

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA
EL BANCO DE MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA INDUMAX
DE COLOMBIA S.A.S**

Autor

KERLY ZARITH PÉREZ CHAPETA



**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, JUNIO DE 2018**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA
EL BANCO DE MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA INDUMAX
DE COLOMBIA S.A.S**

Autor

KERLY ZARITH PÉREZ CHAPETA

Trabajo de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Director

JOSÉ MANUEL RAMIREZ QUINTERO

Ing. Mecánico - Mg. en Mantenimiento Industrial

Ingeniero_josemanuel@hotmail.com

Codirector

JESUS ARAUJO

Ing. Mecánico

Jesus.araujo@carbomax.co



**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, MECATRONICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, JUNIO DE 2018**

DEDICATORIA

Dedico y agradezco, por sobre todas las cosas, a Dios y a mis padres, Samuel e Irma, dos mágicos seres, que sacrificaron días y jornadas largas de trabajo por este sueño, quienes llenan mi vida de motivación, autores de este gran logro y quienes me dieron la fuerza para luchar en cada una de las etapas difíciles de mi formación. A Blanca Nelly, mujer guerrera que siempre estuvo ahí para alentar mi sueño y cada una de mis ideas, de manera incondicional, de quien estaré agradecida siempre. A mi gran amigo en la tierra y ahora en el cielo, Vicente Contreras "Chente", grandioso ser, de quien aprendí, que la vida es un regalo de Dios y que los amigos son amigos hasta la eternidad. A todos mil gracias, valió la pena haber soñado y hoy llegar a la realización de esta meta.

AGRADECIMIENTOS.

A José Manuel Ramírez Quintero, por su disposición, orientación y paciencia, para dirigir este trabajo de grado.

A la Universidad de Pamplona y a el Programa de ingeniería mecánica por el aporte a mi formación profesional y proyecto de vida.

A la empresa Indumax de Colombia S.A.S por su apoyo, confianza y la oportunidad de realizar a la cabalidad de este proyecto.

A Milena Castro, por la orientación, la oportunidad y la confianza, de hacer parte de esta empresa y la gran responsabilidad asignada.

A Eufrasia y Mario, por sus consejos diarios, las madrugadas, el calor y cariño de hogar.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	20
2	JUSTIFICACIÓN.....	21
3	OBJETIVOS.....	22
3.1	Objetivo General.....	22
3.2	Objetivos Específicos.....	22
4	ESTADO ACTUAL.....	23
4.1	HISTORIA Y EVOLUCIÓN.....	23
4.2	TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	24
4.2.1	MANTENIMIENTO PROACTIVO.....	25
4.2.2	MANTENIMIENTO PROGRAMADO.....	25
4.2.3	MANTENIMIENTO REACTIVO.....	25
4.3	ACTUALIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	26
4.4	INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S.....	26
4.4.1.1	ORGANIGRAMA.....	27
4.4.1.2	UBICACIÓN.....	28
4.5	BANCO DE MAQUINARIA DE INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S.....	30
4.5.1	CARGADOR FRONTAL CAT 928F.....	30
4.5.1.1	MOTOR CATERPILLAR 3116T.....	31
4.5.2	CARGADOR FRONTAL LIUGONG CLG856.....	32
4.5.2.1	MOTOR CUMMINS 6CTA8.3-C215.....	32
4.5.3	CARGADOR FRONTAL SEM 638.....	33
4.5.3.1	MOTOR CUMMINS 6BT5.9.....	34
4.5.4	CARGADOR FRONTAL SEM 659C.....	35
4.5.4.1	MOTOR SC11CB220 SHANGHAI DIESEL ENGINE.....	35
4.5.5	MINICARGADOR CAR 246D.....	36
4.5.5.1	MOTOR CAT C3.3B DIT (turbo).....	37
4.5.6	VOLQUETA CHEVROLET KODIAK.....	37
4.5.6.1	MOTOR CATERPILLAR 3126.....	38
5	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	38
5.1	BUSQUEDA DE HISTORIALES Y ARCHIVOS.....	39

5.2	BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN Y CATALOGOS	39
5.3	ELABORACIÓN DE FORMATOS Y HOJAS DE VIDA	39
5.3.1	CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	39
5.3.1.1	Codificación del tipo de máquina.....	40
5.3.1.2	Codificación de la marca.....	40
5.3.1.3	Codificación de la serie.....	41
5.3.1.4	Número.....	41
5.3.1.5	Codificación del banco de maquinaria.....	41
5.3.2	DISEÑO Y ELABORACIÓN DE FORMATOS.....	42
5.3.2.1	FORMATO DE REGISTRO DE MAQUINARIA.....	43
5.3.2.2	FORMATO DE FICHA TÉCNICA.....	44
5.3.2.3	FORMATO DE PANÓRAMICAS.....	45
5.3.2.4	FORMATO DE HOJA DE VIDA.....	46
5.3.2.5	FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO.....	46
5.3.2.6	FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO.....	47
5.3.2.7	FORMATO DE SALIDA DE PIEZAS PARA REPARACIÓN.....	48
5.3.2.8	FORMATO DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.....	49
5.3.2.9	FORMATO DE CONTROL DE HORAS Y LABORES (MES- DIARIO).....	50
5.3.2.10	LISTA DE CHEQUEO DIARIO DE MAQUINA.....	52
5.3.2.11	FORMATO DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO POR TÉCNICO DE PLANTA.....	54
5.4	PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN FMEA.....	55
5.4.1	PARETO.....	55
5.4.1.1	FRECUENCIA DE FALLAS REPORTADAS.....	55
5.4.1.2	PARETO PARA MAQUINA CAT 928F.....	56
5.4.1.3	PARETO PARA MAQUINA LIUGONG CLG856.....	57
5.4.1.4	PARETO PARA SEM 638.....	59
5.4.1.5	PARETO PARA SEM 638.....	60
5.4.1.6	PARETO CAT 246D.....	61
5.4.1.7	PARETO CAT 246 D.....	63
5.4.1.8	PARETO PARA VOLQUETA KODIAK.....	64
5.4.2	CRITICIDAD.....	65
5.4.2.1	EVALUACIÓN DE SISTEMA DE ADMISIÓN.....	67
5.4.2.2	EVALUACIÓN DE CRITICIDAD PARA SISTEMA DE FRENOS.....	68
5.4.2.3	CRITICIDAD DE SISTEMA ELÉCTRICO.....	69
5.4.2.4	EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE SISTEMA HIDRÁULICO.....	70
5.4.2.5	EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	71
5.4.2.6	EVALUACIÓN DE CRITICIDAD A SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	72
5.4.2.7	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DIFERENCIALES.....	73
5.4.3	¿QUE ES EL FMEA?.....	74
5.4.4	PASOS PARA IMPLEMENTAR UN FMEA.....	74
5.4.4.1	DETERMINAR PRODUCTO A ANALIZAR.....	75
5.4.4.2	DETERMINAR LOS MODOS DE FALLA.....	75
5.4.4.3	LISTAR LOS EFECTOS DE CADA POTENCIAL DE MODO DE FALLA.....	75
5.4.4.4	ASIGNAR EL GRADO DE SEVERIDAD.....	75
5.4.4.5	OCURRENCIA.....	76
5.4.4.6	DETECCIÓN.....	77
5.4.4.7	CALCULAR EL NPR (NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO).....	78

5.4.4.8	PRIORIZAR LOS MODOS DE FALLA	78
5.4.4.9	TOMAR ACCIONES PARA REDUCIR EL MODO DE RIESGO DE FALLA.	78
5.4.4.10	CALCULAR UN NUEVO RESULTADO DEL NPR.	78
5.4.5	EVALUACIÓN DEL FORMATO DE FMEA PARA CADA UNO DE LOS SISTEMAS.	79
5.4.5.1	EVALUACIÓN DEL FMEA PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN.	79
5.4.5.2	EVALUACIÓN DE FMEA PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO.....	79
5.4.5.3	EVALUCIÓN DE FMEA PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.	80
5.4.6	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO.	81
5.4.6.1	PMP1	82
5.4.6.2	PMP2	83
5.4.6.3	PMP3.	84
5.4.6.4	PM4.	85
5.4.7	ANALÍSIS COSTO BENEFICIO.....	86
5.4.7.1	COSTOS GENERALES DE GASTOS.	86
5.4.7.2	INGRESOS DE MAQUINARIA.	94
6	RESULTADOS.....	97
7	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
8	CONCLUSIONES.....	99
9	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.	100
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Banco de maquinaria	30
Tabla 2.	Codificación del tipo de maquinaria.	40
Tabla 3.	Codificación de la marca.	40
Tabla 4.	Codificación de la serie.	41
Tabla 5.	Codificación del Banco de maquinaria	41
Tabla 6.	Items de fallas frecuentes.....	55
Tabla 7.	Tabla de datos y frecuencias en reporte de fallas de CAT 928.	56
Tabla 8.	Datos de frecuencias en reporte de fallas.....	57
Tabla 9.	Datos y frecuencia de fallas reportadas en SEM 638.	59
Tabla 10.	Datos y frecuencia de fallas reportadas de SEM 638	60

Tabla 11. Datos y frecuencia de fallas reportadas en CAT 246D	61
Tabla 12. Datos y frecuencia de fallas reportadas a 246CAT D.....	63
Tabla 13. Datos y frecuencia de reporte de fallas de Volqueta Kodiak.	64
Tabla 14. Factores de criticidad.....	66
Tabla 15. Criticidad sistema de admisión.	67
Tabla 16. Criticidad para sistema las diferenciales.	68
Tabla 17. Criticidad de sistema eléctrico.	69
Tabla 18. Criticidad de sistema hidráulico.	70
Tabla 19. Criticidad de sistema de transmisión.	71
Tabla 20. Criticidad en sistema de suspensión.	72
Tabla 21. Criticidad del sistema de diferenciales.....	73
Tabla 22. Grado de severidad.....	76
Tabla 23. Ocurrencia.	76
Tabla 24. Detección.....	77
Tabla 25. FMEA Sistema de admisión.....	79
Tabla 26. FMEA sistema Eléctrico.....	80
Tabla 27. FMEA de sistema transmisión.....	80
Tabla 28. Aplicativo de mantenimiento.	81
Tabla 29. PMP1 250H/5000KM	82
Tabla 30. PMP1 500H/10000KM	83
Tabla 31. PMP3 1000H/10000KM	84
Tabla 32. PMP4 2000H/20000KM	85
Tabla 33. Mano de obra externa mes de marzo.	87
Tabla 34. Costos Mano de Obra externa mes de abril.....	87
Tabla 35. costos mano de obra externa mes de mayo.	88
Tabla 36. Consumo por hora de ACPM.....	89
Tabla 37. Costos de consumo marzo, abril y mayo.	89
Tabla 38. Nómina de operarios y conductor.	91
Tabla 39. Costos de stock y repuestos.....	93

Tabla 40. Ingresos por horas trabajadas de maquinaria marzo, abril y mayo.	94
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del mantenimiento.....	23
Figura 2. Tipos de mantenimiento.....	24
Figura 3. Logo de empresa Indumax de Colombia S.A.S.....	26
Figura 4. Organigrama Indumax de Colombia S.A.S	27
Figura 5. Ubicación carbomax.	28
Figura 6. Ubicación patio Líbano	28
Figura 7. ubicación planta indumax.....	29
Figura 8. Caterpillar 928F	31
Figura 9. Motor 3116T.....	31
Figura 10. Cargador frontal Liugong CLG856.....	32
Figura 11. Motor Cummins 6CTA8.3-C215	32
Figura 12. Cargador frontal 638	33
Figura 13. Motor Cummins 6BT5.9.....	34
Figura 14. Cargador frontal SEM 659C.	35
Figura 15. Motor SC11CB220	35
Figura 16. Minicargador CAT 246D.....	36
Figura 17. Motor CAT C3.3B DIT (Turbo).	37
Figura 18. Volqueta chevrolet kodiak C8500.....	37
Figura 19. Motor Caterpillar 3126	38
Figura 20. Codificación.	40
Figura 21. Formato de registro de maquinaria.....	43
Figura 22. Ficha técnica de maquinaria.	44
Figura 23. Formato de panorámicas.....	45
Figura 24. Formato de hoja de vida.....	46
Figura 25. Formato de Orden de trabajo.....	46
Figura 26. Formato de solicitud de servicio.....	47
Figura 27. Formato de salida de piezas para reparación.	48

Figura 28. Formato de control de combustible.	49
Figura 29. Formato de control de horas y labores mes.	50
Figura 30. Formato de horas y labores día.	51
Figura 31. Formato de Control diario de Máquina	52
Figura 32. Formato de Chequeo de máquina.	53
Figura 33. Formato de información de mantenimiento por técnico de plana.	54
Figura 34. Proceso del FMEA.	74

LISTA DE GRÁFICOS.

Gráfico 1. Resultado Análisis de Pareto.	57
Gráfico 2. Gráfico resultado análisis de Pareto.	58
Gráfico 3. Resultado de Análisis de Pareto.	59
Gráfico 4. Resultado de análisis de Pareto de SEM 638	61
Gráfico 5. Resultado Análisis de Pareto para CAT 246D.	62
Gráfico 6. Resultado Análisis de Pareto para CAT 246D.	63
Gráfico 7. Criticidad Sistema de admisión.	68
Gráfico 8. Criticidad de sistema de frenos.	69
Gráfico 9. criticidad de sistema eléctrico.	69
Gráfico 10. Criticidad de sistema hidráulico.	70
Gráfico 11. Criticidad sistema de transmisión.	71
Gráfico 12. Criticidad de sistema de suspensión	72
Gráfico 13. Resultado de Criticidad de Diferenciales.	73
Gráfico 14. Resultados costos de mano de obra mes.	88
Gráfico 15. Costos de combustible de marzo, abril y mayo.	90
Gráfico 16. Nómina de operadores.	92
Gráfico 17. Costo-beneficio.	95

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ec. Criticidad.	66
----------------------------------	----

Ecuación 2. Numero prioritario de riesgos.....	78
Ecuación 3. Factor de consumo para cargador.....	89
Ecuación 4. Factor de consumo de volqueta.....	89

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EL BANCO DE MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S

Pérez Chapeta Kerly Zarith^a.

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

Resumen

En la empresa Indumax de Colombia S.A.S, se diseñó, un plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria pesada, 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 la misma. Se elaboró para cada máquina su respectiva hoja de vida, además de diseñar y elaborar los formatos de mantenimiento, necesarios para poder desarrollar el plan de mantenimiento programado, y así poder identificar, hacia dónde encaminar las acciones, en pro de mejorar la disponibilidad de la maquinaria. En el método de criticidad se utilizó previamente un estudio estadístico con el diagrama de Pareto, del cual se obtuvieron resultados de las fallas más frecuentes y por ende de 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 permite 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, criticidad, AMEF, Pareto, sistema.

Abstract

In the company Indumax de Colombia S.A. S, was designed, a plan of maintenance programmed for the Bank of heavy machinery, based on FMEA (analysis of mode and effect of failure). Since in that company there was no control, no history of the actions carried out in it. It was developed for each machine its respective resume, in addition to designing and elaborating the maintenance formats, necessary to develop the planned maintenance plan, and thus be able to identify, where to route the actions, in order to improve the Machinery availability. In the method of criticality was previously used a statistical study with the Pareto diagram, which obtained results of the most frequent failures and therefore of the most critical systems within the machines, based on these results is assessed for each System its respective FMEA, this allows us to direct the efforts to the most important parts of each system. This allows us to make the right decisions in the future and the opportunity to control more closely the behavior of each machine.

Keywords: Maintenance, criticality, FMEA, Pareto, System.

1. Introducción

El mantenimiento programado sistemático 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, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo. Es eficaz en equipos e instalaciones que requieren de una disponibilidad media o alta, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan trastornos en el plan de producción de la empresa, por tanto, no puede esperarse a que den síntomas de fallo. (Copeam, 2018)

El plan de mantenimiento programado que se presenta a continuación en la empresa Indumax de Colombia S.A.S, tiene como objetivo principal disminuir los sobre costos en mantenimiento generados por las paradas prolongadas de su maquinaria, y optimizar el tiempo de intervención de los equipos. La idea surge de la necesidad de contar con una maquinaria en óptimas condiciones operacionales, teniendo en cuenta la jerarquía de los equipos en su línea de trabajo. Además de contar con la supervisión de funcionamiento y operación de maquinaria, haciendo entrar en conciencia, sobre lo importante que es el mantenimiento en el proceso productivo de la empresa y finalmente la creación del departamento de Mantenimiento.

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, 2018). 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. 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 pesada de la empresa Indumax de Colombia S.A.S.

En la actualidad el banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, no cuenta con ningún plan de mantenimiento, los operarios son los encargados de hacer las reparaciones cuando ocurren averías de emergencia, y tienen un asistente técnico certificado del SENA, en calidad de aprendiz, con perfil en mantenimiento y reparación de motores Diesel, que se encarga junto a los operarios, de las intervenciones de mantenimiento que se realizan de manera rutinaria. Adicionalmente, las reparaciones de gran magnitud son contratadas por mecánicos externos, asimismo no se lleva un registro de las actividades y reparaciones que se le realiza a la maquinaria, situación que ha generado un problema grave para los intereses de la empresa. El banco con el que cuenta la empresa Indumax de Colombia S.A.S consta de 8 máquinas las cuales se mencionan a continuación:

NOMBRE	MODELO	CANTIDAD
Cargador frontal Liug long	CLG856	1
Cargador Frontal Cat	928f	1
Cargador Frontal SEM	638	1
Cargador Frontal SEM	638	1
Cargador Frontal SEM	659C	1
Minicargador CAT	246D	1
Minicargador CAT	246D	1
Volqueta Chevrolet	Kodiak	1

Figura 1. Banco de maquinaria pesada de Indumax de Colombia S.A.S

2.2 Búsqueda de historiales y archivos.

En esta etapa se contó con apoyo físico y logístico del personal a cargo de la maquinaria, y almacén de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, señores Héctor Quiroga, Miguel Porras, Isidro

Beltrán, Juan Tamayo, William Cañas y el Almacenista el señor Víctor García, buscando en los archivos personales y de la empresa 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, 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.

2.3 Búsqueda de información y catálogos.

Esta fase se caracteriza por la 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 GECOLSA, NTS, NEUMÁTICAS DEL CARIBE Y CHEVROLET, dentro de esta información tenemos fichas técnicas, catálogos de mantenimiento, algunas listas preoperacionales entre otros.

2.4 Elaboración de formatos y hojas de vida.

En esta parte del proyecto se elaboraron todos los formatos necesarios para la fase de diseño del plan de mantenimiento programado, que a su vez sirven para la conformación de las hojas de vida de la maquinaria. La gerencia y la jefatura de mantenimiento, en cabeza del señor Ing. Homero Gomes e Ing. Jesús Araujo, señalaron la importancia que es para la empresa, el soporte técnico e histórico que se puede llegar a tener con las hojas de vida de la maquinaria, justificando de esta manera la disminución de costos en la operatividad de maquinaria, aumentando la adquisición de las mismas, y disminuir el alquiler. 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.

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		CÓDIGO
Cargador CAT 928F	frontal	CFR-CAT-928-001
Cargador Liugong CLG856	Frontal	CFR-LLG-856-002
Cargador SEM 638	Frontal	CFR-SEM-638-003
Cargador SEM 638	Frontal	CFR-SEM-638-004
Cargador SEM 659C	Frontal	CFR-SEM-656-005
Minicargador 246D	CAT	MCR-CAT-246-001
Minicargador 246D	CAT	MCR-CAT-246-002
Volqueta Kodiak	Chevrolet	VQT-CHV-KDK-001

Figura 2. Codificación de cada máquina.

2.6 Diseño y elaboración de formatos.

Los formatos son de vital importancia al momento de llevar a cabo cualquier plan de mantenimiento, pues son en ellos donde 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 formato de hoja de vida.

Formatos de mantenimiento: En estos formatos se registran todos 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 de salida y entrada de piezas, formato de informe de reparaciones, formato de control de combustible, Formato Control de Horas y Lista de Chequeo Diaria y registro de fallas diario.

2.7 Aplicativo de mantenimiento.

Se elaboró un aplicativo en Excel, donde se registran las horas de servicio y/o los km dependiendo del caso, el aplicativo indica que mantenimiento se debe hacer, PMP1, PMP2, PMP3 y PMP4 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.

