
DISPONIBLE	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>																	
PARADA DESDE	DIA: MES: AÑO:	RUTINA	<input type="checkbox"/>																	
OBSERVACIONES:																				

6.3.2.9 Lista de Chequeo Diaria para Volquetas.

Esta lista de diseñada con el fin de que no sea monótona, con pocos ítem. Los operarios deberán revisar su máquina todos los días, colocando una evaluación a cada ítem (bueno, malo, regular). Si existe algún ítem que no cumple el operario para uso de una solicitud de servicio. Este formato está diseñado para una semana laboral. Contiene datos del conductor, Nombre de la máquina, placa entre otros.

Figura 35. Lista de Chequeo Diaria para Volquetas.

LISTA DE CHEQUEO DIARIA PARA VOLQUETAS													
		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS LISTA DE CHEQUEO DIARIA PARA VOLQUETAS						Version: 001					
													VOLQUETA
CONDUCTOR													
FECHA LUNES		DD		MM		AA	FECHA SABADO		DD		MM		AA
M A N T E N I M I E N T O	ITEM	ASPECTOS A EVALUAR					LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	
	1	Probar Alarma de retroceso											
	2	Probar Frenos											
	3	Verificar el nivel del liquido refrigerante											
	4	Verificar el nivel del aceite del motor											
	5	Verificar el nivel de Combustible											
	6	Comprobar presion de aire en las llantas											
	7	Probar Luces y espejos											
	8	Inspeccionar la Bateria y cables de la bateria											
	9	Inspeccionar Mangueras y correas											
	10	Bocina (pito)											
	11	Drenar (Purgar)Las trampas de combustible											
	12	Drenar (Purgar)Deposito de aire de frenos											
Importante: al encender y antes de apagar el vehiculo dejarlo en minimo 5 minutos													
Todos los días, inspeccion visual del sistema de Transmisión													
Lave completamente el vehiculo cada 30 horas													
Descripcion		B = (Bueno);			M=(Malo);			R(Regular)					
OBSERVACIONES:													

Fuente: Autor del Proyecto

6.3.2.10 *Lista de Chequeo Diaria para Máquinas.*

Dicha lista está diseñada con el fin de que no sea monótona, con pocos ítems. Los operarios deberán revisar su máquina todos los días, colocando una evaluación a cada ítem (bueno, malo, regular). Si existe algún ítem que no cumple el operario para uso de una solicitud de servicio. Este formato está diseñado para una semana laboral. Contiene datos del conductor, Nombre de la máquina, placa entre otros.

Figura 36. Lista de Chequeo Diaria para Máquinas.

LISTA DE CHEQUEO DIARIA PARA MAQUINARIA													
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS LISTA DE CHEQUEO DIARIA PARA MAQUINARIA						Version: 001					
	MAQUINA							SERIAL					
	OPERADOR												
	FECHA LUNES	DD		MM		AA		FECHA SABADO	DD		MM		AA
	ITEM	ASPECTOS A EVALUAR						LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
	1	Verificar el nivel del Liquido Hidraulico											
	2	Probar Frenos											
	3	Verificar el nivel del liquido refrigerante											
	4	Verificar el nivel del aceite del motor											
	5	Verificar el nivel de Combustible											
	6	Comprobar presion de aire en las llantas											
	7	Probar Luces y espejos											
	8	Inspeccionar la Bateria y cables de la bateria											
9	Inspeccionar Mangueras y correas												
10	Bocina (pito)												
11	Drenar (Purgar)Las trampas de combustible												
Importante: al encender y antes de apagar el vehiculo dejarlo en minimo 5 minutos													
Nota: Engrasar los puntos de graseras cada 20 horas de uso													
Lave completamente el vehiculo cada 30 horas													
Descripcion		B = (Bueno);			M=(Malo);			R(Regular)					
OBSERVACIONES:													

Fuente: Autor del Proyecto

6.4 PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN AMEF.

Se elaboró un sistema de mantenimiento basado en AMEF, para ello se hizo criticidad a los principales sistemas funcionales de las máquinas, y el AMAF se aplicara a los sistemas más críticos de la maquinaria.

6.4.1 Criticidad.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. (Mendoza, 2012). Para el caso en especial de este proyecto se hizo análisis de criticidad a los sistemas más importantes de cada máquina, pues resulta muy tedioso elaborar un AMEF (sección 5.4.2) para cada máquina y cada sistema esto se hizo teniendo en cuenta que:

- Es un banco de maquinaria con 9 máquinas.
- Los sistemas funcionales como: admisión, inyección, transmisión sistema hidráulico, sistema eléctrico, aunque estos tienen diferentes capacidades su principio de funcionamiento es el mismo.

Para la evaluar criticidad, tendremos en cuenta la **Tabla 2**, donde se dan valores a diferentes aspectos, que a su vez esta divididos en cinco (5) sectores, **Frecuencia fallas**, aquí se dan valores del 1 al 4 dependiendo de la frecuencia de falla. **Impacto operacional**, aquí se dan valores del 1 al 10 dependiendo del impacto que genere. **Flexibilidad operacional**, aquí se dan valores del 1 al 4 dependiendo de la flexibilidad que presente el ente que estemos evaluando. **Costos de mantenimiento**, este recibe valores de 1 si el costo es inferior a 2.000.000 COP, o de 2 si es mayor a 2.000.000 COP. **Impacto en seguridad, ambiente e higiene**, Recibe valores de 1 al 10 dependiendo del impacto que genere.

Con estos valores se genera una matriz que grafica (Frecuencia vs Consecuencias).

Donde:

Criticidad total = *frecuencia de fallas* * *consecuencias* (ecuación 1)

- *Frecuencia* = tiempo de fallas en un tiempo determinado. (Fallas/año).
- *Consecuencias*= (Impacto operacional x Flexibilidad) + costos de mantenimiento +Impacto en seguridad, ambiente e higiene.