PMP1

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 200 h o 5000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		
ANEXO		

Tabla 1. PMP1

PMP2

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 400 H o 10000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las

acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Tabla 2. PMP2

PMP3.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 1000 H o 10000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL DELANTERA	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL TRASERA	CAMBIAR	
ACEITE GEAR BOX	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	CAMBIAR	
LIQUIDO DE FRENOS	CAMBIAR	
FILTRO RESPIRO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO REGRESO DE TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO VÁLVULA PPC	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Tabla 3. PMP3

PM4.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 2000 H o 20000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL DELANTERA	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL TRASERA	CAMBIAR	
ACEITE GEAR BOX	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	CAMBIAR	
LIQUIDO DE FRENOS	CAMBIAR	
FILTRO RESPIRO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO REGRESO DE TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO VÁLVULA PPC	CAMBIAR	
ACEITE SISTEMA HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO ABASTECIMIENTO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO ABASTECIMIENTO TANQUE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
LIQUIDO REFRIGERANTE	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Tabla 4. PMP4

2.7 Análisis costo beneficio.

El análisis Costo–Beneficio es una herramienta financiera que tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de la maquinaria pesada, respecto a la prestación de servicio en el área de producción de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, como administradores de la mantención una de las principales tareas será minimizar los costos para ello es muy importante analizar los siguientes componentes:

- Costos de intervención.



Grafica 1. Intervención.

- Combustible.



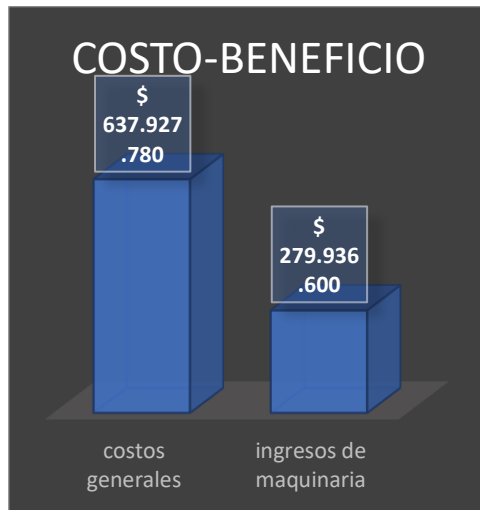
Grafico 2. Combustible.

- Nómina.



Gráfico 3. Nómina.

- Costo Beneficio.



3. Resultados

Se ha hecho un aporte importante al banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, justificado en el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos. Esta empresa no contaba con ningún tipo de seguimiento, ni registros de mantenimiento además de ejecutar solamente mantenimiento correctivo. Hoy por hoy, se cuenta con formatos de seguimiento, reparaciones previamente programadas para corregir fallas y adicionalmente un aplicativo que próximamente entrará en funcionamiento para realizar cada uno de los mantenimientos de la mejor manera. Al

diseñar los respectivos mantenimientos para los sistemas críticos de la maquinaria, se dio prioridad al sistema de admisión, transmisión, sistema de frenos, sistema hidráulico, sistema de suspensión, diferenciales y sistema eléctrico, pues estos son los que más fallas presentan. Dichos mantenimientos son basados en las indicaciones de los proveedores especialmente de CATERPILLAR y SEM, estos se realizan a las 250 h o 5000 km, el siguiente a las 500 h o 10000 km, el tercero a las 1000 h o 15000 km y el cuarto a las 2000 h o 20000 km. Estos planes de mantenimiento los encontramos en el aplicativo y en las tablas 28. 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 gran parte de las hojas de vida de maquinaria. La elaboración de estas, también fue un hecho importante pues son de vital importancia para la empresa Indumax de Colombia S.A.S 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 máquinas, gastos de combustible, de intervención, nómina y almacén de máquina, estos se compararon con el número de horas laboradas, cada una al precio designado por la empresa, dando un beneficio desfavorable, pues se ha invertido bastantes en recursos de mantenimiento, ya que la maquinaria se encontraba en mal estado de operatividad y baja eficiencia.

4. Discusión.

Para el diseño del plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, se basó 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, facilitó centrar los esfuerzos en los más críticos, por ello se elaboraron los planes de

mantenimiento basados en FMEA (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 sirve de alarma para el mantenimiento respectivo de cada máquina, se espera este genere un impacto positivo ante los directivos de la empresa, además de darle credibilidad al proyecto. Y por otra parte facilita de manera muy eficiente la forma en que llevamos el control de horas previas a cada mantenimiento. En la ejecución del proyecto se presentaron inconvenientes, esto por el estado de producción de la planta y la dificultad en las paradas para realizar mantenimientos, esto, por la costumbre creada, de solo realizar mantenimientos correctivos, y contar con un número de maquinaria menor a la necesidad de planta para la producción, sin embargo, poco a poco se ha logrado mejorar. Así pues, asumiendo compromisos, se puede lograr un banco de maquinaria rentable, en excelentes condiciones de servicio para el sector productivo de nuestra empresa.

5. Conclusiones

Llevar el registro de todas las acciones relacionadas con el banco de maquinaria facilitara la toma de decisiones futuras, así como llevar un registro efectivo que se anexa a las hojas de vida de cada equipo y un costo real de las reparaciones que se realizan. La elaboración de las hojas de vida, fue un gran paso hacia el control de la maquinaria, en un futuro no muy lejano se podría 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 implementará el plan de mantenimiento ya que le ha dado grandes resultados en sus primeras etapas de desarrollo, se ha mejorado la disponibilidad del banco de maquinaria así como su rentabilidad, generando grandes efectos sobre la producción de las plantas, además de esto esta área de mantenimiento en maquinaria pesada empezará a hacer parte del departamento de mantenimiento en la empresa Indumax de Colombia S.A.S.

6. Agradecimientos

A José Manuel Ramírez Quintero, por su disposición, orientación y paciencia, para dirigir este trabajo de grado.

A la Universidad de Pamplona y a el Programa de ingeniería mecánica por el aporte a mi formación profesional y proyecto de vida.

A la empresa Indumax de Colombia S.A.S por su apoyo, confianza y la oportunidad de realizar a la cabalidad de este proyecto.

A Milena Castro, por la orientación, la oportunidad y la confianza, de hacer parte de esta empresa y la gran responsabilidad asignada.

A Eufrasia y Mario, por sus consejos diarios, las madrugadas, el calor y cariño de hogar.

Referencias

- ALEJANDRO. (08 de 03 de 2018).
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.
Obtenido de MANTENIMIENTO INDUSTRIAL:
<http://mntoindustrial.blogspot.com.co/2012/09/2.html>
- Copeam, G. (2 de 02 de 2018).
Mantenimiento preventivo. Obtenido de Mantenimiento Preventivo:
<http://preventivomttopcomputadoras.blogspot.com.co/2016/09/mantenimiento-programado-el.html>
- Garrido, S. G. (2009). *Mantenimiento sistemático*. Madrid: RENOVETEC.
- Garrido, S. G. (2012). *Ingeniería de mantenimiento, manual práctico para gestión eficaz*. RENOVETEC.
- INDUSTRIAL, R. (02 de 04 de 2018).
REPORTERO INDUSTRIAL. Obtenido de REPORTERO INDUSTRIAL:

<http://www.reporteroindustrial.com/temas/Tendencias-actuales-en-mantenimiento-industrial+97221>

MANTENIMIENTO, S. (15 de 03 de 2018). *MANTENIMIENTO*. Obtenido de MANTENIMIENTO:
<http://solomantenimiento.blogspot.com.co/2015/03/que-es-el-mantenimiento-reactivo.html>

MENDOZA, R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ediciones ISPJAE. , 1.*

online, i. (30 de 03 de 2018). *ingenieriaonline*. Obtenido de ingenieriaonline:
<http://www.ingenieriaonline.com/analisis-de-pareto/>

RAMÍREZ, J. M. (15 de 03 de 2018). *JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO*. Obtenido de JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO:
<http://josemec.mex.tl/images/5147/Tipos%20de%20Mantto.pdf>

RENOVETEC. (09 de 02 de 2018). *Mantenimiento Petroquímica*. Obtenido de Mantenimiento Petroquímica:
<http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>

SOLUTIONS, L. (11 de 04 de 2018). *LEAN SOLUTIONS*. Obtenido de LEAN SOLUTIONS:
<http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>

1 INTRODUCCIÓN.

El mantenimiento programado sistemático 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, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo. Es eficaz en equipos e instalaciones que requieren de una disponibilidad media o alta, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan trastornos en el plan de producción de la empresa, por tanto, no puede esperarse a que den síntomas de fallo. (Copeam, 2018)

La disponibilidad, confiabilidad y rentabilidad de un banco de maquinaria, depende en primer lugar, de factores como la calidad de los equipos, condiciones de operación en diferentes ambientes, y realización 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 los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable, pero la experiencia ha evidenciado que las actividades de mantenimiento no tienen su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que se toman se revelan hasta un año después. (RENOVETEC, 2018)

La empresa Indumax de Colombia S.A.S, se dedica a la transformación y comercialización de carbón en Norte de Santander, por lo cual, es importante en cada uno de sus procesos, el empleo de maquinaria pesada que permita disminuir los tiempos en cada una de las tareas de mezcla y cargue de la materia prima.

El plan de mantenimiento programado que se presenta a continuación en la empresa Indumax de Colombia S.A.S, tiene como objetivo principal disminuir los sobre costos en mantenimiento generados por las paradas prolongadas de su maquinaria, y optimizar el tiempo de intervención de los equipos. La idea surge de la necesidad de contar con una maquinaria en óptimas condiciones operacionales, teniendo en cuenta la jerarquía de los equipos en su línea de trabajo. Además de contar con la supervisión de funcionamiento y operación de maquinaria, haciendo entrar en conciencia, sobre lo importante que es el mantenimiento en el proceso productivo de la empresa y finalmente la creación del departamento de Mantenimiento.

2 JUSTIFICACIÓN.

El continuo crecimiento de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, ha gestado la necesidad de realizar un análisis más detallado en relación al funcionamiento de sus equipos. Es por ello, que se hace indispensable efectuar un seguimiento adecuado de las actividades de mantenimiento de las máquinas existentes en la empresa, así como del control y trazabilidad de las acciones definidas y ejecutadas, mediante el plan de mantenimiento que se propone diseñar e implementar.

Entre los aspectos que contempla el plan de mantenimiento en mención, se halla la determinación de una frecuencia recomendada de intervenciones a las máquinas, además de unos procedimientos estandarizados de ejecución y un mejor control de los gastos de reparación, acompañado de un adecuado estudio de prioridades y un correcto manejo de la información. El plan de mantenimiento programado permitirá crear los registros históricos necesarios para optimizar el proceso de mantenimiento y disminuir a largo plazo los costos de mantención.

3 OBJETIVOS

3.1 *Objetivo General.*

Diseñar un plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria pesada de la empresa Indumax de Colombia S.A.S

3.2 *Objetivos Específicos.*

- Realizar una búsqueda de la información existente e historiales de las máquinas de tipo pesado de la empresa.
- Elaborar los formatos de información necesarios para el sistema de mantenimiento programado, listas de chequeo y hojas de vida de cada máquina.
- Diseñar un sistema de mantenimiento programado basado en la técnica del FMEA (análisis de modo y efecto de falla).
- Proyectar un análisis de costo beneficio para las máquinas de alto impacto en el gasto de mantenimiento.

4 ESTADO ACTUAL.

El mantenimiento es todo proceso mediante el cual se pretende dar seguimiento a un mecanismo, operación o actividad, procurando mantener un régimen de trabajo adecuado para que su funcionamiento sea satisfactorio y mantenerlo de la manera a como fue diseñado para el proceso.

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no solo para el empresario a quien esta inversión se le devolverá en mejoras de su producción, sino también al ahorro que representa tener trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El objetivo fundamental de mantenimiento no es pues reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industrial tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación. (Garrido, Ingeniería de mantenimiento, manual práctico para gestión eficaz., 2012)

4.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN.

A finales del siglo XVIII y comienzos del XIX durante la revolución industrial, con la llegada las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación, al mismo tiempo que se incluían los conceptos de competitividad, costos entre otros. Igualmente, se empezó a tener en cuenta el término de falla y su relación con las paradas en la producción. Tal fue la necesidad de empezar a controlar estas fallas, que hacia los años 20 aparecieron las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación. 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, y la intervención se realizaba hasta cuando ya era imposible seguir usando el equipo.

A continuación, en la figura 1 se ilustra un resumen de la evolución y generaciones del mantenimiento durante el siglo XX.

Figura 1. Evolución del mantenimiento



Fuente: (ALEJANDRO, 2018)

4.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Cuando se habla de tipos de mantenimiento, se relaciona directamente con las tareas de mantenimiento, y en este sentido, existen diferentes clasificaciones de las tareas según distintos criterios como se muestra en la figura 2. 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: (RAMÍREZ, 2018).

4.2.1 *MANTENIMIENTO PROACTIVO*

El mantenimiento proactivo está basado en el concepto “actuar antes de”. Por consiguiente, es preciso apoyarse en los métodos predictivos para identificar y corregir las causas de los fallos en las máquinas. Estos sistemas sólo son viables, si existe 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 inherente.

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.

4.2.2 *MANTENIMIENTO PROGRAMADO*

El mantenimiento programado es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan sobre un equipo o instalación siguiendo un programa establecido de acuerdo con una periodicidad fija, como el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos, o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repita periódicamente. (RENOVETEC, 2018) Se caracteriza por tener actividades de inspección, chequeos, monitoreo, cambios de piezas revisión de funcionamiento de elementos. (RAMÍREZ, 2018)

4.2.3 *MANTENIMIENTO REACTIVO.*

Es el tipo de mantenimiento en el que las acciones se toman tras una falla en el equipo, para corregirla y restaurar el funcionamiento.

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 sustitutivos.
- ✓ Imposibilidad de optimización de plantilla para Dpto. de Mantenimiento.
- ✓ Aumento del riesgo y gravedad de accidentes laborales. (MANTENIMIENTO, 2018).

4.3 ACTUALIDAD DEL MANTENIMIENTO.

El éxito del crecimiento industrial de los países en desarrollo se ha dado principalmente por dos razones que se destacan por su impacto. En primer lugar, se debe a la inversión en nuevas plantas de producción y a la transferencia de modernas tecnologías, y en segundo lugar, al uso efectivo de las instalaciones existentes, donde uno de los requisitos primordiales es establecer un servicio integral de mantenimiento efectivo, seguro y económico de los activos empresariales. Es evidente que para lograr el mejoramiento continuo de una industria, claramente los procesos de mantenimiento deben optimizarse porque en la vida útil de los activos, el uso, el paso del tiempo, los agentes externos y los accidentes ocasionales, generan un deterioro, que generalmente no es apreciado por el usuario. La base para desarrollar cualquier proyecto debe ser la moderna ideología del mantenimiento industrial, que no solo previene los paros improductivos, sino que constituye el principal aportante al incremento de las utilidades, mediante programas de eliminación de paradas, reducción del consumo de energéticos, aumento de la calidad de los productos, y en general mejoramiento de la productividad de la planta. Para lograr mayor efectividad en las actividades, se requiere, además de los recursos y técnicas adecuadas, el apoyo de producción para que el departamento de mantenimiento sea dirigido con sentido gerencial amplio, integral, conformando equipos interdisciplinarios que trabajen con el enfoque sistémico global. (INDUSTRIAL, 2018)

4.4 INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S

Ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta, en el departamento Norte de Santander, es una empresa dedicada principalmente a fabricación de productos de hornos de coque. Presta su atención al público sobre la Av 4E N° 6-49 LC 1, Urbanización Sayago.

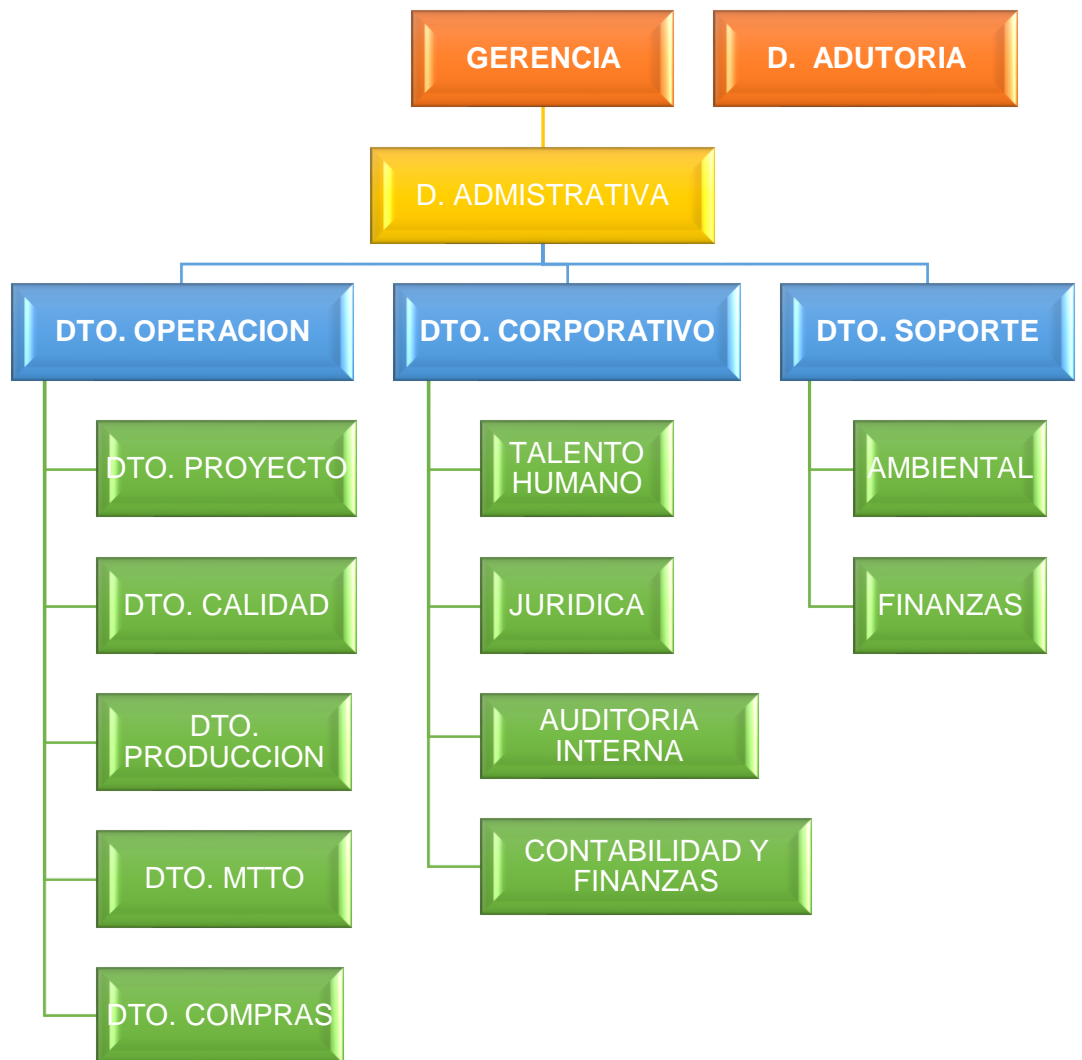
Figura 3. Logo de empresa Indumax de Colombia S.A.S



Fuente: Base de datos Indumax de Colombia S.A.S.