Tabla 2. Factores de Criticidad.

MÉTODO DE FACTORES PONDERADOS BAJO EL CONCEPTO DE RIESGO	
<i>ítem</i>	<i>valores</i>
Frecuencia fallas	
Pobre mayor a 2 fallas al año	4
Promedio 1- 2 fallas al año	3
Buena 0.5 – 1 falla al año	2
Excelente menos de 0.5 fallas al año	1
Impacto operacional	
Perdida de todo el despacho	10
La parada del sistema o subsistema tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido / almacén	2
Función de repuesto disponible	1
Costos de Mantenimiento	
Mayor o igual a \$2000000	2
Inferior a \$2000000	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca años menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se muestra la evaluación de criticidad para los sistemas importantes de la maquinaria. Admisión, inyección, eléctrico, hidráulico, transmisión, escape.

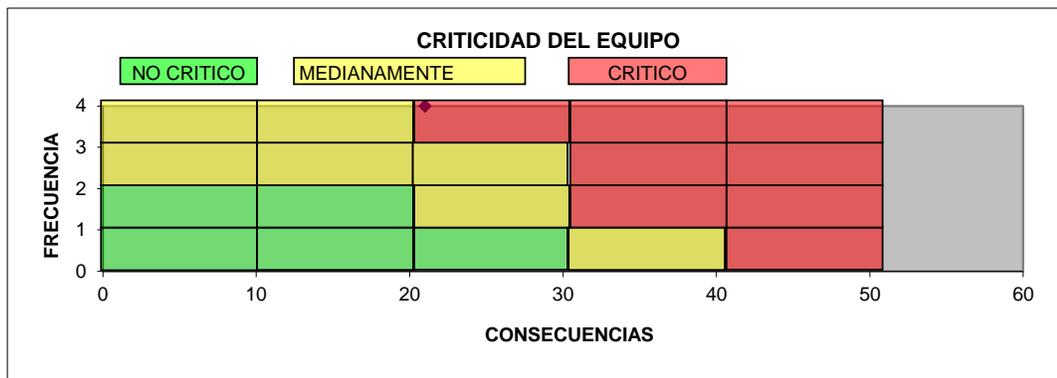
6.4.1.1 *Evaluación de criticidad para el sistema de admisión.*

Los valores (véase tabla 3) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 3. Criticidad para el Sistema de Admisión.

<i>Frecuencia fallas</i>	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	5

CONSECUENCIAS	21
FRECUENCIA	4



Fuente: Autor del Proyecto

6.4.1.2 *Evaluación de criticidad para el sistema de inyección.*

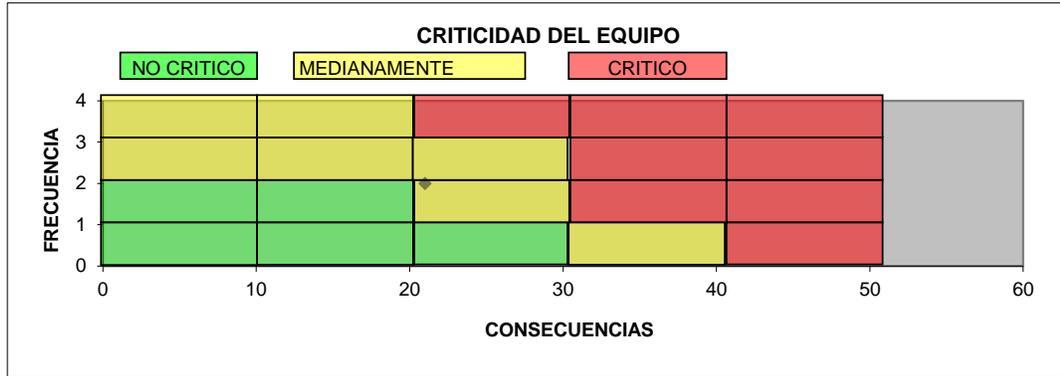
Los valores (véase tabla 4) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 4. Criticidad para el sistema de inyección.

<i>Frecuencia fallas</i>	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	5

CONSECUENCIAS	21
FRECUENCIA	2

Continuación tabla 4.



Fuente: Autor del Proyecto

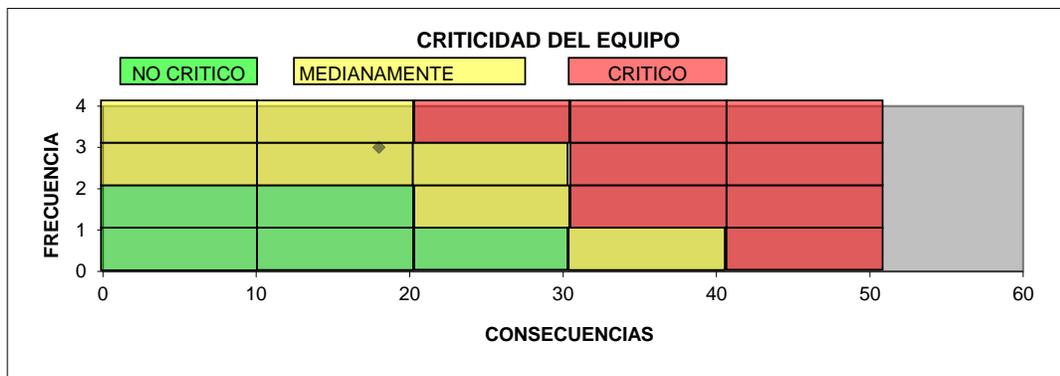
6.4.1.3 Evaluación de criticidad para el sistema eléctrico.