4.4.1.1 ORGANIGRAMA.

Figura 4. Organigrama Indumax de Colombia S.A.S

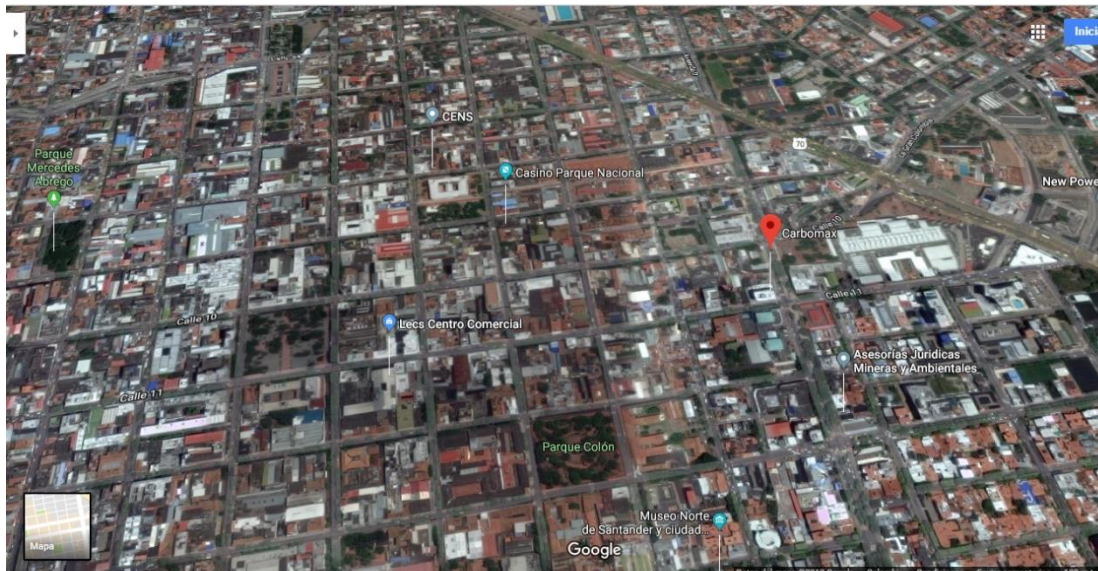


Fuente: Archivo de la empresa

4.4.1.2 UBICACIÓN.

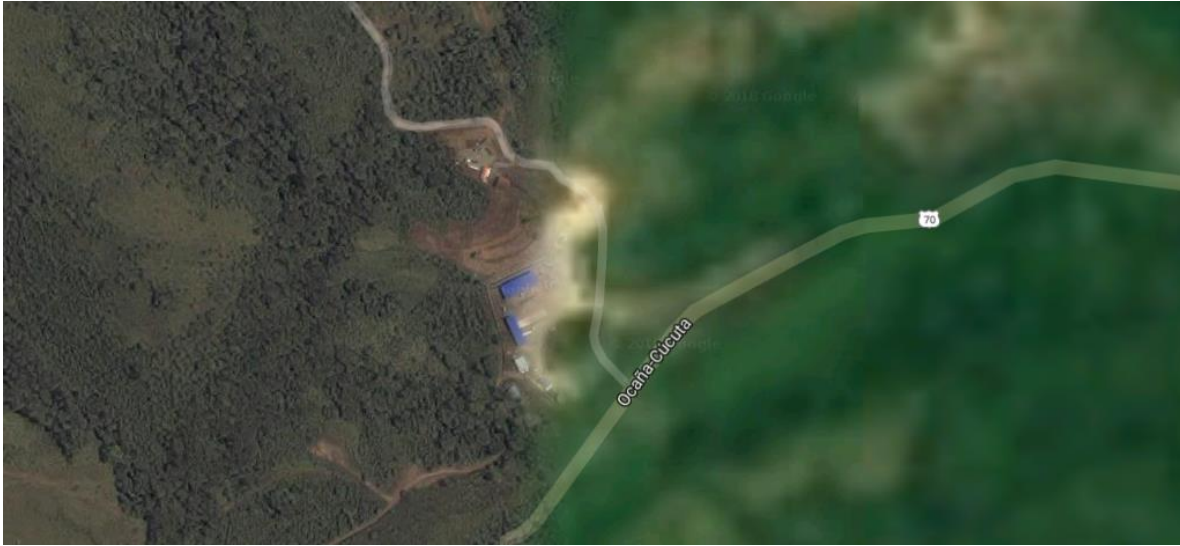
Esta es la empresa Indumax de Colombia S.A.S, empresa dedicada a la coquización. Está Ubicada en los municipios de Cúcuta, Sardinata y Zulia. Sus sedes principales y centros de costos, Planta Indumax, Carbomax y Líbano.

Figura 5. Ubicación Carbomax.



fuelle: <https://www.google.com/maps/@7.8870587,-72.5006333,17z>

Figura 6. Ubicación patio Líbano



Fuente: <https://www.google.com/maps/@8.1422467,-72.7240361,2000m/data=!3m1!1e3>

Figura 7. Ubicación planta Indumax



Fuente: <https://www.google.com/maps/@8.0340889,-72.4218749,1197m/data=!3m1!1e3>

4.5 BANCO DE MAQUINARIA DE INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S

En la actualidad el banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, no cuenta con ningún plan de mantenimiento, los operarios son los encargados de hacer las reparaciones cuando ocurren averías de emergencia, y tienen un asistente técnico certificado del SENA, en calidad de aprendiz, con perfil en mantenimiento y reparación de motores Diesel, que se encarga junto a los operarios, de las intervenciones de mantenimiento que se realizan de manera rutinaria. Adicionalmente, las reparaciones de gran magnitud son contratadas por mecánicos externos, asimismo no se lleva un registro de las actividades y reparaciones que se le realiza a la maquinaria, situación que ha generado un problema grave para los intereses de la empresa.

El banco con el que cuenta la empresa Indumax de Colombia S.A.S consta de 8 máquinas las cuales se mencionan a continuación:

Tabla 1. Banco de maquinaria

NOMBRE	MODELO	PLACA/SERIE	AÑO	CANTIDAD
CARGADOR FRONTAL CAT	928F	2XL00627	1997	1
CARGADOR FRONTAL LIUGONG	CLG856	CLG00856ABL267307	2011	1
CARGADOR FRONTAL SEM	638	Y1308001YH1308022	2013	1
CARGADOR FRONTAL SEM	638	SEM00638ES3X01005	2017	1
CARGADOR FRONTAL SEM	659C	SEM00659KSKS5E00804	2018	1
MINICARGADOR CAT	246D	CAT0246DHHMR01006	2014	1
MINICARGADOR CAT	246D	CAT0246DPHMR01013	2014	1
VOLQUETA CHEVROLET	KODIAK	A02AD6K	1998	1

4.5.1 CARGADOR FRONTAL CAT 928F

Cargador frontal, Caterpillar 928F (Figura 8) de transmisión de potencia automática. Además, con robustos ejes de transmisión HD que vienen en un diseño de frenos de disco internos, con división de potencia óptimamente elegida entre el sistema hidráulico. En la

empresa Indumax de Colombia S.A.S, esta máquina es utilizada en procesos de mezclado de carbón, extracción de materia prima de hornos de coque, cargue de tolvas y cribas, etc.

El cargador frontal 928 F (Figura 8) con su motor Caterpillar 3116T (Figura 9) entrega la potencia y la manipulación precisa que necesita para trabajar en áreas donde el uso de equipos grandes es necesario. Debido al tamaño del bastidor y el aumento de su capacidad de carga en bruto, nuestro cargador frontal mejora la productividad, pero aumenta los costos de operación de la máquina.

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

Figura 8. Caterpillar 928F



Fuente: Autor

4.5.1.1 MOTOR CATERPILLAR 3116T

El potente motor diésel 3116t (Figura 5) con turbocompresor de gases de escape y 93 KW de potencia, proporciona al cargador frontal de ruedas 928F la capacidad de paso necesaria cuando en cualquier tipo de terreno.

Figura 9. Motor 3116T



Fuente: <https://autoline.es/-/venta/motores/para-excavadora/CATERPILLAR-3116--12101113540753982100>

4.5.2 CARGADOR FRONTAL LIUGONG CLG856

Cargador frontal Liugong CLG856 (Figura 10), con sistema de transmisión ZF PowerShift con control electro-hidráulico, semi-automático de tipo contra fuso. Capacidad de ángulo de giro en dirección de 38°, con motor cummins 6CTA8.3-C215 (Figura 11), proporciona eficiencia en trabajos de cargue, limpieza, nivelación de pisos, y arrumes de material. En la empresa Indumax de Colombia S.A.S, este, realiza trabajos en cargues de tractomulas, limpieza de patios, cargue de cribas, transporte de materiales y realiza servicios de 24 horas.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 2).

Figura 10. Cargador frontal Liugong CLG856



Fuente: Autor

4.5.2.1 MOTOR CUMMINS 6CTA8.3-C215

Motor cummins 6CTA8.3-C215 de aspiración intercooler turboalimentado de agua-aire, 6 cilindros en línea, Potencia nominal 160KW / 215HP, torque 908N.m/1500RPM. Y Consumo de combustible de acuerdo a su velocidad nominal 228g / kw.h / 2200rpm.

Figura 11. Motor Cummins 6CTA8.3-C215



Fuente:

https://www.google.com.co/search?biw=1517&bih=653&tbm=isch&sa=1&ei=7MjoWuqdAovJ5gKs2ZiYAQ&q=MOTOR+CUMMINS+6CTA8.3-C215&oq=MOTOR+CUMMINS+6CTA8.3-C215&gs_l=psy-ab.3...4013.4694.0.4927.8.4.0.0.0.0.277.487.2-2.2.0....0...1c.1.64.psy-ab..6.0.0....0. ZyXCcaj8Ew#imgsrc=yGOM2nHUmAqGZM:

4.5.3 CARGADOR FRONTAL SEM 638

Equipo empleado en la alimentación de procesos para movimiento de material en espacios reducidos, muy versátil por su tamaño y maniobrabilidad, completamente mecánico, no usa computadora, carga con facilidad de camiones, volquetas. Fabricado bajo tecnología CATERPILLAR. Equivalente a un Caterpillar 920, motor Cummins 6BT5.9, Transmisión Meritor. En la empresa Indumax de Colombia S.A.S, este cargador frontal de ruedas SEM 638 (Figura 12) realiza tareas de mezcla de materia prima, cargue de tractomulas, deshorne de carbón coquizado, etc.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 3 y 4).

Figura 12. Cargador frontal 638

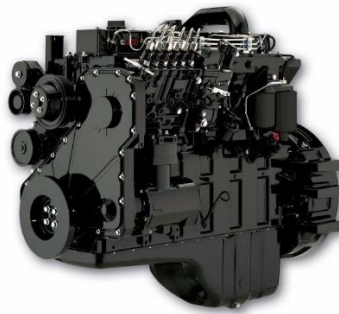


Fuente: Autor de proyecto.

4.5.3.1 MOTOR CUMMINS 6BT5.9

Motor modelo cummins 6bt5.9 (Figura 13), alta eficiencia de combustible, turbocargador con diseño de compuerta de desague, 6 cilindros, 123Hp de potencia, y un toque máximo de 425 Nm.

Figura 13. Motor Cummins 6BT5.9



Fuente:

https://www.google.com.co/search?q=cummins+6bt5.9&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiMpb_CseXaAhXjxVkkHamyBcQQ_AUICigB&biw=1517&bih=653#imgrc=O2XFZS7HaHG5tM:

4.5.4 CARGADOR FRONTAL SEM 659C

Cargador frontal, altamente eficiente que provee gran precisión en el trabajo. Está configurado con transmisión electrónica, ejes de discos de freno abiertos, motor SC11CB220 de 217HP (Figura 15), capacidad de carga pesada de 3m³. En la empresa Indumax de Colombia S.A.S, el cargador frontal SEM 659C (Figura 14) es utilizada en labores de productos coquizables, tales como: mezcla de materias primas, cargue de tractomulas, arrume de pilas, recolección de producción, transporte de materiales etc.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 5).

Figura 14. Cargador frontal SEM 659C.



Fuente: Autor.

4.5.4.1 MOTOR SC11CB220 SHANGHAI DIESEL ENGINE

Fabricado bajo licencia 3306B, por Shanghai Diesel Engine, de 6 cilindros, con una potencia bruta de 217HP y un torque máximo de 912 Nm.

Figura 15. Motor SC11CB220



Fuente: <https://worldwidediesel.com/shop/cat-3406b-diesel-engine-425-hp-good-running-engine/>

4.5.5 MINICARGADOR CAT 246D.

El Minicargador Cat 246D (Figura 16), con su diseño de levantamiento radial, tren de fuerza de alto rendimiento proporciona el máximo rendimiento y capacidad de producción a través del sistema de administración de par electrónico, desplazamiento optativo de dos velocidades y un acelerador de mano/pedal electrónico exclusivo de la industria con capacidad de pedal desacelerador. El Motor Cat C3.3B con control electrónico. Sistema hidráulico XPS de alto caudal. En la empresa Indumax de Colombia S.A.S realiza labores de extracción de Coques cocinados de hornos, cargue de volquetas, arreglo de pisos, recolección de materiales, etc.

Minicargador CAT 246D (Figura 16), de configuración especial para manejo de coques y carbones, en el balde de recolección.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 6).

Figura 16. Minicargador CAT 246D



Fuente: Autor

4.5.5.1 MOTOR CAT C3.3B DIT (turbo).

El Motor C3.3B Cat (Figura 17) con control electrónico entrega un alto nivel de potencia neta 54,6 KW (73,2 hp) y de par 265 N.m, y cumple con las normas de emisiones Tier 4 final de la EPA de EE.UU. (Stage IIIB de la Unión Europea).

Figura 17. Motor CAT C3.3B DIT (Turbo).



Fuente:

https://www.google.com.co/search?biw=1517&bih=653&tbm=isch&sa=1&ei=7t7oWpgPi4nnAqH3j6AO&q=MOTOR+CAT+C3.3B+DIT+%28turbo%29&oq=MOTOR+CAT+C3.3B+DIT+%28turbo%29&gs_l=psy-ab.3...517.558.0.953.3.2.0.0.0.289.289.2-1.1.0...0...1c.1.64.psy-ab..2.0.0...0.dmKPtuAykyE#imgsrc=FcxgkMBMrCsYOM

4.5.6 VOLQUETA CHEVROLET KODIAK.

Cuenta con el motor diésel Caterpillar 3126 Electrónico (Figura 18). Está acoplado a una transmisión manual Fuller FS 6305A de 5 velocidades. El Kodiak C8500 se caracteriza por tener una gran capacidad de remolque. En la empresa Indumax de Colombia S.A.S, es utilizado para el transporte de productos de coque que son llevados desde las zonas de hornos, al lugar donde se requiera, para cribados, así mismo como transporte de materiales de acondicionamiento de patios y plantas, generalmente por vías terciarias.

La información complementaria se encuentra en los anexos (ANEXO 8).

Figura 18. Volqueta chevrolet kodiak C8500



Fuente: Autor.

4.5.6.1 MOTOR CATERPILLAR 3126

El motor Caterpillar 3126 (Figura 19) 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 19. Motor Caterpillar 3126



Fuente:

https://www.google.com.co/search?biw=1517&bih=653&tbm=isch&q=MOTOR+CATERPILLAR+3126&chips=q:motor+cat+3126,g_5:kodiak&sa=X&ved=0ahUKEwjhLa65eXaAhXDzVkKHTQ6BwkQ4IYILygA#imgrc=famCxmceZHX9BM:

5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la realización de este proyecto se tuvo presente varias fases, todas ellas hacen parte esencial para llevar este proceso a un oportuno término. A continuación, se describe cada una de las fases, sus inconvenientes, dificultades y todo lo pertinente a cada una de ellas.

5.1 BUSQUEDA DE HISTORIALES Y ARCHIVOS.

En esta etapa se contó con apoyo físico y logístico del personal a cargo de la maquinaria, y almacén de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, señores Héctor Quiroga, Miguel Porras, Isidro Beltrán, Juan Tamayo, William Cañas y el Almacenista el señor Víctor García, buscando en los archivos personales y de la empresa 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, 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.

5.2 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN Y CATALOGOS

Esta fase se caracteriza por la 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 GECOLSA, NTS, NEUMÁTICAS DEL CARIBE Y CHEVROLET, dentro de esta información tenemos fichas técnicas, catálogos de mantenimiento, algunas listas preoperacionales entre otros.

5.3 ELABORACIÓN DE FORMATOS Y HOJAS DE VIDA

En esta parte del proyecto se elaboraron todos los formatos necesarios para la fase de diseño del plan de mantenimiento programado, que a su vez sirven para la conformación de las hojas de vida de la maquinaria. La gerencia y la jefatura de mantenimiento, en cabeza del señor Ing. Homero Gomes e Ing. Jesús Araujo, señalaron la importancia que es para la empresa, el soporte técnico e histórico que se puede llegar a tener con las hojas de vida de la maquinaria, justificando de esta manera la disminución de costos en la operatividad de maquinaria, aumentando la adquisición de las mismas, y disminuir el alquiler.

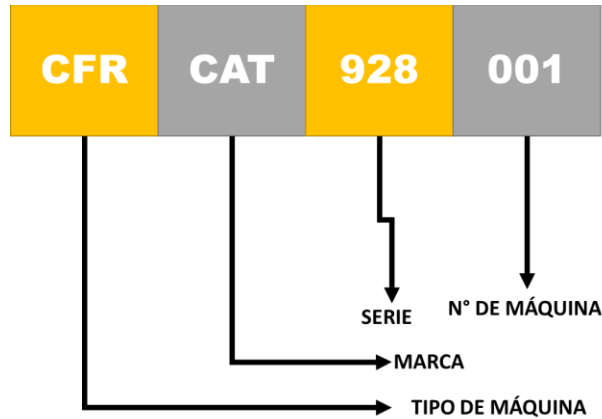
Para llevar a fin esta etapa, se procede de la forma más sencilla, pero esencial, que conlleva al buen entendimiento y orden de los procesos dentro del proyecto, tal como lo es a codificación de los equipos.

5.3.1 CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Dentro de todo proceso o empresa que maneje equipos y maquinaria es de vital importancia la codificación, ya que, debido a esta, se facilita el trabajo de identificación de cada uno de los equipos, en los operarios y administrativos

Para el caso especial del banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, se hizo la codificación de la siguiente manera:

Figura 20. Codificación.



Fuente: Autor

5.3.1.1 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 tomarán tres letras al azar del nombre de cada máquina, de la siguiente forma:

Tabla 2. Codificación del tipo de maquinaria.

TIPO DE MÁQUINA	CÓDIGO
CARGADRO FRONTAL DE RUEDAS	CFR
MINICARGADOR	MCR
VOLQUETA	VQT

Fuente: Autor.

5.3.1.2 Codificación de la marca.

Para la codificación de la marca se hizo de la misma forma que para el tipo de máquina, pero para este caso, se tomaran tres letras del nombre de la marca, quedando de la siguiente forma:

Tabla 3. Codificación de la marca.

MARCA	CÓDIGO
CATERPILLAR	CAT
LIUGONG	LLG

SEM	SEM
CHEVROLET	CHV

Fuente: Autor.

5.3.1.3 Codificación de la serie.

Para este caso se toman las series que representan los tamaños de máquinas, exclusivamente en la numeración. Esta queda de la siguiente manera.

Tabla 4. Codificación de la serie.

SERIE	CÓDIGO
CAT 928F	928
LIUGONG CLG856	856
SEM 638	638
SEM 659C	659
CAT 246D	246
KODIAK	KDK

Fuente: Autor.

5.3.1.4 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 - Serie - Número), así el significado del código de la (figura 16), CFR-CAT-928-001 significará:

CFR: Cargador frontal de ruedas **CAT:** Caterpillar **SERIE:** 928 **001:** El número uno.

Es una máquina tipo CARGADOR FRONTAL DE RUEDAS, de Marca CAT, la numero 001 de su tipo.

5.3.1.5 Codificación del banco de maquinaria.

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

Tabla 5. Codificación del Banco de maquinaria

NOMBRE	MODELO	PLACA/SERIE	AÑO	CÓDIGO
CARGADOR FRONTAL CAT	928F	2XL00627	1997	CFR-CAT-928-001
CARGADOR	CLG856	CLG00856ABL267307	2011	CFR-LLG-856-002

FRONTAL LIUGONG				
CARGADOR FRONTAL SEM	638	Y1308001YH1308022	2013	CFR-SEM-638-003
CARGADOR FRONTAL SEM	638	SEM00638ES3X01005	2017	CFR-SEM-638-004
CARGADOR FRONTAL SEM	659C	SEM00659KSKS5E00804	2018	CFR-SEM-659-005
MINICARGADOR CAT	246D	CAT0246DHHMR01006	2014	MCR-SEM-246-001
MINICARGADOR CAT	246D	CAT0246DPHMR01013	2014	MCR-SEM-246-002
VOLQUETA CHEVROLET	KODIAK	A02AD6K	1998	VQT-CHV-KDK-001

Fuente: Autor.

5.3.2 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE FORMATOS.

Los formatos son de vital importancia al momento de llevar acabo cualquier plan de mantenimiento, pues son en ellos donde 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 formato de hoja de vida.
- ✓ **Formatos de mantenimiento:** En estos formatos se registran todos 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 de salida y entrada de piezas, formato de informe de reparaciones, formato de control de combustible, Formato Control de Horas y Lista de Chequeo Diaria y registro de fallas diario.

Para ejemplo utilizaremos los formatos del **CARGADOR FRONTAL CAT 928F**. Los demás formatos debidamente diligenciados estarán en los anexos del proyecto, en su respectiva hoja de vida.

5.3.2.1 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 21. Formato de registro de maquinaria


M A N T E N I M I E N T O		REGISTRO DE MÁQUINA.	FORMATO: M-02	COD: CFR-CAT-928-001	
				Versión: 001 Pag 1 de 1	
	NOMBRE	CATERPILLAR 928F			
	MARCA	CATERPILLAR			
	N° MOTOR	PENDIENTE			
	MODELO	1997			
	MODELO DE MOTOR	3116T			
	N° CHASIS	PENDIENTE			
	SERIAL	2XL00627			
	CILINDRAJE	7,2 L			
D E M A Q U I N A R I A	CARACTERISTICAS				
	COMBUSTIBLE	DIESEL	VALOR	\$ 150.000.000	
	VOLTAJE	12V	ESTADO	VARADO	
	RALENTI	1000 RPM	COLOR	AMARILLO CAT	
	FALLAS COMUNES		REPUESTOS EN ALMACEN		
	MANGUERAS CONTROL DE VALVULAS FRONTAL SERVO-TRANSMISIÓN DIENTES DE VALDE CRICETAS DE CARDAN SELLOS BUJES DE LOS ACTUADORES CILINDRICOS		FILTROS ACPM CAT REF: 1R-0750 - 1R0751 FILTROS ACITE BALDWIN REF: B7700 Ó B7600 FILTRO AIRE CAT REF: 61-2500 - 61-2499		
	ELABORO:	ING. © KERLY ZARITH PÉREZ CHAPETA.		REVISO:	
	OBSERVACIONES				

Fuente: Autor

5.3.2.2 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 22. Ficha técnica de maquinaria.