Los valores (véase tabla 5) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 5. Criticidad para el sistema eléctrico.

<i>Frecuencia fallas</i>	3
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	18
FRECUENCIA	3



Fuente: Autor del Proyecto

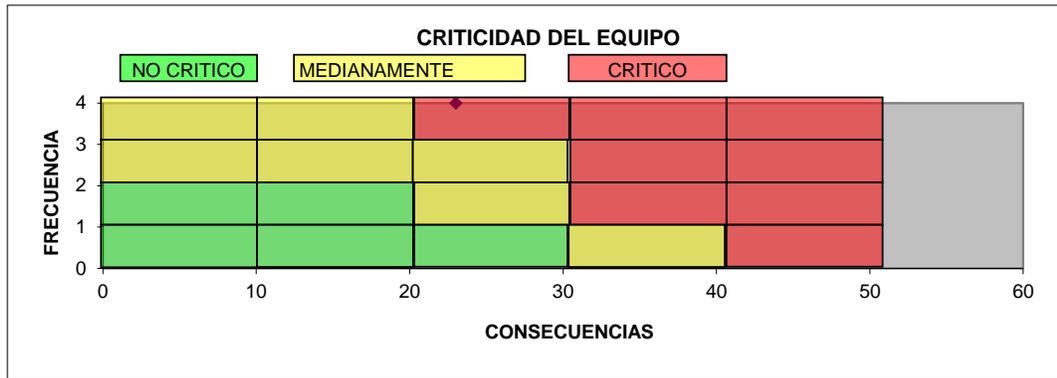
6.4.1.4 *Evaluación de criticidad para el sistema hidráulico.*

Los valores (véase tabla 6) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 6. Criticidad para el sistema hidráulico.

<i>Frecuencia fallas</i>	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	7

CONSECUENCIAS	23
FRECUENCIA	4



Fuente: Autor del Proyecto

6.4.1.5 *Evaluación de criticidad para el sistema de Transmisión.*

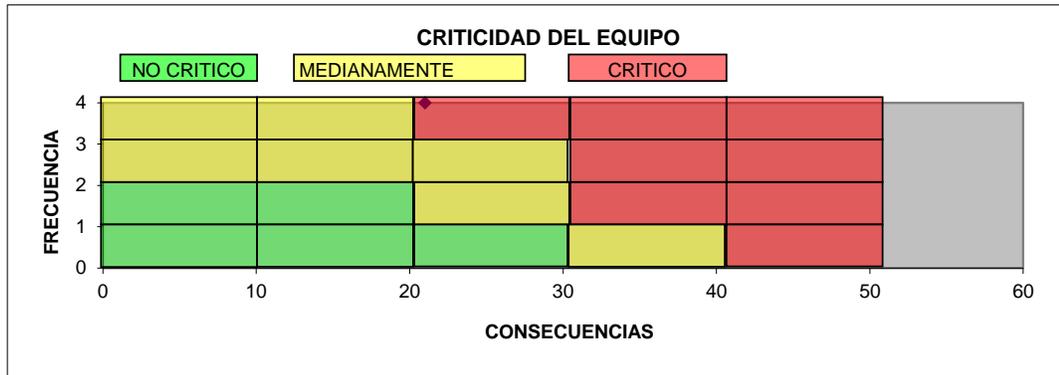
Los valores (véase tabla 7) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 7. Criticidad para el sistema de Transmisión.

<i>Frecuencia fallas</i>	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	5

CONSECUENCIAS	21
FRECUENCIA	4

Continuación tabla 7.



Fuente Autor del Proyecto.

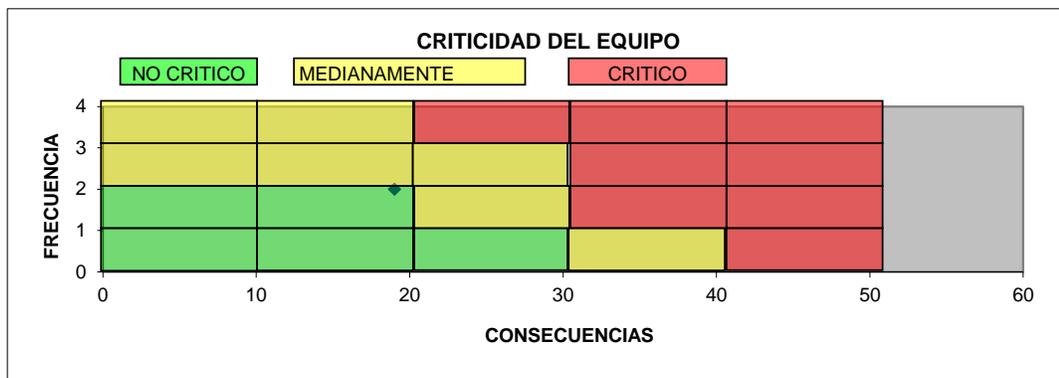
6.4.1.6 Evaluación de criticidad para el sistema de escape.

Los valores (véase tabla 8) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y criterio del autor, se toma un promedio de fallas de todas máquinas en el sistema que se está evaluando.

Tabla 8. Criticidad sistema de escape.

<i>Frecuencia fallas</i>	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	19
FRECUENCIA	2



Fuente: Autor del Proyecto

A continuación se elaboró el AMEF para cada uno de los sistemas críticos, tales sistemas fueron: Sistema de Transmisión, Sistema Hidráulico y el Sistema de Admisión.

6.4.2 ¿Qué es un AMEF?

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un SISTEMA para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

El AMEF o *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*) es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.

6.4.3 Pasos para implementar el AMEF

- 1) Determine el producto o proceso a analizar
- 2) Determinar los posibles modos de falla
- 3) Listar los efectos de cada potencial modo de falla
- 4) Asignar el grado de severidad de cada efecto. Severidad a la consecuencia de que la falla ocurra
- 5) Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra
- 6) Asignar el grado de detección de cada modo de falla Detección a la probabilidad de que la falla se detectada antes de que llegue al cliente
- 7) Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo) de cada efecto $NPR = Severidad * Ocurrencia * detección$
- 8) Priorizar los modos de falla
- 9) Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla
- 10) Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido.

6.4.3.1 *Determinar el producto a analizar.*

Para el caso de este proyecto serán los sistemas críticos, evaluados en el la sección (5.4.1). Los cuales son:

- Sistema hidráulico.
- Sistema de Admisión.
- Sistema de Transmisión.

6.4.3.2 Determinar los posibles modos de falla.

Es la manera en que el proceso (sistema, componente) podría potencialmente fallar en el cumplimiento de requerimientos. Estos modos de falla estarán enunciados en el respectivo formato de AMEF de cada sistema.

6.4.3.3 Listar los efectos de cada potencial modo de falla.

Se definen como los efectos del modo de falla, este efecto negativo. De esta forma, suponiendo que la falla ha ocurrido, en esta etapa se deben describir todos los efectos potenciales de los modos de falla señalados en el paso anterior.

6.4.3.4 Asignar el grado de severidad.

La severidad de los efectos potenciales de falla se evalúa en una escala del 1 al 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, una vez que esta falla ha ocurrido.

Tabla 9. Grado de Severidad.



Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable.
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

Fuente: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>

6.4.3.5 Ocurrencia.

Estimar la frecuencia con la que se espera ocurra la falla debido a cada una de las causas potenciales. Se estima en una escala del 1 al 10.

Tabla 10. Grado de Ocurrencia.



Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de Falla
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Fuente: <http://www.leansolutions.co/wp-content/uploads/2011/07/AMEF-OCURRENCIA.png>

6.4.3.6 Detección.

Con una escala del 1al 10, estimar la probabilidad de detección de la falla (su efecto).

Tabla 11. Grado de Detección.



Probabilidad	Rango	Criterio	Probabilidad de detección de la falla.
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy Baja	9	No es fácil detecta la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Fuente: <http://www.leansolutions.co/wp-content/uploads/2011/07/detecci%C3%B3n-AMEF.png>

6.4.3.7 *Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo).*

Calcular el NPR para efecto-causas-contrroles, que es el resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad del efecto de falla, por las probabilidades de ocurrencia para cada causa de falla, y por las posibilidades de que los mecanismos de control detecten cada cusa de falla. El NPR cae en un rango del 1 a 1 000 y proporciona un indicador relativo de todas las causas de falla.

$$NPR = (Severidad) * (Ocurrencia) * (Detección) \quad (ecuación 2)$$

6.4.3.8 *Priorizar los modos de falla.*

A los más altos números de NPR se les deberá dar prioridad para acciones correctivas, Ya sea para prevenir la cusa o por lo menos para emplear mejores controles de detección.

6.4.3.9 *Tomar acciones para reducir el riesgo del modo de falla.*

Se planean acciones que nos llevan a tener un NPR menor, estas actividades deben ser cumplidas, si no el AMEF será limitado y no cumplirá con su objetivo.

6.4.3.10 *Calcular el nuevo resultado del NPR.*

Se recalcula el NPR y se analiza si las acciones tomadas están cumpliendo con el objetivo de bajar el número del NPR.

6.4.4 Evaluación del formato de AMEF para cada uno de los sistemas.

Se evaluó cada uno de los sistemas críticos, teniendo en cuenta los criterios estipulados para la elaboración del AMEF, a continuación se mostrara cada uno de los ítems tenidos en cuenta para cada uno y sus respectivos NPR, las acciones tomadas para disminuir el NPR.

6.4.4.1 Evaluación de AMEF para el sistema de Admisión.

El sistema de admisión es uno de los más críticos en la maquinaria, por ello se evaluó el AMEF para optimizar acciones que conlleven a evitar la ocurrencia de fallas imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: obstrucción y dificultad para el ingreso de aire, con un NPR de 378.

Tabla 12. Evaluación de AMEF para Sistema de Admisión.

AMEF SISTEMA DE ADMISION																	
AMEF DE:		ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA							Gerencia: ALCALDE		Ingeniero: Diego Orlando Gonzalez						
<input type="checkbox"/> Sistema <input checked="" type="checkbox"/> Equipo		AMEF Nº 0001							Departamento: PLANEACION Y OBRAS		Fechas: 23/ DE MAYO/DEL 2016						
Proveedor afectado		Descripción			Nombre del Sistema: Admision		FECHA DE REVISION			Acciones recomendadas		Responsable		Hoja 1 de 1			
							04/ DE ABRIL / DEL 2016							Situación Actual			
Descripción del Sistema	Función del Sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación Actual						
					Acciones Actuales	D C U R	S E V E	D E T E			NPR	Acciones Adoptadas	D C U R	S E V E	D E T E	NPR	
Sistema de admision de aire y combustible para motores diesel	Permitir el ingreso de aire y combustible al motor	obstruccion de inyectores	Paro del motor	mala calidad del combustible, basuras e impuresas	Ninguna	4	9	6	216	cambio de filtro de combustible cada 250 h, adecuacion de Trampas de combustible	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	8	3	96	
		combustible con basura e impuresas	Obstruccion de inyectores, mal funcionamiento del motor	baja calidad de combustible, falta de cambios de filtros	Cambio de Filtro de combustible cada 500 horas	4	7	6	168	cambio de filtro de combustible cada 250 h, adecuacion de Trampas.	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	6	3	72	
		obstruccion y dificultad para el ingreso de aire	mezcla no equilibrada aire-combustible, ahogo del motor, baja potencia	filtro de aire obstruido	Cambio de Filtro de aire cada 500 horas	9	6	7	378	cambio de filtro de aire cada 250 h, limpiar filtro cada 50 h	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	6	5	3	90	
		Reduccion en la potencia Neta del motor	Mal funcionamiento del motor, sonidos extraños	combustible contaminado, filtro de aire obstruido	Ninguna	6	7	6	252	Cambios de Filtros y Registrar la calidad del combustible	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	6	3	72	

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.4.2 Evaluación de AMEF para el sistema de Admisión.