INDUMA				FICHA TÉCNICA DE MÁQUINARIA.		FORMATO: M-02		COD: CFR-CAT-928-001		
MÁQUINA:				CF-CAT-928-01						
M A N T E N I M I E N T O D E M Á Q U I N A R I A				CAPACIDADES DE LOS DEPOSITOS						
				Capacidad de combustible:		55 L				
	Aceite de motor (con cambio de filtro)		20 L							
	Sistema Hidráulico:		106 L							
	Depósito de Hidráulico:		25 L							
	Radiador (refrigeracion de motor)		48 L							
	MOTOR									
	Marca		CATERPILLAR							
	Modelo		3116T							
	Potencia Neta		93,2 Kw							
Cilindrada		6,6								
Cantidad de cilindros		6								
DIMENSIONES DE MÁQUINA										
N°	DISTANCIA			OPERACIÓN.						
A	Siehe Gesantlange			Velocidad alta: (Avance/retroceso)		39,50 km/h				
B	2870 mm			Velocidad baja: (Avance/retroceso)		7,50 km/h				
C	1435 mm			SISTEMA HIDRÁULICO:						
D	1762 mm			Bomba principal		3002,2 psi				
E	391 mm			sistema hidraulico en trabajo		3596,9 psi				
F	2213 mm			CAPACIDAD						
G	3268 mm			Capacidad de balde		2 m ³				
H	3266 mm			SISTEMA ELECTRICO						
J	686,5 mm			Tensión		24 v				
K	Sielle Shurftiefe			Alternador		50 a				
L	39,8°			Baterias		2 (92 Ah)				
N	45,9°			PESO						
Q	446			Peso util		11657 kg				
T	3440 mm			Peso limite de equilibrio estático		9231 kg				

Fuente: Autor

5.3.2.3 FORMATO DE PANÓRAMICAS.

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 23. Formato de panorámicas.

INDUMA 						
FICHA TÉCNICA DE MÁQUINAS Y VEHICULOS.		FORMATO: M-02		COD: CFR-CAT-928-001		
MÁQUINA:	CFR-CAT-928-001	FECHA:	DD: 10	MM: 03	AA: 2018	
FOTOS PANORÁMICAS.						
FRONTAL			POSTERIOR			
M A N T E N I M I E N T O D E M Á Q U I N A						
	LATERAL DERECHA			LATERAL IZQUIERDO		
						
	CARÁCTERÍSTICAS.					
DESCRIPCIÓN			MEDIDA.			
TIPO DE MOTOR			Inyección directa de 4T			
MODELO DE MOTOR			3116T			
CILINDROS			6			
ASPIRACIÓN			Turbocargada			
POTENCIA BRUTA			93 kw			
POTENCIA FINAL			1650 rpm			
TRANSMISIÓN			Mecánica			
TIPO DE TRANSMISIÓN			Automática			
FRENOS DE ESTACIONAMIENTO			Sistema hidráulico de disco húmedo			
TAMAÑO DE LLANTA			20,5 R25			
DIRECCIÓN			Bastidor articulado			
SISTEMA DE DIRECCIÓN			Hidrostática			
ANGULO DE DIRECCIÓN			40°			
RADIO DE GIRO SOBRE CUCHARÓN			5290 mm			

Fuente: Autor

5.3.2.4 FORMATO DE HOJA DE VIDA

Dicho formato se diseñó con el objetivo de hacer seguimiento a cada una de las reparaciones, e insumos gastados en cada maquinaria. A través de este formato se incluye la información del historial de los mantenimientos que se le han realizado a este, ya sean correctivos o preventivos. Este formato también nos puede garantizar una forma correcta del seguimiento y la programación de predictivos que disminuyan las fallas en la maquinaria y de cada uno de los costos de cada reparación.

Figura 24. Formato de hoja de vida

INDUMAX		FORMATO DE HOJA DE VIDA						FORMATO M-04		Versión 001 pag 1 de 1		
HOJA DE VIDA												
Código:		CFR-CAT-92E-001		Maquina			Caterpillar 928F					
Marca:		Modelo		1997			Serial					
Caterpillar							2100617					
Fecha	Tipo de mantenimiento	Tipo de Actividad	Tipo de Parada	Nombre	Cantidad	Tiempo	Costos	Nombre	Tipo de Repuesto	Cantidad	Costos	Total
13/01/2018	Rutinario	cambio de filtros	Disponible	Yelson Matamoros	1	40 mins	\$ 0	15-0750	Filtro ACPM	1	\$ 87.000	\$ 87.000
								15-0751	Filtro ACPM	1	\$ 87.000	\$ 87.000
											TOTAL	\$ 174.000
18/01/2018	Rutinario	Cambio de filtros	Disponible	Yelson Matamoros	1	40 mins	\$ 0	61-2200	Filtro de aire	1	\$ 124.000	\$ 124.000
								61-2489	Filtro de aire	1	\$ 124.000	\$ 124.000
											TOTAL	\$ 248.000
24/01/2018	Rutinario	cambio de filtros y mangueras	Disponible	Yelson Matamoros	1	30 mins	\$ 0	180750	Filtro de ACPM	1	\$ 20.000	\$ 20.000
								Mangueras		1	\$ 117.964	\$ 117.964
								180751	Filtro de ACPM	1	\$ 84.000	\$ 84.000
											TOTAL	\$ 216.964
26/01/2018	Rutinario	cambio de filtro	Disponible	Yelson Matamoros	1	15 mins	\$ 0	P164378	Filtro de Hidráulico	1	\$ 40.000	\$ 40.000
											TOTAL	\$ 40.000


Fuente: autor

5.3.2.5 FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO.

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 desde los centros especializados de la casa fabricante o locales, con experiencia, en esta clase de equipos.

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.

Figura 25. Formato de orden de trabajo.


		FORMATO DE SOLICITUD DE ORDEN DE TRABAJO.		M-06	
				Version 01	
				Páginas 1 de 1	
CODIGO DE MÁQUINA:		AUTORIZADO POR:			
MÁQUINA:		ASIGNADO A:			
FECHA DE SOLICITUD:		FECHA DE ENTREGA:			
TIPO DE MANTENIMIENTO:		TIEMPO DE REPARACIÓN:			
TRABAJO A REALIZAR:					
REPORTE TÉCNICO:					
MATERIALES A UTILIZAR Y COSTO.					
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
				VALOR TOTAL:	
MANO DE OBRA:					
NOMBRE		TIEMPO DE REPARACIÓN	VALOR		
CAUSA DEL SERVICIO:					
LUBRICACIÓN				NEGLIGENCIA	
SOBRE CARGA				ACCIDENTAL	
FATIGA				NO PARADA A TIEMPO	
MAL REPARACIÓN				DAÑO ELÉCTRICO	
MAL OPERACIÓN				REPUESTO INADECUADO	
DAÑO ELECTRÓNICO				OTRO	
OBSERVACIONES INTERNAS:					
SOLICITADO POR:				EJECUTADO POR:	
RECIBÍÓ:				APROBADO POR:	

Fuente: Autor

5.3.2.6 FORMATO DE 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 26. Formato de solicitud de servicio.

MANTENIMIENTO DE MÁQUINARIA			FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO		M-06	
					Version 01	
					Páginas 1 de 1	
	CODIGO DE MÁQUINA:		MODELO:			
	MAQUINA:		SERIAL:			
	FECHA:		HORA:			
	SOLICITANTE:					
	DIAGNOSTICO(Motivo por el cual solicita el servicio):					
	SITUACIÓN DE MÁQUINA			TIPO DE SERVICIO		
	PARADA	SI	<input type="text"/>	NO	<input type="text"/>	PREVENTIVO
DISPONIBLE	SI	<input type="text"/>	NO	<input type="text"/>	CORRECTIVO	<input type="text"/>
PARADA DESDE:	DIA:	MES:	AÑO:		RUTINA	<input type="text"/>
OBSERVACIONES:						
FIRMA DE SOLICITANTE:						
RECEPCIÓN DE SOLICITUD:						

Fuente: Autor.

5.3.2.7 FORMATO DE SALIDA DE PIEZAS PARA REPARACIÓN

El formato de salida de reparación de piezas, fue diseñado con el fin de crear un historial que soporte, el estado de la pieza, la cantidad y los detalles con los que sale de planta. Y así poder anexar a la hoja de vida de máquina, detalles más precisos en las reparaciones que se realicen.

Figura 27. Formato de salida de piezas para reparación.


A R E A D E M A N T E N I M I E N T O D E M A Q U I N A R I A	INDUMA		FORMATO: ORDEN DE SALIDA DE PIEZAS A REPARAR.		M-07	
					Version 001	
					Páginas 1 de 1	
	CODIGO DE MÁQUINA:		AUTORIZADO POR:			
	MAQUINA:		ENTREGADO A:			
	FECHA DE SALIDA:		FECHA DE ENTREGA:			
	INVENTARIO DE PIEZAS.					
	PIEZA		CANTIDAD	OBSERVACIONES		
OBSERVACIONES INTERNAS						
QUIEN ENTREGA:			QUIEN RECIBE:			
QUIEN AUTORIZA:						

Fuente: Autor

5.3.2.8 FORMATO DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.

El formato de control de combustible fue diseñado exclusivamente para el control de consumo de las máquinas. Aquí se toman datos de horómetro y kilometraje preciso, en el momento del tanqueo y los galones consumidos de combustible, nombre del operador que recibe, código de máquina, y nombre del encargado de la zona de combustible y tanqueo, estos datos son importantes en la fase de diseño e implementación del plan de mantenimiento y su control exacto de consumo por máquina.

Figura 28. Formato de control de combustible.

INDUMA 		FORMATO PARA CONTROL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE				M-08		
		COD DE MÁQUINA:				Versión: 001		
		MES:	ABRIL	PLANTA:				
		ENCARGADO:				Pág 1 de 1		
DÍAS	TANQUEO DE ACPM				COSTO DE TANQUEO			
	HORA DE TANQUEO 1	HORA TANQUEO 2	TOTAL HORAS TANQUEO	PROMEDIO DE CONSUMO	RECIBIO:	VALOR UNITARIO DE	GALONES	COSTO
1						\$ 5.820		
2						\$ 5.820		
3						\$ 5.820		
4						\$ 5.820		
5						\$ 5.820		
6						\$ 5.820		
7						\$ 5.820		
8						\$ 5.820		
9						\$ 5.820		
10						\$ 5.820		
11						\$ 5.820		
12						\$ 5.820		
13						\$ 5.820		
14						\$ 5.820		
15						\$ 5.820		
16						\$ 5.820		
17						\$ 5.820		
18						\$ 5.820		
19						\$ 5.820		
20						\$ 5.820		
21						\$ 5.820		
22						\$ 5.820		
23						\$ 5.820		
24						\$ 5.820		
25						\$ 5.820		
26						\$ 5.820		
27						\$ 5.820		
28						\$ 5.820		
29						\$ 5.820		
30						\$ 5.820		
TOTAL:			0	\$ 0			0	\$ -
ENTREGADO POR:								
VERIFICADO Y APOBADO POR:								

Fuente: Autor

5.3.2.9 *FORMATO DE CONTROL DE HORAS Y LABORES (MES- DIARIO).*

El formato de control de horas fue diseñado exclusivamente, para el control del tiempo de servicio de las máquinas; uno que es entregado como balance del mes y otro que es llevado a diario por cada uno de los operarios. Aquí se toman datos como la cantidad de horas por día y labor de patio que realizó, nombre del operador y código de la máquina.

Figura 29. Formato de control de horas y labores mes.

INDUMAX		FORMATO PARA CONTROL DE HORAS Y LABORES MES										M-09			
		OPERADOR:					COD DE MÁQUINA:					Versión 001			
		PLANTA:										Página 1 de 1			
		MES: ABRIL													
HORAS TOTALES DIA															
M A R T I N O D I E S M A Y J U N I O R A G O	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	HORAS TOTALES	VALOR DE HORA	TOTAL	MEZCLA POR ZONAS	CARGUE DE VOLQUETAS	CARGUE DE MULAS	CARGUE DE CARBON	CARGUE DE TOLVAS	CARGUE DE PRODUCCIÓN	ORGANIZAR PILAS	ALIMENTAR TOLVAS	OTROS
		1/04/2018													
	2/04/2018														
	3/04/2018														
	4/04/2018														
	5/04/2018														
	6/04/2018														
	7/04/2018														
	8/04/2018														
	9/04/2018														
	10/04/2018														
	11/04/2018														
	12/04/2018														
	13/04/2018														
	14/04/2018														
	15/04/2018														
	16/04/2018														
	17/04/2018														
	18/04/2018														
	19/04/2018														
	20/04/2018														
	21/04/2018														
	22/04/2018														
	23/04/2018														
	24/04/2018														
	25/04/2018														
	26/04/2018														
	27/04/2018														
	28/04/2018														
	29/04/2018														
	30/04/2018														
TOTAL				0	VALOR TOTAL	50	ELABORÓ:					APROBÓ:			
PROM. H°DIA				0											

Fuente: Autor.

Figura 30. Formato de horas y labores día.

INDUMA

REPORTE DE LABORES DIARIAS DE MAQUINARIA N° 001

FECHA: _____ HOROMETRO INICIAL: _____ HOROMETRO FINAL: _____

OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____
OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____	OPERADOR: _____ COD MAQUINA: _____ HORA INICIAL _____ HORA FINAL _____ TOTAL HORAS _____ TAREA _____

RESUMEN	TOTAL HORAS
MEZCLAS POR ZONAS	
CARGUE MULAS	
CARGUE TOLVAS DE CARBON POR ZONA	
ORGANIZAR FILAS POR ZONAS	
ALIMENTAR TOLVAS DE COQUE	
CARGUE PRODUCCION POR ZONA	
CARGUE CARBON SATELITES	
OTRAS LABORES	

M
A
N
T
E
N
I
M
I
E
N
T
O
D
E
M
A
Q
U
I
N
A
R
I
A

Fuente: Autor.

5.3.2.10 Lista de chequeo diario de máquina.

Dicha lista está diseñada en dos versiones de formatos, con el fin, de que primeramente no sea monótona para los operarios encargados de máquina, y se entregue información de manera general de las mismas, y adicionalmente un chequeo minucioso que se realiza cada que se hace entrega de maquina operario a operario en el relevo de turnos. Los operarios deberán revisar su máquina todos los días, colocando una evaluación a cada ítem (bien, regular, mal) (funciona, no funciona, bueno, malo, regular, no aplica). Este formato está diseñado para un control diario. Contiene datos del conductor-operario, código de la máquina, entre otros.

Figura 31. Formato de Control diario de Máquina

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

INDUMA 

CONTROL DIARIO DE MAQUINARIA

M-10 Versión: 001

N°-001

FECHA: _____ COD MAQUINA: _____

VERIFICACIONES DIARIAS			
	NORMAL	REGULAR	MAL
NIVEL DEL AGUA/REFRIGERANTE			
NIVEL ACEITE MOTOR			
NIVEL ACEITE HIDRAULICO			
SISTEMA ELECTRICO			
ENGRASE			
FILTROS			
PRESION LLANTAS			

CONSUMOS SUMINISTROS	
	CANTIDAD
ACPM	
ACEITE MOTOR	
ACEITE HIDRAULICO	
GRASA	
VALVULINA	
FILTROS	
OTROS	

HOROMETRO	
INICIO _____	FINAL _____
TOTAL HORAS _____	
HORARIO OPERADOR	
INICIO _____	FINAL _____
TOTAL HORAS _____	

OBSERVACIONES

OPERADOR MAQUINA

SUPERVISOR LABORES

Fuente: Autor de proyecto.

Figura 32. Formato de Chequeo de máquina.

INDUMA		FORMATO DE CHEQUEO DIARIO DE MAQUINARIA	M-10	Versión: 002 pag 1 de 1				
MAQUINA:		CODIGO:						
OPERADOR:		CENTRO DE TRABAJO:						
FECHA:	MODELO:		HOROMETRO:					
ITEM	ITEM A INSPECCIONAR	T	N	R	M	S	N/A	OBSERVACIONES
MOTOR								
1	Verificar y completar niveles de aceite motor y refrigerante							
2	Verificar la correcta instalación del filtro de aire y el carcasa (caja de filtro)							
3	Verificar conexiones de admisión (caja filtro, turbo, motor)							
4	Verificar funcionamiento general del motor (motor encendido)							
5	Inspeccionar fugas de motor (aceite, refrigerante y combustible)							
6	Verificar el correcto ajuste de correa (bomba de agua, alternador y A/N)							
7	Verificar el estado del radiador, conexiones y mangueras del sistema de refrigeración (verificar tapa)							
8	Verificar el estado del ventilador motor							
9	Verificar estado compresor de aire (consultar el manómetro para detectar indicios de aumento de presión)							
REVISION DE TRANSMISION, DIFERENCIALES Y REDUCTORES								
10	Comprobar nivel de aceite							
11	Realizar inspección de fugas de aceite en la servotransmisión, diferenciales y reductores de torque							
REVISION DE TIENE DE BOMBA Y REDUCTORES								
12	Realizar engrase a todos los puntos con grasa del equipo							
13	Verificar la presión y el estado de las bandas							
14	Verificar - Inspeccionar fugas en caliper, mangueras y conexiones							
15	Inspección visual de los reparagos de las llantas y el estado de los mas							
16	Verificar el correcto funcionamiento de la dirección, cilindros, mangueras, bomba y conexiones							
17	Inspección visual por fugas de sistema de dirección, orbitrol, cilindros de dirección y bomba							
18	Verificar estado y ajuste de los cilindros hidráulicos de dirección desplazamiento, tapas y seguro							
SISTEMA HIDRAULICO								
19	Inspeccionar cilindros hidráulicos, verificar estado de sellos y superficies de los vástagos (picaduras y corrosión)							
20	Verificar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico, posiciones, flejes de cámara, mandos y sensores							
21	Verificar la estanqueidad del tanque hidráulico, inspeccionar el correcto sellado y comprobar nivel de aceite (completar)							
22	Verificar el estado de las mangueras y conexiones hidráulicas y fugas							
23	Verificar el correcto funcionamiento de los mandos hidráulicos							
CABINA								
24	Verificar el funcionamiento de los limpiabrisas, limpiavidrios y completar nivel de agua							
25	Verificar el estado general de los vidrios de cabina en busca de rupturas, filtraciones, rayones y picaduras							
26	Verificar el funcionamiento del sistema de A/N							
27	Verificar el funcionamiento de luces traseras y freno de estacion, alarma y luz de reversión, exploradora y direccionales							
28	Verificar estado y funcionamiento del cinturón de seguridad, anclaje y mecanismo de cierre							
29	Verificar estado y ajuste del timón, verificar funcionamiento pito							
30	Verificar el estado de la puerta, inspeccionar picaportes, bisagras y funcionamiento de la cerradura (lock)							
31	Verificar el estado y correcto funcionamiento de los manómetros, termostatos y medidores del tablero							
32	Verificar el correcto funcionamiento del freno de servicio y de seguridad calibrar si es necesario							
33	Comprobar el correcto funcionamiento de los controles hidráulicos, operar en todas las posiciones							
34	Verificar el estado y correcto funcionamiento del radio y parlantes							
35	Verificar el estado de los escritorios y agarraespaldas, comprobar anclaje y correcta instalación							
OBSERVACIONES:								
		FUNCIONA: (F)	NO FUNCIONA: (NF)	BUENO(S)	MALO(S)	REGULAR (R)	NO APLICA (NA)	
OPERADOR ENTREGA:				OPERADOR RECIBE:				
SUPERVISOR TECNICO:				SUPERVISOR EFE:				

Fuente: Autor

5.3.2.11 Formato de información de mantenimiento por técnico de planta.

Este formato fue elaborado con el fin de llevar un control en cuanto a los mantenimientos asignados para el técnico de patio, allí se plasma información de correctivos, preventivos, mantenimientos de rutina y emergencia (Motor, sistema hidráulico y cambio de repuestos). Este a su vez debe ser entregado al jefe de mantenimiento, quien será el encargado de supervisar el trabajo y aprobarlo.

Figura 33. Formato de información de mantenimiento por técnico de plana.

INDUMA		FORMATO DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO POR TÉCNICO DE PLANTA			M-11	versión: 001
MAQUINA:	CÓDIGO:	CENTRO DE TRABAJO:		MODELO:		
OPERADOR:	FECHA:					
TIPO DE MANTENIMIENTO:		PREVENTIVO	INSPECCIÓN	RUTINA		
CORRECTIVO						
MANTENIMIENTO DE MOTOS						
HORAS ACUMULADAS:	SI	NO	INDICADOR ANTERIOR MANTENIMIENTO:	SI	NO	INDICADOR ACTUAL DE MANTENIMIENTO:
MAQUINA FUNCIONANDO:	SI	NO	MAQUINA PARADA:	SI	NO	EL FINAL:
RESUMOS		HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE USO		
ACETE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
FILTRO DE ACEITE						
MANTENIMIENTO DE SISTEMA HIDRAULICO						
MAQUINA FUNCIONANDO:	SI	NO	MAQUINA PARADA:	SI	NO	EL FINAL:
RESUMOS		HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE USO		
CAMBIO DE REPUESTOS						
MAQUINA FUNCIONANDO:	SI	NO	MAQUINA PARADA:	SI	NO	EL FINAL:
RESUMOS		HERRAMIENTAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESTADO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE USO		
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
		USADO: <input type="radio"/> NUEVO: <input type="radio"/>				
OBSERVACIONES:						
OPERADOR A CARGO:				TÉCNICO:		
APROBACIÓN:						

Fuente: Autor

5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN FMEA

Se elaboró un sistema de mantenimiento basado en FMEA (Análisis de Modo y Efecto de Falla), para ello se hizo un diagrama de Pareto con ítems específicos y la continuidad de fallas en las mismas para determinar la maquinas en las condiciones de servicio más críticas, de la cual tomaremos una maquina con mayor continuidad en reposte de fallas y a quien se realizará dicho estudio.

5.4.1 PARETO.

Con el diagrama de causa - efecto se establecen todas las posibles causas del efecto a controlar o a mejorar. El análisis de Pareto es una técnica que fue desarrollada por Vilfredo Pareto, economista. Con esta técnica se pueden detectar las problemáticas del trabajo.

El principio descrito por Vilfredo Pareto dice: “El 80% de los problemas se pueden solucionar si se elimina el 20% de las causas que las originan” (online, 2018).

Basándonos en un diagrama de Pareto definiremos las frecuencias en fallas más representativas que se reportan en la maquinaria por sistemas.

5.4.1.1 FRECUENCIA DE FALLAS REPORTADAS.

Para el análisis a realizar se tomaron, los ítems que más se reportan como fallas y a su vez se seleccionaron previamente por sistema:

Tabla 6. Items de fallas frecuentes.

REPORTE DE FALLAS		
ITEM	SISTEMA AFECTADO	FALLA REPORTADA
A	sistema de admisión	Filtros de aire defectuosos
B	sistema de admisión	Inyectores tapados
C	sistema de admisión	Perdida de potencia en motor
D	sistema de admisión	protección de filtro dañada
E	sistema de admisión	filtros de combustible defectuosos
F	sistema eléctrico	Bombillos quemados
G	sistema eléctrico	alternador dañado
H	sistema eléctrico	correas rotas
I	sistema eléctrico	batería descargada
J	sistema eléctrico	automático quemado
K	sistema eléctrico	cables dañados y malas conexiones
L	sistema hidráulico	bomba hidráulica afectada
M	sistema hidráulico	controles en mal funcionamiento
N	sistema hidráulico	sin cambio de aceites hidráulicos

O	sistema hidráulico	Ruptura de mangueras
P	trasmisión	Recepción de cambio tardía
Q	trasmisión	Neutralización de marchas
R	trasmisión	recalentamiento de hidráulicos
S	trasmisión	perdida de presión
T	Sistema de suspensión	Muelles desajustados
U	Diferenciales	Lubricantes para cambio
V	Sistema de frenos	Daños de mangueras
W	Sistema de frenos	cambio de liquido
X	Sistema de frenos	Diafragmas rotos

Fuente: Autor

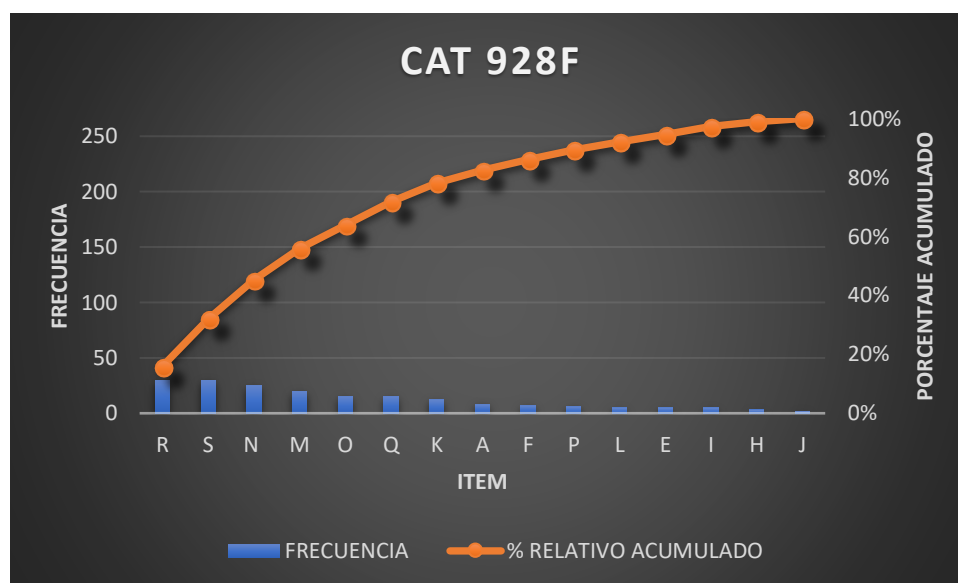
5.4.1.2 PARETO PARA MAQUINA CAT 928F.

Tabla 7. Tabla de datos y frecuencias en reporte de fallas de CAT 928.

CFR-CAT-928-001				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
R	30	30	16%	16%
S	30	60	16%	32%
N	25	85	13%	45%
M	20	105	11%	56%
O	15	120	8%	64%
Q	15	135	8%	72%
K	12	147	6%	78%
A	8	155	4%	82%
F	7	162	4%	86%
P	6	168	3%	89%
L	5	173	3%	92%
E	5	178	3%	95%
I	5	183	3%	97%
H	3	186	2%	99%
J	2	188	1%	100%
TOTAL	188	2075	100%	

Fuente: Autor

Gráfico 1. Resultado Análisis de Pareto.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 56% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas hidráulicos y de transmisión, pues en estos es donde mayor índice de falla se presentan, estos son:

- ✓ Recalentamiento de hidráulicos
- ✓ Perdida de presiones en servotransmisión
- ✓ Sin cambio de aceites hidráulicos.
- ✓ Control de válvulas.

5.4.1.3 PARETO PARA MAQUINA LIUGONG CLG856

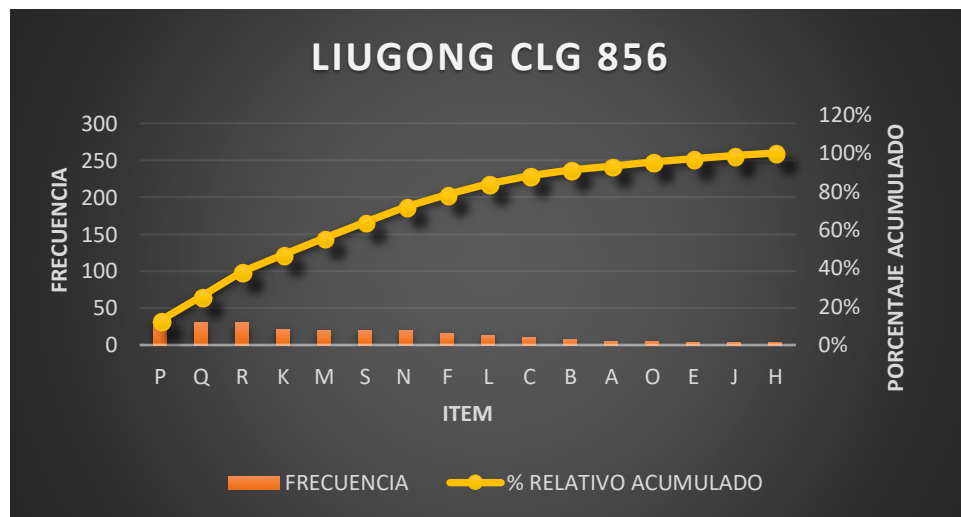
Tabla 8. Datos de frecuencias en reporte de fallas.

CFR-LLG-856-002				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
P	30	30	13%	13%
Q	30	60	13%	25%
R	30	90	13%	38%
K	21	111	9%	47%

M	20	131	8%	56%
S	20	151	8%	64%
N	19	170	8%	72%
F	15	185	6%	78%
L	13	198	6%	84%
C	10	208	4%	88%
B	7	215	3%	91%
A	5	220	2%	93%
O	5	225	2%	95%
E	4	229	2%	97%
J	4	233	2%	99%
H	3	236	1%	100%
TOTAL	236	2692	100%	

Fuente: Autor.

Gráfico 2. Gráfico resultado análisis de Pareto.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 54% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas transmisión y eléctrico, los reportes más frecuentes son:

- ✓ Recepción de señal de marchas tardía.
- ✓ Neutralización de Marchas
- ✓ Recalentamiento de hidráulico.

- ✓ Cables dañados y malas conexiones.

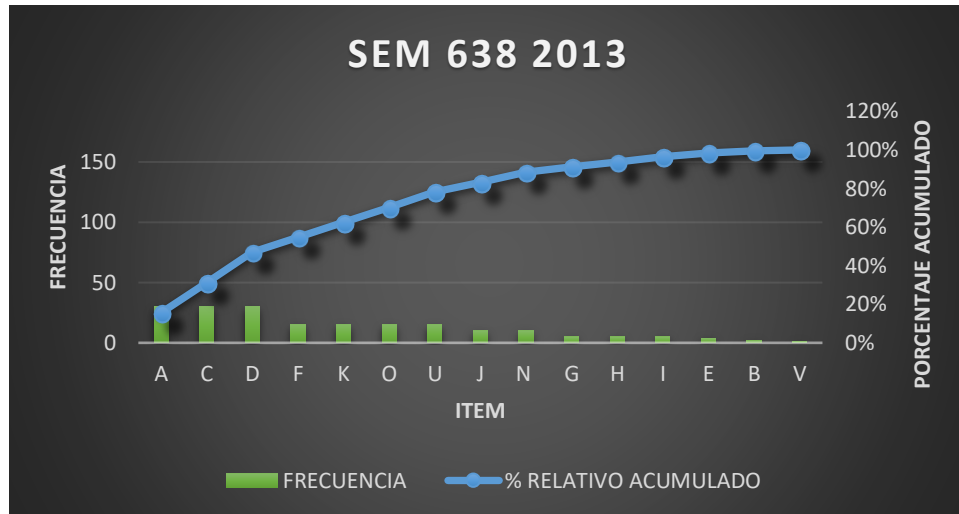
5.4.1.4 PARETO PARA SEM 638.

Tabla 9. Datos y frecuencia de fallas reportadas en SEM 638.

CFR-SEM-638-003				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
A	30	30	16%	16%
C	30	60	16%	31%
D	30	90	16%	47%
F	15	105	8%	55%
K	15	120	8%	63%
O	15	135	8%	70%
U	15	150	8%	78%
J	10	160	5%	83%
N	10	170	5%	89%
G	5	175	3%	91%
H	5	180	3%	94%
I	5	185	3%	96%
E	4	189	2%	98%
B	2	191	1%	99%
V	1	192	1%	100%
TOTAL	192	2132	100%	

Fuente: Autor.

Gráfico 3. Resultado de Análisis de Pareto.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 55% de las fallas reportadas, es necesario concentrarse en los sistemas de admisión y eléctrico, pues en estos es donde mayor índice de falla se presenta, tales como:

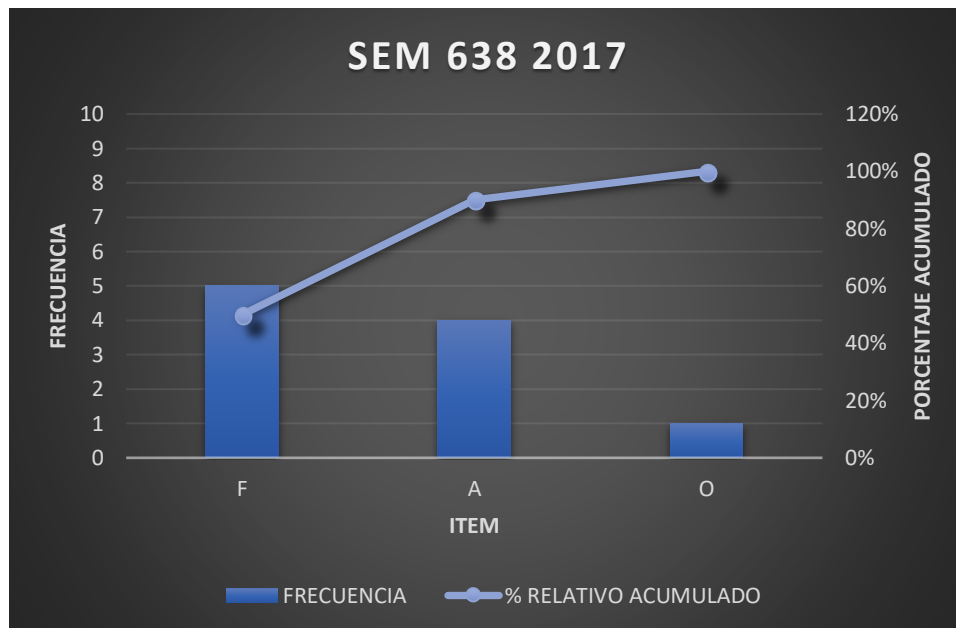
- ✓ Filtros de aire defectuosos.
- ✓ Perdida de presión en el motor.
- ✓ Protección de filtro dañada.
- ✓ Bombillos quemados.

5.4.1.5 PARETO PARA SEM 638

Tabla 10. Datos y frecuencia de fallas reportadas de SEM 638

CFR-SEM-638-004				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
F	5	5	50%	50%
A	4	9	40%	90%
O	1	10	10%	100%
TOTAL	10	24	100%	

Gráfico 4. Resultado de análisis de Pareto de SEM 638



Fuente: Autor.

Para disminuir el 90% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas admisión y eléctrico, pues en estos es donde mayor índice de falla se presenta, tales como:

- ✓ Filtros de aire defectuosos.
- ✓ Bombillos quemados.

5.4.1.6 PARETO CAT 246D.

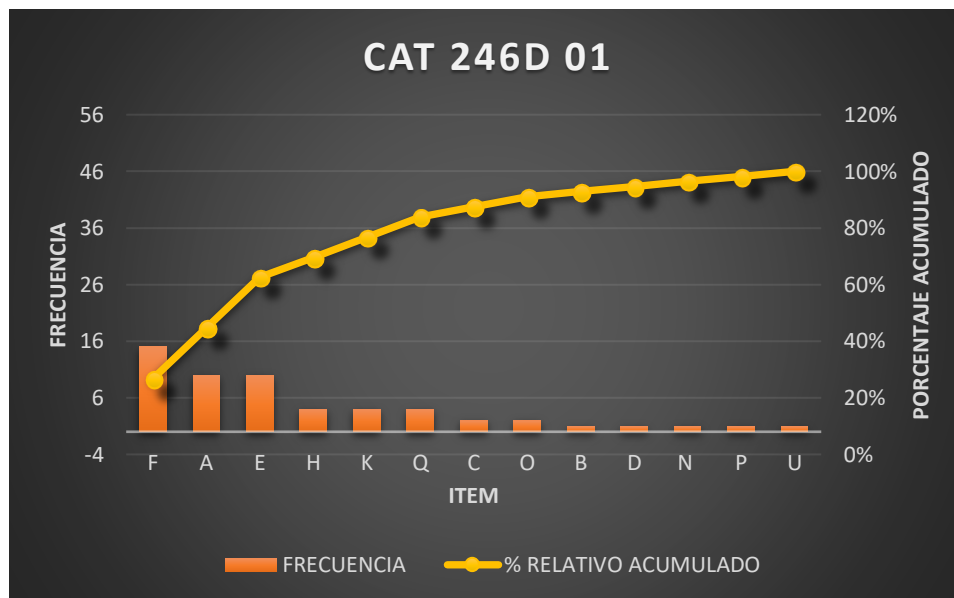
Tabla 11. Datos y frecuencia de fallas reportadas en CAT 246D

MCR-CAT-246-001				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
F	15	15	27%	27%
A	10	25	18%	45%
E	10	35	18%	63%
H	4	39	7%	70%
K	4	43	7%	77%

Q	4	47	7%	84%
C	2	49	4%	88%
O	2	51	4%	91%
B	1	52	2%	93%
D	1	53	2%	95%
N	1	54	2%	96%
P	1	55	2%	98%
U	1	56	2%	100%
TOTAL	56	574	100%	

Fuente: Autor.

Gráfico 5. Resultado Análisis de Pareto para CAT 246D.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 63% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas admisión y eléctrico, pues en estos es donde mayor índice de falla se presenta, tales como:

- ✓ Bombillos quemados
- ✓ Filtros de aire defectuosos.
- ✓ Filtros de combustible defectuosos

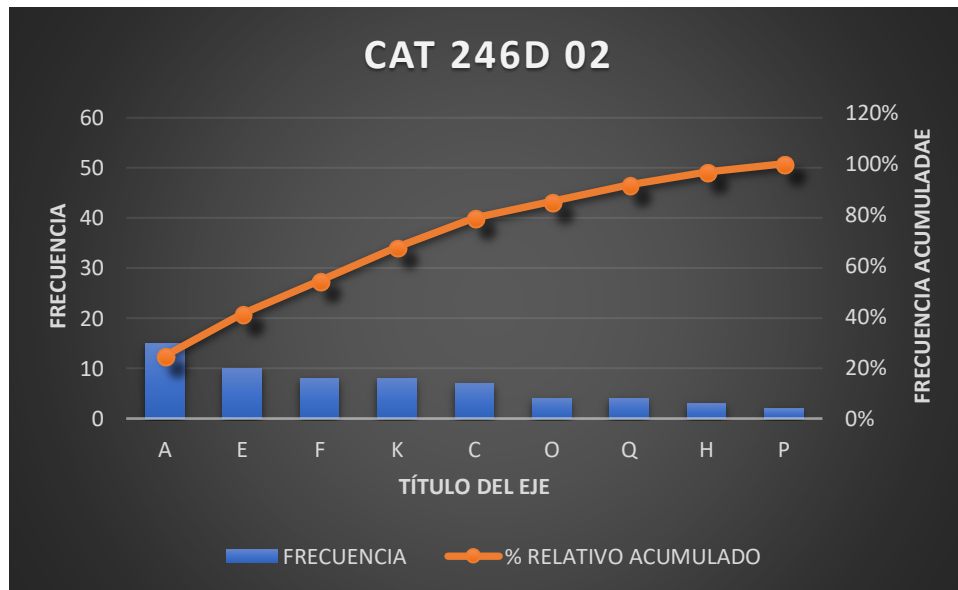
5.4.1.7 PARETO CAT 246 D.

Tabla 12. Datos y frecuencia de fallas reportadas a 246CAT D.

MCR-CAT-246-002				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
A	15	15	25%	25%
E	10	25	16%	41%
F	8	33	13%	54%
K	8	41	13%	67%
C	7	48	11%	79%
O	4	52	7%	85%
Q	4	56	7%	92%
H	3	59	5%	97%
P	2	61	3%	100%
TOTAL	61	390	100%	

Fuente: Autor.

Gráfico 6. Resultado Análisis de Pareto para CAT 246D.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 57% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas admisión y eléctrico, pues en estos es donde mayor índice de falla se presenta, tales como:

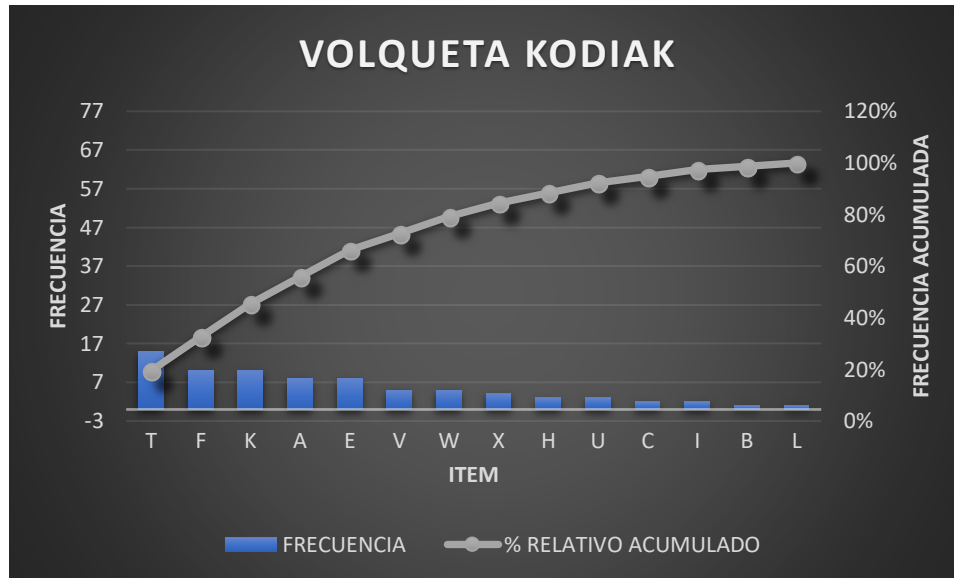
- ✓ Filtros de aire defectuoso.
- ✓ Filtros de combustible defectuosos.
- ✓ Bombillos quemados.