El sistema Admisión es uno de los sistemas con mayor importancia y valor en la maquinaria, por ello se evaluó el AMEF para optimizar acciones que conlleven a evitar la ocurrencia de fallas imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: Daño en la empaquetadura de los actuadores hidráulicos, con un NPR de 216.

Tabla 13. Evaluación del Sistema Hidráulico.

AMEF SISTEMA DE HIDRAULICO																
AMEF DE: ■ Sistema □ Equipo		ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA						Gerencia: ALCALDE		Ingeniero: Diego Orlando Gonzalez						
Proveedor afectado		Descripción		Nombre del Sistema: HIDRAULICO		FECHA DE REVISION		Departamento: PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS		Fechas: 23/ DE MAYO/DEL 2016						
						04/ DE ABRIL / DEL 2016				Hoja 1 de 1						
Descripción del Sistema	Función del Sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual					Acciones recomendadas	Responsable	Situación Actual				
					Acciones Actuales	O C U R	S E V E	D E T E	NPR			Acciones Adoptadas	O C U R	S E V E	D E T E	NPR
Sistema hidraulico para maquinaria de construccion	Generar y transmitir potencia al fluido para hacer funcionar diversos actuadores hidraulicos	Contaminacion del fluido	deterioro de la bomba, obstruccion de las mangueras	filtro hidrahuico	cambio de filtro cada 10000 horas	4	7	6	168	cambio de filtro hidraulico cada 1000 horas, verificar calidad de fluido	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	6	4	96
		daño en la bomba hidraulica	para total del sistema	contaminacion del fluido, sobre carga	reparar, cambiar	2	10	5	100	cambio de filtro hidraulico cada 1000 horas	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	2	10	3	60
		daño en la empaquetadura de los actuadores hidraulicos	derrame del fluido, contaminacion ambiental, daño de los embolos de los actuadores	fatiga, rayones en los embolos, cargas flexitantes excesivas	cambiar	9	6	4	216	Inspeccion y Revision visual diaria	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	8	6	2	96
		Ropturas en mangueras y derrames de fluido	derrame del fluido, contaminacion ambiental.	sobre carga, fatiga, conexiones flojas	ajustar, cambiar	9	6	3	162	Inspeccion Y Revision visual diaria	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	5	6	2	60

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.4.3 Evaluación de AMEF para el sistema de Transmisión.

El sistema de Transmisión es vital importancia pues gracias a él tenemos la transmisión de potencia del motor a los ejes delanteros y traseros, además está en el grupo de los sistemas críticos de la maquinaria, por ello se evaluó el AMEF para optimizar acciones que conlleven a evitar la ocurrencia de fallas imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: Daño en los empaques de la Transmisión, con un NPR de 441.

Tabla 14. Evaluación de AMEF para sistema de Transmisión.

AMEF SISTEMA DE TRANSMISION																
AMEF DE:		ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA							Gerencia: ALCALDE		Ingeniero: Diego Orlando Gonzalez					
Sistema	Equipo	AMEF Nº 0002					FECHA DE REVISION		Departamento: PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS		Fechas: 23/ DE MAYO/DEL 2016					
Proveedor afectado		Descripción		Nombre del Sistema: TRANSMISION		04/ DE ABRIL / DEL 2016				Hoja 1 de 1						
Descripción del Sistema	Función del Sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación Actual					
					Acciones Actuales	O C U R	S E V E	D E T E			NPR	Acciones Adoptadas	O C U R	S E V E	D E T E	NPR
Sistema de Transmision de vehiculos de construccion	Transmitir la potencia generada por el motor al tren delantero y trasero (ruedas)	Desalineacion del Cardan	Daño en soportes del cardan y retenedores	Fatiga	Ninguna	4	7	4	112	Inspeccion y Revision visual diaria	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	6	2	48
		Fractura del Cardan	Parada del vehiculo	Fatiga, Carga mayor a la Permitida	Cambio de la pieza	4	8	4	128	Inspeccion y Revision visual diaria	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	4	8	2	64
		Daños en los empaques de las Transmision	Derrame de Valvulina, Recalentamiento, Ruido	Desgaste	Cambio de la pieza	9	7	7	441	Inspeccion Y Revision visual diaria	Tecnico mecanico, Operario	Las Recomendadas	9	6	3	162

Fuente: Autor del Proyecto

Continuación tabla 15. Aplicativo de Mantenimiento.

MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS Y KILOMETROS																
MANTENIMIENTO ALC CAS												Version. 001				
MANTENIMIENTO EN LAS HOJAS DE CONTROL												TOTALES				
H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	HORAS	KM	PMP 1	PMP 2	PMP 3
												MANTENIMIENTO	1734	1734	1734	1734
												BASADO	1178	1178	1178	1178
												EN	1939	1939	1939	1939
												KILOMETROS	0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													273	273	273	273
													179	179	179	179
													278	278	278	278
													280	280	280	280
													185	185	185	185
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0
													0	0	0	0

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.5.1 PMP 1.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 250 h o 5000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 16. PMP 1 250h o 5000 km.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO			
		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	
		Version: 001	
MANTENIMIENTO PMP 1 (250 HORAS Ó 5000 KM)			
DESCRIPCION		OBSERVACIONES	
M A N T E N I M I E N T	ACEITE DEL MOTOR	CAMBIAR	
	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
	FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO	CAMBIAR	
	FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)	CAMBIAR	

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.5.2 PMP 2.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 1000 h o 20000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 17. PMP 2, 1000 h o 20000 km.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO				
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	Version: 001	
	MANTENIMIENTO PMP 2 (1.000 HORAS Ó 20000 KM)			
	DESCRIPCION		OBSERVACIONES	
	ACEITE DEL MOTOR		CAMBIAR	
	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR		CAMBIAR	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE		CAMBIAR	
	FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO		CAMBIAR	
	FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)		CAMBIAR	
	ACEITE MANDOS FINALES		CAMBIAR	
	ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO Y TRASERO		CAMBIAR	
ACEITE HIDRAULICO (CADA 2000 HORAS Ó 40000 KM)		CAMBIAR		

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.5.3 PMP 3.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 6000 h o 120000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y en las acciones sugeridas en el AMEF de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 18. PMP 3, 6000 h o 120000 km.

PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN HORAS DE SERVICIO				
M A N T E N I M I E N T O		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS PMP 1 BASADO EN HORAS	Version: 001	
	MANTENIMIENTO PMP 3 (6.000 HORAS 120000 KM)			
	DESCRIPCION		OBSERVACIONES	
	ACEITE DEL MOTOR		CAMBIAR	
	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR		CAMBIAR	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE Y FILTRO DE LAS TRAMPAS DE COMBUSTIBLE		CAMBIAR	
	FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO		CAMBIAR	
	FILTRO DE LA TRANSMISION (DEPENDE DE LA MAQUINA)		CAMBIAR	
	ACEITE MANDOS FINALES		CAMBIAR	
	ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO Y TRASERO		CAMBIAR	
ACEITE HIDRAULICO (CADA 2000 HORAS Ó 40000 KM)		CAMBIAR		
LIQUIDO REFRIGERANTE		CAMBIAR		
VALVULAS, INYECTORES Y FRENO DE MOTOR		CALIBRAR		

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.6 Análisis Costo Beneficio.

El análisis costo – Beneficio es una herramienta financiera que tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, en nuestro caso será la rentabilidad del banco de maquinaria del municipio de Nunchia.

Para dicho análisis se suman todos los gastos, combustible (tabla 19), operador, mantenimiento y los beneficios que serían las horas laboradas de cada máquina, estas horas se comparan con el valor de la hora de una entidad privada que se dedica a la misma función. Así los gastos serian:

6.4.6.1 Combustible:

De acuerdo con la experiencia de los fabricantes de equipo pesado de construcción y teniendo en cuenta que el consumo de combustible es proporcional a la potencia de la máquina, y que varía según su tipo, altura sobre el nivel del mar, temperatura y condiciones climatológicas, se han establecido diferentes factores para condiciones medias de trabajo, los cuales al multiplicarlos por 0.65

que es la potencia promedio suministrada Por el motor, dan el factor de consumo por caballo de fuerza (CF), así:

- Cargadores, cilindros, compactadores, motoniveladoras, palas, grúas, dragas, retroexcavadoras y tractores, consumen aproximadamente 0.52 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.052 = 0.0338$
- Volquetas pesadas y tractomulas consumen aproximadamente 0.0308 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.0308 = 0.0200$
- Los demás equipos consumen aproximadamente 0.04 galones de A.C.P.M. por CF.
Factor de consumo: $0.65 \times 0.04 = 0.0260$
(sipg, 2016).

Tabla 19. Consumo por hora de ACPM.

codigo	maquina	Potencia Neta HP	Potencia promedio a la que trabaja	Consumo Apx. De Galones x CF	Factor consumo-caballo de Fuerza (CF)	Consumo de Galones x Hora
EXC-CAS-001	EXCAVADORA CASE CX210B	157	0,65	0,052	0,0338	5,3066
RET-CAT-001	RETROEXCAVADORA CAT 416 D	74	0,65	0,052	0,0338	2,5012
MOT-CAT-001	MOTONIVELADORA CAT 120 G	125	0,65	0,052	0,0338	4,225
VIB-CAS-001	VIBROCOMPACTADOR SV208	99	0,65	0,052	0,0338	3,3462
VOL-CHE-001	VOLQUETA KODIAK CHEVROLET	250	0,65	0,0308	0,02002	5,005
VOL-INT-001	VOLQUETA INTERNACIONAL 4700	260	0,65	0,0308	0,02002	5,2052
COM-INT-001	COMPACTADOR INTERNACIONAL	215	0,65	0,0308	0,02002	4,3043
TRA-KUB-001	TRACTOR KUBOTA M10S Serial 70394	106	0,65	0,052	0,0338	3,5828
TRA-KUB-002	TRACTOR KUBOTA M10S Serial 70130	106	0,65	0,052	0,0338	3,5828

item	igualdad
Factor de Consumo por Caballo de Fuerza (CF)	Potencia Promedio a la que Trabaja X Consumo Apx. De Galones por CF
Consumo de Galones por Hora	Potencia Neta X Factor de consumo por caballo de fuerza (CF):

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.6.2 . *Nómina de operadores.*

Actualmente se encuentran contratados por prestación de servicio (temporales). Y tiene los siguientes pagos (tabla 20).

Tabla 20. Gastos de Operadores.