5.4.1.8 PARETO PARA VOLQUETA KODIAK.

Tabla 13. Datos y frecuencia de reporte de fallas de Volqueta Kodiak.

VQT-CHV-KDK-001				
ITEM	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
T	15	15	19%	19%
F	10	25	13%	32%
K	10	35	13%	45%
A	8	43	10%	56%
E	8	51	10%	66%
V	5	56	6%	73%
W	5	61	6%	79%
X	4	65	5%	84%
H	3	68	4%	88%
U	3	71	4%	92%
C	2	73	3%	95%
I	2	75	3%	97%
B	1	76	1%	99%
L	1	77	1%	100%
TOTAL	77	791	100%	

Fuente: Autor.



Fuente: Autor.

Para disminuir el 56% de las fallas reportadas, es necesario concentrarnos los sistemas supresión, eléctrico y admisión, pues en estos es donde mayor reporte de falla se presenta, estos son los siguientes:

- ✓ Desajuste de muelles.
- ✓ Bombillos quemados.
- ✓ Cables dañados y malas conexiones.
- ✓ Filtros defectuosos.

5.4.2 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. Para realizar un análisis de criticidad se debe: Definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. (MENDOZA, 2000). Para el caso en especial de este proyecto, se hizo análisis de criticidad a los sistemas más importantes de cada máquina, basándonos en el estudio estadístico anteriormente realizado y que permitió, poder determinar la frecuencia de fallas en los sistemas, siendo estos los más comunes, y que parten del mismo principio, estos son:

- ✓ Sistema de Admisión, hidráulico, transmisión, eléctrico, suspensión, diferenciales, y frenos; presentes en el funcionamiento principal de cada máquina, parten desde un principio de funcionamiento similar, con variedad en las capacidades y que pueden ser analizados en conjunto para mitigar daños.

Para la evaluar la criticidad, se debe tener en cuenta los valores de la Tabla 6, que a su vez están 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:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} * \text{consecuencias}$$

Ecuación 1. Ec. Criticidad.

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

Tabla 14. 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 por semestre	4
Promedio 1- 2 fallas por semestre	3
Buena 0.5 – 1 falla por semestre	2
Excelente menos de 0.5 fallas por semestre	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 daños menores (ambiente – seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambientes	1

Fuente: Autor

A continuación, se muestra la evaluación de criticidad para los sistemas importantes de la maquinaria. Sistema de Admisión, eléctrico, hidráulico, transmisión, diferenciales, suspensión y frenos.

5.4.2.1 EVALUACIÓN DE SISTEMA DE ADMISIÓN.

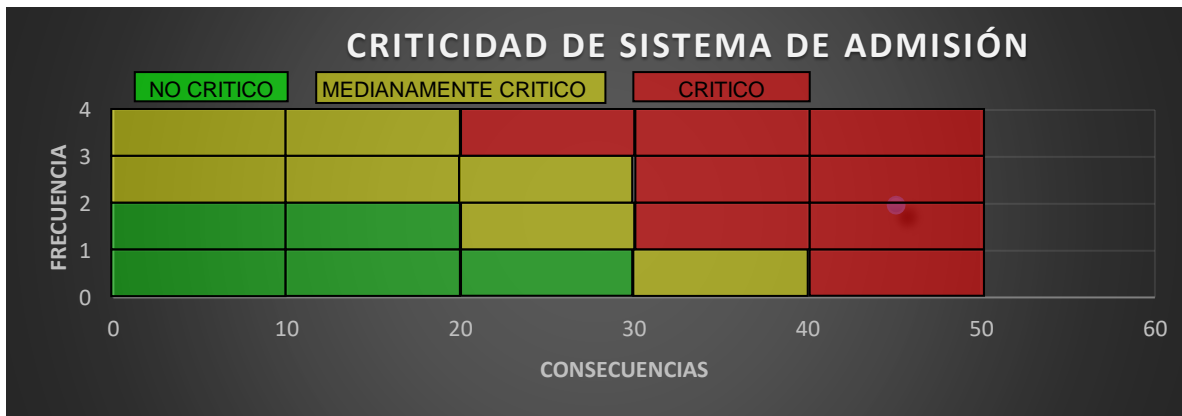
Los valores (véase tabla 15) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (véase grafica 7).

Tabla 15. Criticidad sistema de admisión.

Frecuencia fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	7

CONSECUENCIAS	45
FRECUENCIA	2

Gráfico 7. Criticidad Sistema de admisión.



Fuente: Autor.

5.4.2.2 EVALUACIÓN DE CRITICIDAD PARA SISTEMA DE FRENOS.

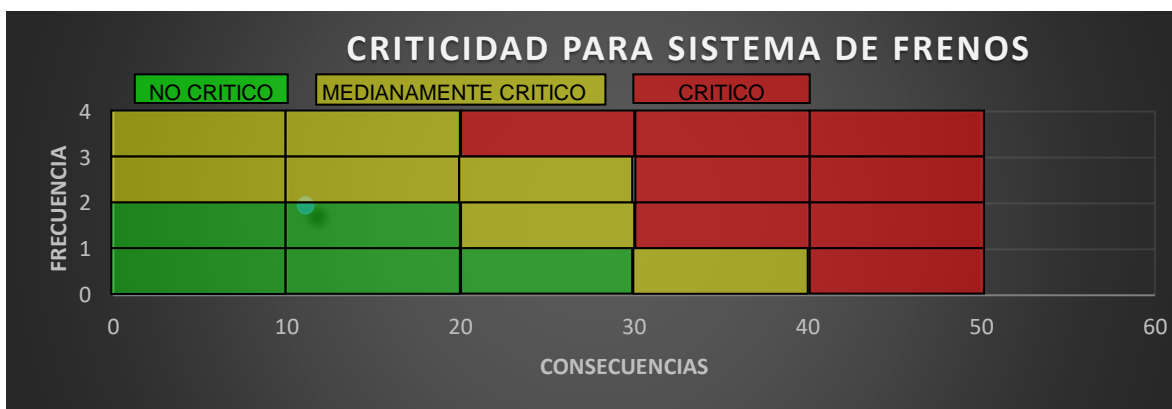
Los valores (véase tabla 16) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (ver grafica 8).

Tabla 16. Criticidad para sistema las diferenciales.

Frecuencia fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	11
FRECUENCIA	2

Gráfico 8. Criticidad de sistema de frenos.



Fuente: Autor.

5.4.2.3 CRITICIDAD DE SISTEMA ELÉCTRICO.

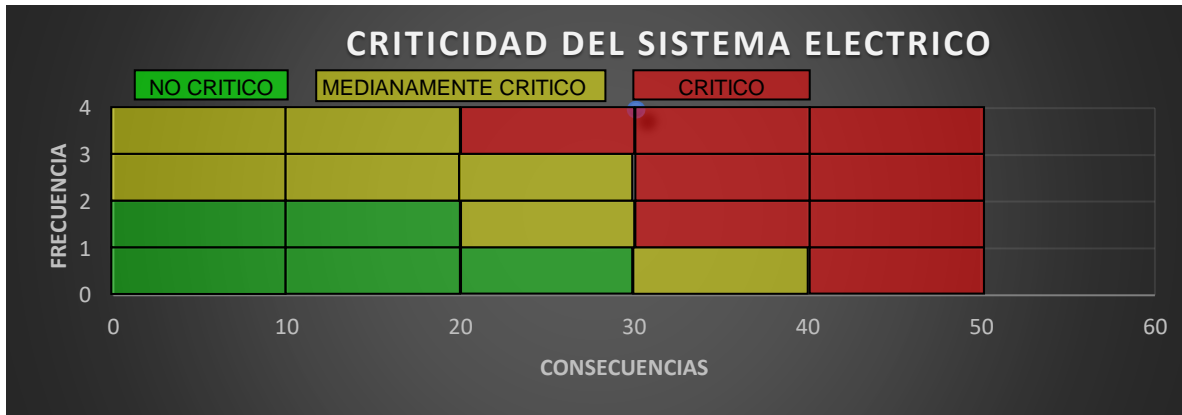
Los valores (ver tabla 17) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (ver grafica 9).

Tabla 17. Criticidad de sistema eléctrico.

Frecuencia fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	1

CONSECUENCIAS	30
FRECUENCIA	4

Gráfico 9. criticidad de sistema eléctrico.



Fuente: Autor.

5.4.2.4 EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE SISTEMA HIDRÁULICO.

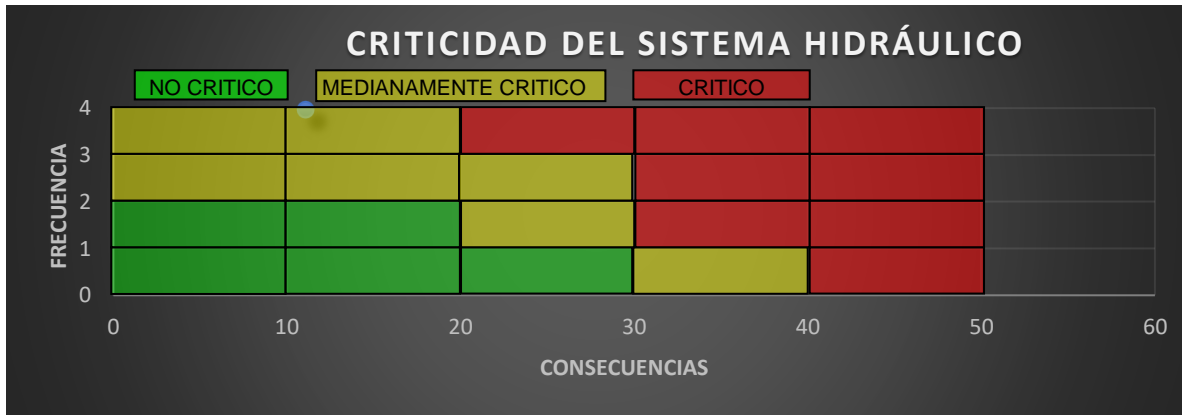
Los valores (ver tabla 18) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (ver gráfica 10).

Tabla 18. Criticidad de sistema hidráulico.

Frecuencia fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	11
FRECUENCIA	4

Gráfico 10. Criticidad de sistema hidráulico.



Fuente: Autor.

5.4.2.5 EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

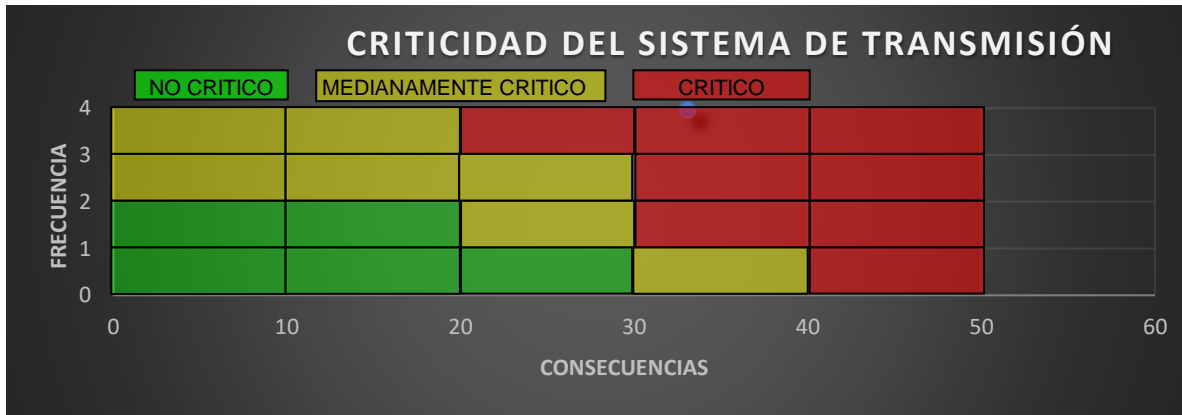
Los valores (ver tabla 19) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (ver grafica 11).

Tabla 19. Criticidad de sistema de transmisión.

Frecuencia fallas	4
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	33
FRECUENCIA	4

Gráfico 11. Criticidad sistema de transmisión.



Fuente: Autor

5.4.2.6 EVALUACIÓN DE CRITICIDAD A SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

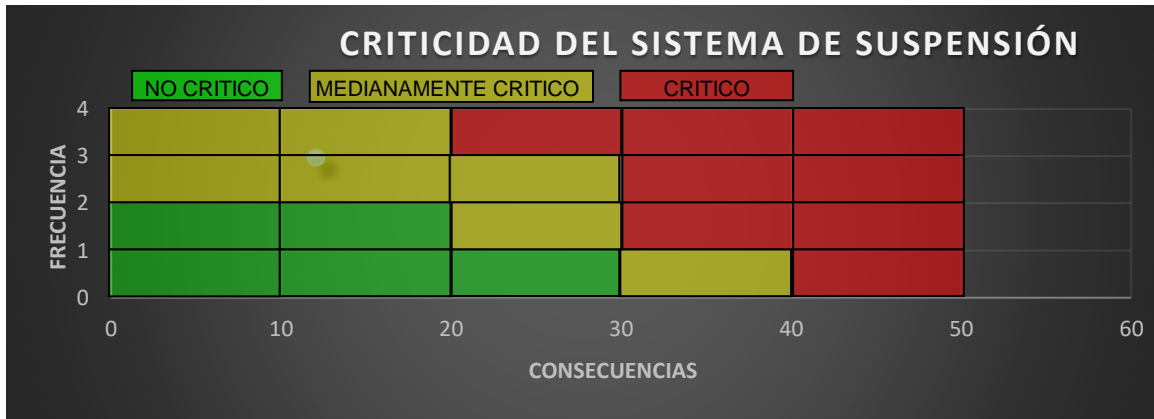
Los valores (ver tabla 20) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (ver grafica 12).

Tabla 20. Criticidad en sistema de suspensión.

Frecuencia fallas	3
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	1
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	12
FRECUENCIA	3

Gráfico 12. Criticidad de sistema de suspensión



Fuente: Autor.

5.4.2.7 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DIFERENCIALES.

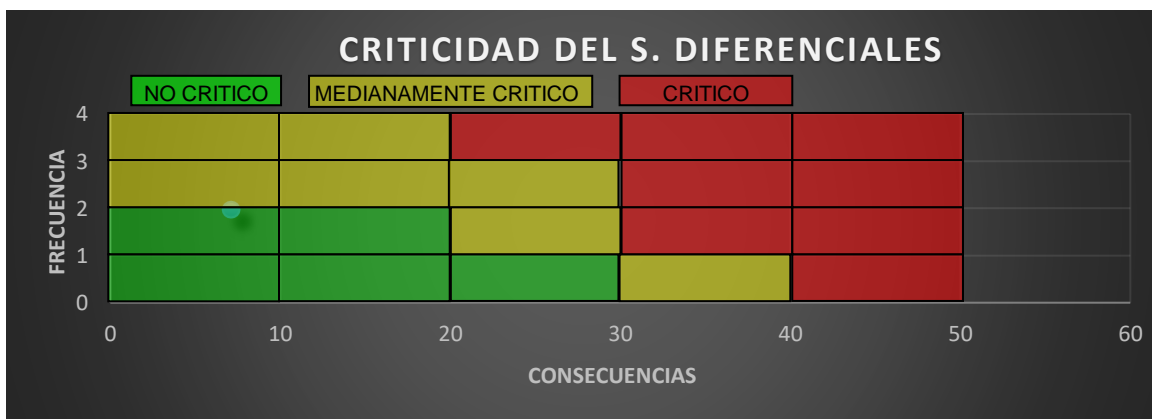
Los valores (véase tabla 15) son dados de acuerdo al conocimiento de los operarios y reportes de fallas dados, se toma un promedio de todas máquinas en el sistema que se está evaluando. (véase grafica 7).

Tabla 21. Criticidad del sistema de diferenciales.

Frecuencia fallas	2
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene	3

CONSECUENCIAS	7
FRECUENCIA	2

Gráfico 13. Resultado de Criticidad de Diferenciales.



Fuente: Autor.

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

5.4.3 ¿QUE ES EL FMEA?

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (FMEA) 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 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.

Figura 34. Proceso del FMEA.



Fuente: <http://noria.mx/lublearn/el-proceso-fmea-para-las-fallas-de-lubricacion/>

5.4.4 PASOS PARA IMPLEMENTAR UN FMEA.

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.

5.4.4.1 DETERMINAR PRODUCTO A ANALIZAR.

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

- ✓ Sistema de admisión.
- ✓ Sistema eléctrico.
- ✓ Sistema de transmisión

5.4.4.2 DETERMINAR LOS 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 FMEA de cada sistema. (SOLUTIONS, 2018)

5.4.4.3 LISTAR LOS EFECTOS DE CADA POTENCIAL DE 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. (SOLUTIONS, 2018)

5.4.4.4 ASIGNAR EL GRADO DE SEVERIDAD.

Con la finalidad de comparar y priorizar, es necesario asignar un nivel de severidad a la falla por cada ocurrencia. Esto se refiere al impacto relativo de la falla sobre la operación con respecto a los costos por paro por hora y por duración esperada, costos de reparación, costos por lesiones del personal, costos por limpieza del ambiente, etc. La

severidad de la falla suele ponderarse entre uno y diez, siendo uno la menos severa y diez la más severa.

Tabla 22. Grado de severidad.

EFEECTO	RANGO	CRITERIO
NO	1	SIN EFECTO
MUY POCO	2	CLIENTE NO MOLESTO. POCO DEFECTO EN EL ARTICULO O SISTEMA
POCO	3	CLIENTE ALGO MOLESTO. POCO DESEMPEÑO DEL ARTÍCULO O SISTEMA.
MENOR	4	EL CLIENTE SE SIENTE ALGO INSATISFECHO. EFECTO MODERADO EN EL ARTICULO O SISTEMA.
MODERADO	5	EL CLIENTE SE SIENTE ALGO INSATISFECHO. EFECTO MODERADO EN EL ARTICULO O SISTEMA.
SIGNIFICATIVO	6	EL CLIENTE SE SIENTE ALGO INCONFORME. EL DESEMPEÑO DEL ARTICULO SE VE AFECTADO, PERO ES OPERABLE Y ESTÁ A SALVO. FALLA PARCIAL, PERO OPERABLE.
MAYOR	7	EL CLIENTE ESTA INSATISFECHO. EL DESEMPEÑO DEL ARTICULO SE VE AFECTADO, PERO ES OPERABLE Y ESTÁ A SALVO. SISTEMA AFECTADO.
EXTREMO	8	EL CLIENTE MUY INSATISFECHO. ARTICULO INOPERABLE, PERO A SALVO. SISTEMA INOPERABLE.
SERIO	9	EFECTO DE PELIGRO POTENCIAL. CAPAZ DE DESCONTINUAR 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 REGLA DEL GOBIERNO.

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

5.4.4.5 OCURRENCIA

Estimar, usando la escala de uno a diez, (uno siendo el menos frecuente y diez el más frecuente), estimar la probabilidad de ocurrencia de cada mecanismo de falla.

Tabla 23. Ocurrencia.

OCURRENCIA	RANGO	CRITERIO	PROBABILIDAD DE FALLA
REMOTA	1	FALLA IMPROBABLE. NO EXISTEN FALLAS ASOCIADAS CON ESTE PROCESO O CON UN PRODUCTO CASI IDENTICO.	<1 EN 1.500.000
MUY POCA	2	SOLO FALLAS AISLADAS ASOCIADAS CON PROCESOS O UN PROCESO CASI IDENTICO.	1 EN 150.000
POCA	3	FALLA ASILADA ASOCIADAS CON PROCESOS SIMILARES.	1 EN 30.000
MODERADA	4	ESTE PROCESO O UNO SIMILAR	1 EN 4.500
	5	HA TENIDO FALLAS	1 EN 800
	6	OCASIONALES	1 EN 150
ALTA	7	ESTE PROCESO Y UNO SIMILAR	1 EN 50
	8	HAN FALLADO A MENUDO.	1 EN 15
MUY ALTA	9	LA FALLA ES CASI INEVITABLE	1 EN 6
	10		>1 EN 3

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

5.4.4.6 DETECCIÓN.

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

Tabla 24. Detección.