GASTOS DE OPERADORES		
NOMBRE	CODIGO DE EQUIPO	VALOR MENSUAL
EMILIO SEPULVEDA VARGAS	RET-CAT-001	1600000
OLMAN ABDALY PESCA MARIÑO.	MOT-CAT-001	2200000
JOSE GULLERMO SOTABAN	VIB-CAS-001	1600000
CAMILO RIVERA ABRIL	EXC-CAS-001	2200000
GUSTABO RAMOS PEREZ	VOL-CHE-001	1600000
LUIS FERNANDO ALMEIDA ROJAS	VOL-INT-001	1600000
JUAN GARZON VARGAS	COM-INT-001	1600000
CESAR MURILLO	TRA-KUB-001	1600000

Fuente: Autor del Proyecto

6.4.6.3 Costo-beneficio.

Tabla 21. Análisis Costo Beneficio.

		DEPARTAMENTO DE CASANARE ALCALDIA MUNICIPAL DE NUNCHIA PLANEACION Y OBRAS PUBLICAS ANALISIS COSTO/BENEFICIO								
Fecha de inicio		04 de Abril del 2016			Fecha hasta donde se analizo		23 de mayo del 2016			
Nombre de La Maquina	N° de Gal. Diesel(8000)	Costos				COSTO TOTAL	Beneficios			
		Valor Total	Costos de Mantenimient	Salario del Operador	HORAS VIAJES		VALOR HORA/VIAJE	TOTAL DE INGRESOS	BENEFICIO NETO	
VOLQUETA INTERNACIONAL	419	3352000	5000000	1600000	9952000	345	40000	13800000	3848000	
VOLQUETA CHEVROLET	326	2608000	4500000	1600000	8708000	177	60000	10620000	1912000	
MOTONIVELADORA CAT	1168	9344000	6000000	2200000	17544000	278	80000	22240000	4696000	
VIBROCOMPACTADOR SV208	595	4760000	4500000	1600000	10860000	179	70000	12530000	1670000	
RETROEXCAVADORA CAT	812	6496000	3800000	1600000	11896000	280	60000	16800000	4904000	
EXCAVADORA CASE CX210B	1197	9576000	5000000	2200000	16776000	276	80000	22080000	5304000	
COMPACTADOR DE BASURA	442	3536000	3600000	1600000	8736000	23	400000	9200000	464000	
TRACTOR KUBOTA 70394	652	5216000	4600000	1600000	11416000	185	60000	11100000	-316000	
TOTAL					95888000	TOTAL		118370000		
								GANANCIA =(COSTO TOTAL - BENEFICIO TOTAL)		22482000

Fuente: Autor de proyecto

7. RESULTADOS

Se ha hecho un aporte de gran importancia al banco de maquinaria del municipio de Nunchia, como lo hemos comentado en puntos anteriores, no contaba con ningún tipo de seguimiento, ni registros de mantenimiento además de ejecutar solamente mantenimiento correctivo, hoy por hoy se cuenta un aplicativo donde se lleva el registro de horas y kilómetros de cada una de las máquinas, con estos registros el aplicativo da una alarma cuando haya que hacer el mantenimiento respectivo.

Al diseñar e Implementar los respectivos mantenimientos para los sistemas críticos de la maquinaria, se dio prioridad al sistema de admisión y al hidráulico, pues estos son los más críticos. Dichos mantenimientos son basados en las indicaciones de los proveedores especialmente de CATERPILLAR, donde se realizan a las 250 h o 5000 km, el siguiente a las 1000 h o 10000 km y el tercero a las 6000 h o 120000 km. Estos planes de mantenimiento los encontramos en el aplicativo y en las tablas 16,17 y 18 respectivamente.

A partir de la elaboración de los formatos necesarios para llevar el registro de acciones relacionadas con la maquinaria, se da soporte, historial, y ayudan a la toma de futuras y acertadas decisiones, pues ellos conforman la gran parte de las hojas de vida de nuestra maquinaria. La elaboración de estas hojas de vida también fue un hecho importante pues son de vital importancia para la alcaldía de Nunchía y para el proceso en general. Las hojas de vida de cada máquina se encuentran en su respectivo anexo.

Por último pero no menos importante se analizó el estado financiero del banco de maquinaria, mediante un análisis costo-beneficio, donde se involucraron todos los gastos de cada una de las maquinas, gastos de combustible, de mantenimiento, de operador, y se compararon con el número de horas laboradas, cada una al precio de la empresa privada en el departamento de Casanare, dando un benéfico neto considerable, a pesar de que se he invertido bastantes recursos en mantenimiento, pues la maquinaria se encontraba bastante olvidada.

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el diseño y la implementación del plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria del municipio de Nunchía, nos basamos en actos repetitivos como horas y kilómetros recorridos por la maquinaria, esto nos ha permitido programar un mantenimiento para diferentes tiempos y kilómetros recorridos. ¿Por qué kilómetros y horas y no otro tipo de medida?... porque estas dos medidas son las más constantes en el tiempo, y nos permiten llevar un control más exacto respecto a los gastos (combustible, mantenimiento, operadores, etc.)

El haber aplicado criticidad a los sistemas de la maquinaria, nos facilita centrar los esfuerzos en los más críticos, por ello se elaboraron los planes de mantenimiento basados en AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla), tomando acciones que nos conllevaran a evitar que ocurran dichos modos de falla dentro de cada uno de los sistemas críticos.

El hecho de haber diseñado un aplicativo, que nos sirve de alarma para el mantenimiento respectivo de cada máquina, generó un impacto positivo ante los directivos de la empresa, además de darle credibilidad al proyecto. Y por otra parte nos facilita de manera muy eficiente la forma en que llevamos el control de horas previas a cada mantenimiento.

En la ejecución del proyecto se presenciaron una problemática, que fue la falta de pertenencia por parte de los operarios, siempre les planteé la siguiente pregunta “¿si a la empresa privada le es rentable un banco de maquinaria, porque a nosotros no?”, a la que se le fue dando respuesta a lo largo del desarrollo del proyecto, y es por la falta de cultura de trabajo y sentido de pertenencia por parte de los operarios hacia la empresa. Así pues asumiendo compromisos con nuestra labor nosotros también podemos hacer que un banco de maquinaria sea rentable.

9. CONCLUSIONES

Llevar el registro de todas las acciones relacionadas con el banco de maquinaria nos facilitara la toma de decisiones futuras, así como llevar un registro efectivo que se anexa a las hojas de vida de cada equipo.

La elaboración de las hojas de vida, fue un gran paso hacia el control de la maquinaria, en un futuro no muy lejano podríamos tener estadísticas con el fin de implementar otro tipo de mantenimiento más efectivo y rentable.

Al finalizar este proyecto se obtuvieron muchas cosas favorables, empezando, la empresa seguirá implementando el plan de mantenimiento ya que le ha dado grandes resultados, se ha mejorado la disponibilidad del banco de maquinaria así como su rentabilidad, generando grandes efectos sobre el buen estado de las vías y la calidad de vida de la comunidad del municipio de Nunchia, pensando poner un jefe de maquinaria y su respectivo departamento de mantenimiento.

10.RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Es muy importante para el buen funcionamiento del plan de mantenimiento el apoyo y el compromiso por parte de los operarios, de ellos depende el éxito del proyecto.

Siempre registrar, organizar la información y anexarla a la hoja de vida de la máquina, esto ayudará para la toma de decisiones en el futuro.

Un buen proyecto futurista será diseñar el aplicativo de mantenimiento móvil, pues sería más fácil de utilizar y estaría siempre a la mano.

Existe una gran problemática que se mantiene entorno a la empresa pública, “La falta del sentido de pertenecía por parte de las personas involucradas” hay q partir desde ahí, inculcarle al personal lo importante que son activos para la economía de toda empresa.

Estar siempre atento a los operarios, que realicen todas y cada una de las indicaciones dadas, que ejecuten de manera efectiva las listas de chequeo, el control de horas y kilómetros, así como el consumo de combustible.

Establecer requisitos mínimos de conocimiento y experiencia al momento de contratar nuevo personal para el área de planeación y obras, así como brindar capacitación al talento humano existente que está en contacto directo con la maquinaria.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro. (2 de Septiembre de 2012). Obtenido de Mantenimeinto industrial: <http://mntoindustrial.blogspot.com.co/2012/09/que-es-el-mantenimiento.html>
- cat. (2015). *cat*. Obtenido de www.cat.com
- Español, e. e. (2013). *EHow en español*. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/especificaciones-del-motor-dt-466-lista_156406/
- español, e. e. (2013). *hobbies*. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/especificaciones-del-motor-caterpillar-3304-lista_86645/
- Hector Sanabria, H. H. (2011). *Elaboracion de un plan de mantenimiento correctivo para la maquinaria de Casanare*. Yopal.
- Henriquez, S. (2015). Nuevas Tendencias en Mantenimiento industrial. *ElectroIndustria*.
- Internacional, N. c. (2009). *Internacional, a Navistar company*. Obtenido de http://latin-america.internationaltrucks.com/466_detail.html
- Kubota. (2009). *Interempresas*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Tractor-agricola-Kubota-M108S-33601.html>
- Lehmann, G. (2015). Nuevas Tendencias en Mantenimeinto Industrial. *ElectroIndustria*.
- Lopez, B. S. (2012). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/>
- McNeilus. (2015). *McNeilus Get IN*. Obtenido de <https://www.mcneiluscompanies.com/rear-loaders/mcneilus-metro-pak/metro-pak-rear-loader.html>
- Mendoza, I. R. (2012). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/44645225/ANALISIS-DE-CRITICIDAD>
- Nieto, S. (27 de Mayo de 2009). *mantenimiento industrial*. Obtenido de <http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.com.co/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>
- Nunchia-Casanare, A. d. (2016). *Alcaldia de Nunchia Casanare*. Obtenido de <http://nunchia-casanare.gov.co/index.shtml#1>
- Parra, E. (2016). Nuevas Tendencias en Mantenimeinto Industrial. *ElectroIndustria*.
- Quintero, J. M. (2014). Obtenido de <http://josemec.mex.tl/frameset.php?url=/>
- Ramirez, I. (02 de Abril de 2012). *KurodaBombas*. Obtenido de http://www.kurodabombas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=136%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-programado-preventivo&catid=2%3Atips-y-mantenimiento&Itemid=51&lang=

- Renovetec. (2016). *Irim*. Obtenido de <http://www.plantasdecoleccion.com/index.php/mantenimiento-programado>
- Renovetecnologia. (2012). *MantenimientoPetroquimica.com*. Obtenido de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientoprogramadopetroquimica.html>
- Sinai*s . (2013). Obtenido de http://www.sinais.es/Recursos/Cursos-vibraciones/intro/mantenimiento_proactivo.html
- sipg. (2016). *sipg*. Obtenido de sistema de informacion de petroleo y gas colombiano: http://www.infraestructura.org.co/tarifas/Manual_Usuario.pdf

12. ANEXOS

12.1 ANEXO 1. VOLQUETA CHEVROET KODIAK

12.2 ANEXO 2. VOLQUETA INTERNACIONAL

12.3 ANEXO 3. COMPACTADOR DE BASURA

12.4 ANEXO 4. EXCAVADORA CASE CX210B

12.5 ANEXO 5. RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416D

12.6 ANEXO 6. VIBROCOMPACTADOR CASE SV208

12.7 ANEXO 7. MOTONIVELADORA CAT 120G

12.8 ANEXO 8. TRACTOR KUBOTA M108S SERIAL 70394

12.9 ANEXO 9. TRACTOR KUBOTA M108S SERIAL 70130

12.10 ANEXO 10. APLICATIVO DE MANTENIMIENTO