PROBABILIDAD	RANGO	CRITERIO	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN DE LA FALLA.
ALTA	1	EL EFECTO ES UNA CARACTERISTICA FUNCIONALMENTE OBVIA.	99.99%
MEDIANAMENTE ALTA	2-5	ES UN EFECTO PROBABLE DE FALLA. EL DEFECTO ES UNA CARÁCTERISITCA OBVIA.	99.7%
BAJA	6-8	EL DEFECTO ES UNA CARÁCTERISTICA FACILMENTE IDENTIFICABLE.	98%
MUY BAJA	9	NO ES FÁCIL DETECTAR LA FALLA POR MÉTODOS USUALES O PRUEBAS MANUALES. EL DEFECTO ES UNA	90%

		CARÁCTERÍSTICA OCULTA O INTERMITENTE.	
IMPROBABLE	10	LA CARÁCTERÍSTICA NO SE PUEDE CHECAR FÁCILMENTE EN EL PROCESO. EJ: AQUELLAS CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA DURABILIDAD DEL PRODUCTO	MENOR A 90%

5.4.4.7 CALCULAR EL NPR (NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO).

Calcular el NPR para efecto-causas-controles, 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.

Ecuación 2. Numero prioritario de riesgos.

$$NPR = (Severidad) * (consecuencia) * (detección).$$

5.4.4.8 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.

5.4.4.9 TOMAR ACCIONES PARA REDUCIR EL MODO DE RIESGO DE FALLA.

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

5.4.4.10 CALCULAR UN 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.



5.4.5 EVALUACIÓN DEL FORMATO DE FMEA PARA CADA UNO DE LOS SISTEMAS.

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

5.4.5.1 EVALUACIÓN DEL FMEA PARA EL SISTEMA DE ADMISIÓN.

El sistema de admisión es uno de los más críticos en la maquinaria, por ello se evaluó el FMEA para optimizar acciones que conllevan a evitar la ocurrencia de fallas imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: Ambiente de exposición al sistema de admisión, altamente contaminado por partículas de polvillo de carbón constantes con un NPR de 1000.

Tabla 25. FMEA Sistema de admisión.

INDUMAX																
AMEF SISTEMA DE ADMISION																
AMEF DE :			ANALISIS DE MODO EFECTO DE FALLA					GERENCIA: HOMERO GOMEZ.			INGENIERO: JESÚS ARAUJO					
SISTEMA 		EQUIPO 	AMEF N° 0001		FECHA DE REVISION					DEPARTAMENTO: Mantenimiento de maquinaria pesada			FECHA			
Proveedor afectado		Descripción	Nombre del sistema: Admisión		8/04/2018					Hoja 1 de 1						
Descripción del sistema	Función del sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	SITUACION ACTUAL				
					ACCIONES ACTUALES	O C U R R E N C I A	S E V E R I D A D	D E T E R M I N A D O	NPR			ACCIONES ADOPTADAS	O C U R R E N C I A	S E V E R I D A D	D E T E R M I N A D O	NPR
Sistema de admisión de aire y combustible para motores diesel.	Permitir el ingreso de aire y combustible al motor	Obstrucción de inyectores.	Paro de motor	Mala calidad del combustible, basuras e impurezas, reembasado del combustible. Combustible venezolano.	Utilización de combustible Colombiano y trampas en tanques de almacenamiento.	5	9	6	270	Cambio de filtros cada 250H, acondicionamiento de almacen de combustible alejado de polvillo de carbon y otros agentes contaminantes.	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	4	7	6	168
		Combustible con impurezas.	Obstrucción de inyectores, mal funcionamiento del motor.	Ambiente contaminado en zona de tanqueo.	Cambio de filtros cada 250H	7	7	9	441	Cambio de filtros cada 200H, limpieza diaria	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	5	5	9	225
		Obstrucción y dificultad para el ingreso de aire.	Mezcla no equilibrada aire-combustible. Ahogo del motor, baja potencia.	Filtro de aire obstruido.	cambio de filtro cada 250 H	10	7	9	630	Cambio de filtros cada 200H, limpieza diaria	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	7	7	9	441
		Ambiente de exposición al sistema de admisión, altamente contaminado por partículas de polvillo de carbón constantes.	Rayaduras en los cilindros de motor. Mal funcionamiento, por desgaste.	Ambiente de trabajo altamente contaminado, exceso de residuos de polvillo.	Limpieza de filtros, despues de cada jornada con soplete de aire	10	10	10	1000	Cambio de filtros cada 200H, Cambio de tecnología en filtros para sistema de admisión, reparación de motor.	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	8	8	10	640

Fuente: Autor.

5.4.5.2 EVALUACIÓN DE FMEA PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico, es un sistema de vital importancia y valor en la maquinaria, por ello se evaluó el FMEA para optimizar acciones que conllevan a evitar la ocurrencia de fallas

imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: Cableado dañado y malas conexiones con NPR de 729.

Tabla 26. FMEA sistema Eléctrico.

INDUMA																
AMEF SISTEMA ELÉCTRICO																
AMEF DE :		ANÁLISIS DE MODO EFECTO DE FALLA				GERENCIA: HOMERO GOMEZ.				INGENIERO: JESÚS ARAUJO						
SISTEMA:		EQUIPO:		AMEF N° 0001		FECHA DE REVISIÓN: 8/04/2018		DEPARTAMENTO: Mantenimiento de maquinaria pesada		FECHA: Hoja 1 de 1						
Proveedor afectado		Descripción		Nombre del sistema: Admisión		SITUACIÓN ACTUAL		ACCIONES RECOMENDADAS		RESPONSABLE		SITUACIÓN ACTUAL				
Descripción del sistema	Función del sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	ACCIONES ACTUALES	C	E	E	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	ACCIONES ADOPTADAS	C	E	E	NPR
						U	V	T					U	V	T	
Sistema eléctrico para maquinaria pesada.	Encendido del motor, control y monitoreo, instrumentos, indicadores, accesorios, luces.	Poles de alternador y rodamientos dañados	sin flujo de corriente	baterías descargadas	Reparación de alternador y cambio de piezas	4	5	5	100	cambio de pieza	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	3	4	2	24
		Baterías descargadas	sin flujo de corriente	Bornas en mal estado, sulfatación de batería, cero funcionamiento de alternador	recarga de baterías	3	7	2	42	cambio de batería a nueva	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	3	7	2	42
		Automático quemado	sobrevoltaje quema de cableado	sobrevoltaje	paso de corriente directa	6	7	8	336	reemplazo a piezas nuevas	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	6	7	8	336
		Malas conexiones, cableado dañado	Perdida de señales eléctricas. Desconexión de	Circuitos alterados	ninguna	9	9	9	729	servicio técnico especializado	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	5	5	6	150

Fuente: Autor.

5.4.5.3 EVALUACIÓN DE FMEA PARA EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

El sistema eléctrico, es un sistema de vital importancia y valor en la maquinaria, por ello se evaluó el FMEA para optimizar acciones que conllevan a evitar la ocurrencia de fallas imprevistas dentro del sistema. Uno de los ítems a los cuales debemos direccionar las acciones es: Ruptura de mangueras del sistema y fugas externas con NPR de 900.

Tabla 27. FMEA de sistema transmisión.

INDUMA																
AMEF SISTEMA DE TRANSMISIÓN																
AMEF DE :		ANÁLISIS DE MODO EFECTO DE FALLA				GERENCIA: HOMERO GOMEZ.				INGENIERO: JESÚS ARAUJO						
SISTEMA:		EQUIPO:		AMEF N° 0001		FECHA DE REVISIÓN: 8/04/2018		DEPARTAMENTO: Mantenimiento de maquinaria pesada		FECHA: Hoja 1 de 1						
Proveedor afectado		Descripción		Nombre del sistema: Admisión		SITUACIÓN ACTUAL		ACCIONES RECOMENDADAS		RESPONSABLE		SITUACIÓN ACTUAL				
Descripción del sistema	Función del sistema	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	ACCIONES ACTUALES	C	E	E	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	ACCIONES ADOPTADAS	C	E	E	NPR
						U	V	T					U	V	T	
Sistema de transmisión para maquinaria de tipo minero	Transmitir la potencia generada para el tren delantero y trasero.	Rodamientos y retenedores internos de ejes en mal estado	piñones dentados dañados	Desgaste, fatiga.	cambio de piezas genericos	4	8	9	288	cambio de piezas de tipo original	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	2	6	9	108
		control de válvulas solenoides sin señal eléctrica.	activación tardía de válvulas	Marchas mal ejecutadas	cambio de solenoides	5	9	8	360	Revisión eléctrica de mandos.	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	3	6	8	144
		válvulas rayadas	válvulas frenadas.	perdida de presiones	Suavizar rayaduras de válvulas.	5	10	10	500	Cambio de control de válvulas	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	3	6	10	180
		Daño de empaques	derrame de hidráulico, ruido, recalentamiento.	desgaste.	cambio de pieza	3	7	2	42	inspecciones visuales frecuentes	Técnico mecánico. Operador	Las recomendadas	3	5	2	30

OLOMBIA S.A.S 857.481-2 E MANTENIMIENTO. MAQUINARIA PESADA														JEFE DTO: ING. JESÚS ARAUJO. JEFE DE ÁREA: ING@. KERLY PÉREZ			Version. 001				
REGISTRADOS EN CONTROL DIARIO														TOTALES							
H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	HORAS	KM	PMP 1	PMP 2	PMP 3	PMP 4	
															MANTENIMIENTO BASADO EN KILOMETROS	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	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	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.

5.4.6.1 PMP1

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 200 h o 5000 KM, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 29. PMP1 250H/5000KM

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		
DESCRIPCION		OBSERVACIONES
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		
ANEXO		

Fuente: Autor.

5.4.6.2 PMP2

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 400 H o 10000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 30. PMP1 500H/10000KM

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Fuente: Autor.

5.4.6.3 PMP3.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 1000 H o 10000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 31. PMP3 1000H/10000KM

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL DELANTERA	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL TRASERA	CAMBIAR	
ACEITE GEAR BOX	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	CAMBIAR	
LIQUIDO DE FRENOS	CAMBIAR	
FILTRO RESPIRO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO REGRESO DE TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO VÁLVULA PPC	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Fuente: Autor.

5.4.6.4 PM4.

Plan de mantenimiento que se debe ejecutar a las 2000 H o 20000 km, basado en los catálogos de Caterpillar y SEM, de igual manera en las acciones sugeridas en el FMEA de cada uno de los sistemas críticos.

Tabla 32. PMP4 2000H/20000KM

INDUMAX DE COLOMBIA S.A.S NIT: 900.857.481-2 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MAQUINARIA PESADA		INDUMAX
DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
ACEITE DE MOTOR	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE	CAMBIAR	
PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
FILTRO DE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
ENGRASE GENERAL	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE INTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE EXTERNO	CAMBIAR	
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL DELANTERA	CAMBIAR	
ACEITE DIFERENCIAL TRASERA	CAMBIAR	
ACEITE GEAR BOX	CAMBIAR	
FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	CAMBIAR	
LIQUIDO DE FRENOS	CAMBIAR	
FILTRO RESPIRO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO REGRESO DE TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO VÁLVULA PPC	CAMBIAR	
ACEITE SISTEMA HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO ABASTECIMIENTO TANQUE HIDRÁULICO	CAMBIAR	
FILTRO ABASTECIMIENTO TANQUE COMBUSTIBLE	CAMBIAR	
LIQUIDO REFRIGERANTE	CAMBIAR	
ANEXO		
ANEXO		

Fuente: Autor.

5.4.7 ANALISIS COSTO BENEFICIO.

El análisis Costo–Beneficio es una herramienta financiera que tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de la maquinaria pesada, respecto a la prestación de servicio en el área de producción de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, como administradores de la mantención una de las principales tareas sera minimizar los costos para ello es muy importante analizar los siguientes componentes:

5.4.7.1 COSTOS GENERALES DE GASTOS.

5.4.7.1.1 COSTOS DE INTERVENCIÓN

El CIM incluye los gastos relacionados con la mantención preventiva y correctiva. No incluye gastos de inversión, ni aquellas relacionadas directamente con la producción: ajustes de parámetros de producción, limpieza, etc. Estos equipos en los meses correspondientes a marzo, abril y mayo fueron:

Tabla 33. Mano de obra externa mes de marzo.

MARZO						
ITEM	CONCEPTO	NOMBRE	CENTRO DE COSTOS	VALOR	ADELANTOS	SALDO
1	Montaje y limpieza de control de Valvulas y Reparación de servo transmisión	Gabriel Martínez	indumax	\$ 5.600.000	\$ 2.000.000	\$ 3.600.000
2	Reparación de control de valvulas frontal	Gabriel Martínez	indumax	\$ 4.500.000	\$ 2.000.000	\$ 2.500.000
3	Reparación de motor Cummins 6BT cargador sem 638	Gabriel Martínez	indumax	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 0
TOTAL				\$ 12.100.000	\$ 6.000.000	\$ 6.100.000
4	Servicio tecnico electrico en volqueta Iodiak	Rodolfo Forero Rodriguez	indumax	\$ 631.809	\$ 631.809	\$ 0
5	Mano de obra	Ivan B. Peñaranda	indumax	\$ 113.500	\$ 113.500	\$ 0
5	Mano de obra	Ivan B. Peñaranda	indumax	\$ 160.000	\$ 160.000	\$ 0
TOTAL				\$ 631.809	\$ 631.809	\$ 0
COSTO TOTAL				\$ 12.731.809		

Fuente: Autor.

Tabla 34. Costos Mano de Obra externa mes de abril.

MES DE ABRIL							
ITEM	CONCEPTO	NOMBRE	COD. MAQUINA	CENTRO DE COSTOS	VALOR	ADELANTOS	SALDO
1	Desmontaje, montaje y limpieza de control de valvulas liugong CLG856	Gabriel Martínez	CF-LLG-856-02	Libano	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 0
2	Reparación de manguera de retorno a bomba de inyección	Gabriel Martínez	CF-SEM-638-03	indumax	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 0
3	Desmontaje, montaje y reparación de servo-transmisión Liugong CLG856	Gabriel Martínez	CF-LLG-856-02	Libano	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 0
4	Reparación de servotransmisión liugong clg856	Gabriel Martínez	CF-LLG-856-02	Libano	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 0
TOTAL					\$ 8.700.000	\$ 8.700.000	\$ 0
4	Scanner de Mini-Cat 246D (Compra)	Marin Rincon C.	-	indumax	\$ 350.000	\$ 350.000	\$ 0
5	Scanner y verificación de aceleración en Mini-Cat 246-01	Marin Rincon C.	MCR-CAT-246-001	indumax	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 0
6	verificación de electrovalvulas	Marin Rincon C.	CFR-LLG-856-002	Libano	\$ 450.000	\$ 650.000	\$ 0
7	Scanner de Mini-CAT 246D-02	Marin Rincon C.	MCR-CAT-246-002	indumax	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 0
8	verificación sistema de corriente liugong	Marin Rincon C.	CFR-LLG-856-002	Libano	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000	\$ 0
9	Reparación y montaje de Jostyn izquierdo	Marin Rincon C.	MCR-CAT-246-001	indumax	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 0
TOTAL					\$ 3.350.000	\$ 3.550.000	\$ 0
10	desmontaje y montaje de inyectores	william cañas	CF-LLG-856-02	libano	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 0
TOTAL					\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 0
11	NTS traslado y mano de obra 250 H	NTS	CF-SEM-659-05	indumax	\$ 402.082	\$ 402.082	\$ 0
12	NTS traslado y mano de obra 2000H	NTS	CF-SEM-638-04	libano	\$ 750.712	\$ 750.712	\$ 0
13	NTS traslado y mano de obra 2250H	NTS	CF-SEM-638-05	libano	\$ 750.712	\$ 750.712	\$ 0
TOTAL					\$ 1.903.506	\$ 1.903.506	\$ 0
14	Reparacion de A.A y recarga	Edwin Noriega	VQ-CHV-KDK-01	indumax	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 0
15	Reparación sistema de frenos	Ivan Bonerge P.	VQ-CHV-KDK-02	indumax	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000
16	Reparación de corto electrico	Juan David Morales	VQ-CHV-KDK-01	indumax	\$ 145.000	\$ 145.000	\$ 0
TOTAL					\$ 260.000	\$ 260.000	\$ 15.000
TOTAL COSTOS					\$ 14.363.506		

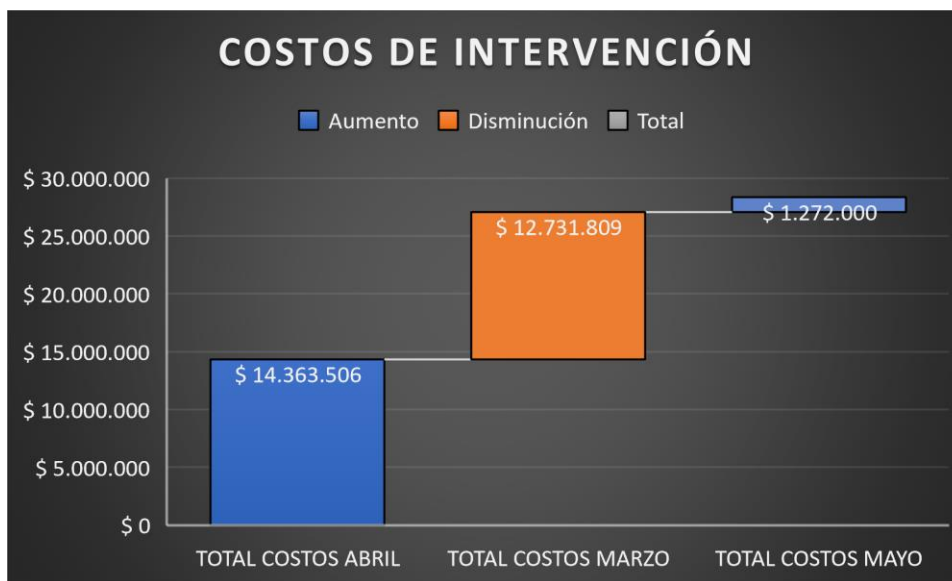
Fuente: Autor.

Tabla 35. costos mano de obra externa mes de mayo.

MES DE MAYO							
ITEM	CONCEPTO	NOMBRE	COD. MAQUINA	CENTRO DE COSTOS	VALOR	ADELANTOS	SALDO
1	Servicio técnico eléctrico, para solucionar corto.	Roberth Torres	CFR-SEM-638-003	indumax	\$ 250.000	\$ 250.000	\$ 0
2	Montaje de solenoide y alternador	Roberth Torres	CFR-SEM-638-003	indumax	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 0
3	Servicio técnico eléctrico, de mantenimiento	Roberth Torres	MCR-CAT-246-002	indumax	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 0
TOTAL					\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 0
4	Servicio técnico Aire acondicionado	Eduardo Diaz	VQT-CHV-KDK-001	indumax	\$ 330.000	\$ 330.000	\$ 0
TOTAL					\$ 330.000	\$ 330.000	\$ 0
5	Ajuste de muelles y frenos	Ivan Bonerge	CFR-SEM-638-003	indumax	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 0
6	Arreglo de caja de Dirección	Ivan Bonerge	CFR-SEM-638-003	indumax	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 0
7	Ajuste de muelles montaje de llantas.	Ivan Bonerge	MCR-CAT-246-002	indumax	\$ 22.000	\$ 220.000	-\$ 198.000
TOTAL					\$ 292.000	\$ 490.000	-\$ 198.000
COSTO TOTAL DE MES					\$ 1.272.000		

Fuente: Autor.

Gráfico 14. Resultados costos de mano de obra mes.



Fuente: Autor.

Actualmente la empresa cuenta con la contratación interna de un técnico en calidad de practicante SENA, el cual devenga un sueldo igual a un salario mínimo vigente igual a 861.242 COP. La contratación externa de manos de obras, representa un sobrecosto en las reparaciones de máquina

5.4.7.1.2 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, consumen aproximadamente 0.45 galones de A.C.P.M. por CF.

$$\text{Factor de consumo} = 0.65 * 0.045 = 0.02925$$

Ecuación 3. Factor de consumo para cargador.

- ✓ Volquetas pesadas consumen aproximadamente 0.0308 galones de ACPM por CF.

$$\text{Facto de consumo} = 0.65 * 0.01 = 0.0065$$

Ecuación 4. Factor de consumo de volqueta

Tabla 36. Consumo por hora de ACPM.

INDUMA						
CÓDIGO	MAQUINA	POTENCIA NETA HP	POTENCIA PROMEDIO DE TRABAJO	CONSUMO APROX. DE GAL* CF	FACTOR CONSUMO DE CABALLO DE FUERZA (CF)	CONSUMO DE GALONES *HORA
CFR-CAT-928-001	CARGADOR FRONTAL CAT 928 F	124	0,65	0,02275	0,0147875	1,83365
CFR-LLG-856-002	CARGADOR FRONTAL LIUGONG CLG 856	198	0,65	0,02275	0,0147875	2,927925
CFR-SEM-638-003	CARGADOR FRONTAL SEM 638	118	0,65	0,02275	0,0147875	1,744925
CFR-SEM-638-004	CARGADOR FRONTAL SEM 638	118	0,65	0,02275	0,0147875	1,744925
CFR-SEM-659-005	CARGADOR FRONTAL SEM 659	206	0,65	0,02275	0,0147875	3,046225
MCR-CAT-246-001	MINI CARGADOR CAT 246D	74,3	0,65	0,02275	0,0147875	1,09871125
MCR-CAT-246-002	MINI CARGADOR CAT 246D	74,3	0,65	0,02275	0,0147875	1,09871125
VQT-CHV-KDK-001	VOLQUETA CHEROLET KODIAK 8500C	250	0,65	0,002275	0,00147875	0,3696875

ITEM	IGUALDAD
Factor de consumo por caballo de fuerza (CF)	Potencia promedio a la que trabaja X Consumo aproximado de galones por CF
Consumo de galones por hora	Potencia neta X Factor de consumo por caballo de fuerza (CF).

Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 37. Costos de consumo marzo, abril y mayo.

MES DE MARZO					
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	CONSUMO TOTAL	PROMEDIO	COSTO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	8	20	2,5	\$ 116.400
CFR-LLG-856-002	LIUGONG CLG856 CARGADOR FRONTAL	70,9	220,6	3,111424542	\$ 1.283.892
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	70,9	220,6	3,111424542	\$ 1.283.892
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	220,8	434,3	1,966938406	\$ 2.527.626
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	86,8	318,7	3,671658986	\$ 1.854.834
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	210,3	284,5	1,352829291	\$ 1.655.790
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	264,4	309,4	1,170196672	\$ 1.800.708
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	291,6	293,145	1,005298354	\$ 1.706.104
TOTAL					\$ 12.229.246

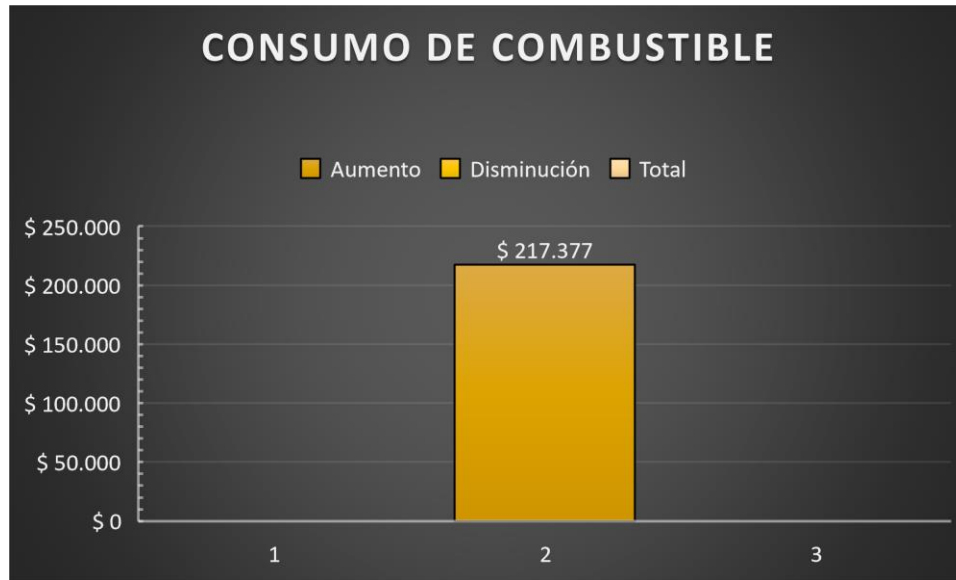
MES DE ABRIL					
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	CONSUMO TOTAL	PROMEDIO	COSTO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	0	0	0	\$ 0
CFR-LLG-856-002	LIUGONG CLG856 CARGADOR FRONTAL	259,9	473	1,819930743	\$ 2.752.860
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	257,8	766,2	2,972071373	\$ 4.459.284
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	384,7	847	2,201715623	\$ 4.929.540
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	257,8	766,2	2,972071373	\$ 4.459.284
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	212,5	242,8	1,142588235	\$ 1.413.096
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	235,5	364,8	1,549044586	\$ 2.123.136
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	200	275	1,375	\$ 1.600.500
TOTAL					\$ 21.737.700

MES DE MAYO					
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	CONSUMO TOTAL	PROMEDIO	COSTO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	0	0	0	\$ 0
CFR-LLG-856-002	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	59,6	290,9	4,880872483	\$ 1.742.491
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	139,6	290,9	2,083810888	\$ 1.742.491
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	169	350	2,071005917	\$ 2.096.500
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	155	468,9	3,02516129	\$ 2.808.711
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	140	154,8	1,105714286	\$ 927.252
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	157,8	225,9	1,431558935	\$ 1.353.141
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	550	198	0,36	\$ 1.186.020
TOTAL					\$ 11.856.606

COSTO TOTAL	\$ 45.823.552
--------------------	----------------------

Fuente: Autor.

Gráfico 15. Costos de combustible de marzo, abril y mayo.



Fuente: Autor.

5.4.7.1.3 NÓMINA.

Actualmente la empresa cuenta con 7 operadores contratados y un conductor que tienen los siguientes:

Tabla 38. Nómina de operarios y conductor.

MES DE MARZO		
NOMBRE	COD DE MÁQUINA	TOTAL MES
BELTRAN BARBOSA ISIDRO	CFR-SEM-638-003	\$ 2.238.189
CAÑAS CAÑAS WILLIAM JESUS	CFR-LLG-856-002	\$ 2.898.104
GARCIA CAMACHO HERNANDO	MCR-CAT-246-001	\$ 1.564.356
PEREZ GARCIA RICARDO	VQT-CHV-KDK-001	\$ 1.866.228
PORRAS COLMENARES MIGUEL	CFR-CAT-928-001	\$ 2.302.158
QUIROGA CHAVERRA HECTOR ALFONSO	CFR-SEM-659-005	\$ 2.777.550
TAMAYO HERNANDEZ JUAN JOSE	CFR-SEM-638-004	\$ 2.015.123
VERA JAVIER	MCR-CAT-246-002	\$ 1.564.356
TOTAL MARZO		\$ 13.646.585

MES DE ABRIL		
NOMBRE	COD DE MÁQUINA	TOTAL MES
BELTRAN BARBOSA ISIDRO	CFR-SEM-638-003	\$ 2.238.189
CAÑAS CAÑAS WILLIAM JESUS	CFR-LLG-856-002	\$ 2.898.104
GARCIA CAMACHO HERNANDO	MCR-CAT-246-001	\$ 1.564.356
PEREZ GARCIA RICARDO	VQT-CHV-KDK-001	\$ 1.866.228
PORRAS COLMENARES MIGUEL	CFR-CAT-928-001	\$ 2.302.158
QUIROGA CHAVERRA HECTOR ALFONSO	CFR-SEM-659-005	\$ 2.777.550
TAMAYO HERNANDEZ JUAN JOSE	CFR-SEM-638-004	\$ 2.015.123
VERA JAVIER	MCR-CAT-246-002	\$ 1.564.356
TOTAL ABRIL		\$ 13.646.585

MES DE MAYO		
NOMBRE	COD DE MÁQUINA	TOTAL MES
BELTRAN BARBOSA ISIDRO	CFR-SEM-638-003	\$ 2.238.189
CAÑAS CAÑAS WILLIAM JESUS	CFR-LLG-856-002	\$ 2.898.104
GARCIA CAMACHO HERNANDO	MCR-CAT-246-001	\$ 1.564.356
PEREZ GARCIA RICARDO	VQT-CHV-KDK-001	\$ 1.866.228
PORRAS COLMENARES MIGUEL	CFR-CAT-928-001	\$ 2.302.158
QUIROGA CHAVERRA HECTOR ALFONSO	CFR-SEM-659-005	\$ 2.777.550
TAMAYO HERNANDEZ JUAN JOSE	CFR-SEM-638-004	\$ 2.015.123
VERA JAVIER	MCR-CAT-246-002	\$ 1.564.356
TOTAL MAYO		\$ 13.646.585

TOTAL NOMINA	\$ 40.939.756
---------------------	----------------------

Fuente: Autor.

Gráfico 16. Nómina de operadores.



Fuente: Autor.

5.4.7.1.4 ALMACEN DE STOCK Y REPUESTOS

Tabla 39. Costos de stock y repuestos.

CF-SEM-638-03						
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Planta 28V sem 638 ref. (4938600 - 21DQ003 - 16K01359)	NTS	UNID	1	\$ 958.853	\$ 958.853
2	Protección de Filtro de Admisión sem 638 (POWER PLUS SEM XGMA XCMG cargador de ruedas repuesto filtro de aire w13900000)	NTS	UNID	1	\$ 778.787	\$ 778.787
4	camisas de motor	AMD	UNID	6	\$ 38.655	\$ 231.930
5	buje de arbol de levas	AMD	UNID	1	\$ 11.764	\$ 11.764
6	valvula de admision	AMD	UNID	6	\$ 11.764	\$ 70.584
7	valvula de escape	AMD	UNID	6	\$ 11.765	\$ 70.588
8	cuñas de valvulas	AMD	UNID	12	\$ 2.521	\$ 30.252
9	bujes de biela	AMD	UNID	6	\$ 8.403	\$ 50.418
10	pares de casquetes de biela 0,20 - 0,50	AMD	UNID	6	\$ 16.806	\$ 100.836
11	pistonnes con anillos, pasadores y chavetas	AMD	UNID	6	\$ 120.168	\$ 721.008
12	juego de casquetes de bancada a 0,20 - 0,50	AMD	UNID	1	\$ 153.000	\$ 153.000
13	varillas impulsadoras	AMD	UNID	4	\$ 7.563	\$ 30.252
14	empaquetadura superior	AMD	UNID	1	\$ 150.000	\$ 150.000
15	empaquetadura inferior	AMD	UNID	1	\$ 121.848	\$ 121.848
16	bomba de aceite	AMD	UNID	1	\$ 102.521	\$ 102.521
17	LAVADO	CABALI	UNID	1	\$ 150.000	\$ 150.000
18	ENCAMIZAR BLOQUE	CABALI	UNID	1	\$ 680.000	\$ 680.000
19	RIMAR BUJES DE BIELA	CABALI	UNID	1	\$ 240.000	\$ 240.000
20	CAMBIO DE BUJES DE LEVAS	CABALI	UNID	6	\$ 40.000	\$ 240.000
21	RECTIFICAR COGUEÑAL 0,20 BIELA 0,20	CABALI	UNID	1	\$ 550.000	\$ 550.000
22	CAMISILLA CIGUEÑAL	CABALI	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
23	CIRCULO DE BIELA	CABALI	UNID	1	\$ 240.000	\$ 240.000
24	CIRCULO DE BANCADA	CABALI	UNID	6	\$ 500.000	\$ 3.000.000
25	CAMBIO DE ASIENTOS	CABALI	UNID	1	\$ 300.000	\$ 300.000
26	CAMBIO DE GUIAS	CABALI	UNID	12	\$ 180.000	\$ 2.160.000
27	COMPRESOR	SANTIAGO AIRES	UNID	1	\$ 1.897.000	\$ 1.897.000
28	ACEITE 15W40	LA REDOMA	UNID	5	\$ 55.800	\$ 279.000
29	FILTRO P-551329	LA REDOMA	UNID	1	\$ 46.000	\$ 46.000
30	FILTRO P-550588	LA REDOMA	UNID	1	\$ 38.000	\$ 38.000
31	FILTRO P-558615	LA REDOMA	UNID	1	\$ 23.000	\$ 23.000
32	FILTRO DA-2190	LA REDOMA	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
33	FILTRO DA-4190	LA REDOMA	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
34	FILTRO P55-8615	LA REDOMA	UNID	1	\$ 23.000	\$ 23.000
35	ACEITE 15W40	LA REDOMA	UNID	5	\$ 55.800	\$ 279.000
36	FILTRO P-551329	LA REDOMA	UNID	1	\$ 46.000	\$ 46.000
37	FILTRO P-550588	LA REDOMA	UNID	1	\$ 38.000	\$ 38.000
38	FILTRO P-558615	LA REDOMA	UNID	1	\$ 23.000	\$ 23.000
39	FILTRO DA-2190	LA REDOMA	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
40	FILTRO DA-4190	LA REDOMA	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
41	FILTRO P55-8615	LA REDOMA	UNID	1	\$ 23.000	\$ 23.000
43	MANGUERA	RACORES Y MANGUERAS	UNID	2	\$ 388.660	\$ 777.320
44	REFRIGERANTE DELO 50/50	LA REDOMA	GAL	4	\$ 69.000	\$ 276.000
45	VALVULINA 110	LA REDOMA	GAL	5	\$ 48.864	\$ 219.886
TOTAL						\$ 15.630.848

MC-CAT-246-01						
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	FILTRO BF-77725	la redoma	UNID	1	\$ 8.000	\$ 8.000
2	FILTRO 416-5884	la redoma	UNID	1	\$ 84.000	\$ 84.000
4	FILTRO DA7579	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
5	FILTRO DA2570	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
6	FILTRO P550318	la redoma	UNID	1	\$ 66.000	\$ 66.000
7	LLANTAS	WILLIAM VILLAMIZAR	UNID	2	\$ 950.000	\$ 1.900.000
8	correa minicat Ref: 5L-3979 Cat	Gecolsa	UNID	2	\$ 84.640	\$ 169.280
9	Aceite 15W40	la redoma	GAL	3	\$ 55.800	\$ 167.400
10	Aceite 15W40	la redoma	GAL	3	\$ 55.800	\$ 167.400
11	FILTRO P550318	la redoma	UNID	1	\$ 84.000	\$ 84.000
TOTAL						\$ 2.846.080

MC-CAT-246-02						
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	FILTRO BF-77725	la redoma	UNID	1	\$ 8.000	\$ 8.000
2	FILTRO 416-5884	la redoma	UNID	1	\$ 84.000	\$ 84.000
4	FILTRO DA7579	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
5	FILTRO DA2570	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
6	FILTRO P550318	la redoma	UNID	1	\$ 66.000	\$ 66.000
7	Aceite 15W40	la redoma	GAL	3	\$ 55.800	\$ 167.400
8	Filtro P829333	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
9	Filtro P828889	la redoma	UNID	1	\$ 100.000	\$ 100.000
TOTAL						\$ 725.400

CF-CAT-928-01						
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	control ref: 6E5656	CG COMPLETE SERVICES CORP	UNID	1	\$ 17.237.998	\$ 17.237.998
2	Piñon ref: 9W6662	CG COMPLETE SERVICES CORP	UND	1	\$ 4.603.200	\$ 4.603.200
3	repuestos CAT	CG COMPLETE SERVICES CORP	KIT	1	\$ 4.674.549	\$ 4.674.549
TOTAL						\$ 26.515.747

CF-LLG-856-02						
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	REPARACION DE MANGUERA	JOSTIN HADIER ARISTIZABAL	UNID	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2	TRANSPORTE REPUESTO CARGADOR	JUAN JOSE PARADA	UNID	1	\$ 160.000	\$ 160.000
5	TRANSPORTE MANO DE OBRA DE WILLIAN	MARIELA ACEVEDO GOMEZ	UNID	1	\$ 815.000	\$ 815.000
10	ARREGLO BATERIA	JUAN JOSE PARADA	UNID	1	\$ 12.000	\$ 12.000
11	CAPSULA REPUESTOS	RACORES Y MANGUERAS	UNID	1	\$ 324.107	\$ 324.107
12	ORING RITON	ALEANDRO ZAPATA	UNID	1	\$ 6.050	\$ 6.050
13	EMPAQUE LIUGONG	JOSE DEL CARMEN MELO	UNID	1	\$ 5.000	\$ 5.000
15	COMPRA DE ORING	ISABEL MENDOZA	UNID	1	\$ 15.126	\$ 15.126
1	CALIBRACION DE ORING	ALBERTO ESPERANZA	UNID	1	\$ 132.000	\$ 132.000
16	ENGRASE Y CALIBRACION	JAIRO MONTERREY	UNID	1	\$ 35.000	\$ 35.000
20	FILTROS Y ACEITES	ELENA HERRERA	UNID	1	\$ 970.000	\$ 970.000
21	608 GALONES ACPM	CESAR SUAREZ	UNID	1	\$ 3.404.800	\$ 3.404.800
TOTAL						\$ 7.079.083

COSTOS TOTALES DE ALMACEN Y \$ 52.797.157

Fuente: Autor.

5.4.7.2 INGRESOS DE MAQUINARIA.

Tabla 40. Ingresos por horas trabajadas de maquinaria marzo, abril y mayo.

MES DE MARZO				
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	COSTO HORA	TOTAL GANADO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	8	\$ 85.000	\$ 680.000
CFR-LLG-856-002	LIUGONG CLG856 CARGADOR FRONTAL	70,9	\$ 95.000	\$ 6.735.500
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	70,9	\$ 85.000	\$ 6.026.500
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	220,8	\$ 85.000	\$ 18.768.000
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	86,8	\$ 95.000	\$ 8.246.000
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	210,3	\$ 60.000	\$ 12.618.000
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	264,4	\$ 60.000	\$ 15.864.000
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	291,6	\$ 15.000	\$ 4.374.000
TOTAL				\$ 73.312.000

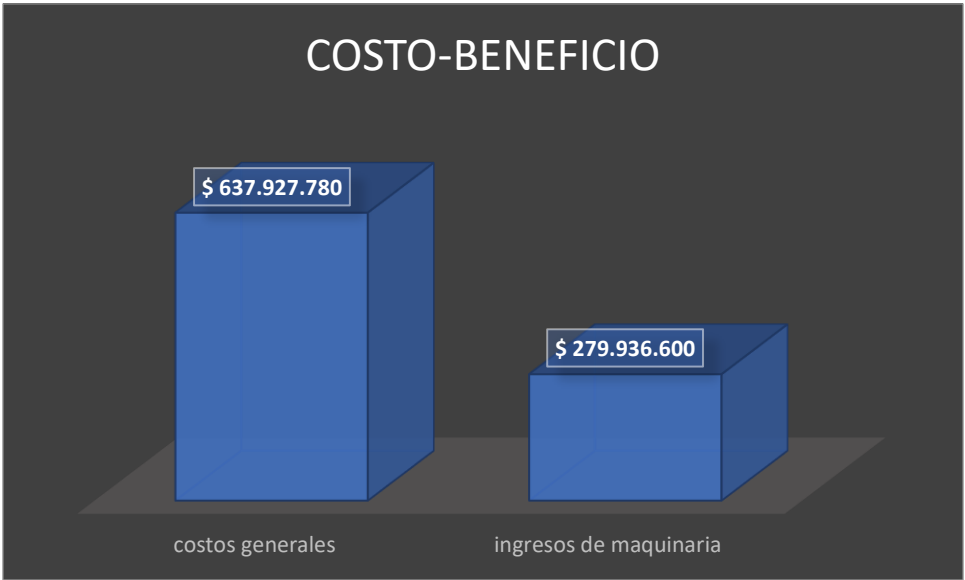
MES DE ABRIL				
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	COSTO HORA	TOTAL GANADO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	0	\$ 85.000	\$ 0
CFR-LLG-856-002	LIUGONG CLG856 CARGADOR FRONTAL	259,9	\$ 95.000	\$ 24.690.500
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	257,8	\$ 85.000	\$ 21.913.000
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	384,7	\$ 85.000	\$ 32.699.500
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	257,8	\$ 95.000	\$ 24.491.000
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	212,5	\$ 60.000	\$ 12.750.000
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	235,5	\$ 60.000	\$ 14.130.000
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	200	\$ 15.000	\$ 3.000.000
TOTAL				\$ 133.674.000

MES DE MAYO				
CÓDIGO	MAQUINA	HORAS Y/O KM TOTALES	COSTO HORA	TOTAL GANADO
CFR-CAT-928-001	CAT 928F CARGADOR FRONTAL	0	\$ 0	\$ 0
CFR-LLG-856-002	LIUGONG VLG 856CARGADOR FRONTAL	59,6	\$ 96.000	\$ 5.721.600
CFR-SEM-638-003	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	139,6	\$ 85.000	\$ 11.866.000
CFR-SEM-638-004	SEM 638 CARGADOR FRONTAL	169	\$ 85.000	\$ 14.365.000
CFR-SEM-659-005	SEM 659C CARGADOR FRONTAL	155	\$ 96.000	\$ 14.880.000
MCR-CAT-246-001	CAT 246D MINICARGADOR	140	\$ 60.000	\$ 8.400.000
MCR-CAT-246-002	CAT 246D MINICARGADOR	157,8	\$ 60.000	\$ 9.468.000
VQT-CHV-KDK-001	CHEVROLET DE KODIAK 8500C	550	\$ 15.000	\$ 8.250.000
TOTAL				\$ 72.950.600

COSTO TOTAL	\$ 279.936.600
--------------------	-----------------------

Fuente: Autor.

Gráfico 17. Costo-beneficio



Fuente: Autor.

Actualmente la maquinaria en la empresa Indumax de Colombia, tiene sobre costos de mantenimiento, debido al estado de mantenimiento en el que se encuentran.

6 RESULTADOS.

Se ha hecho un aporte importante al banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, justificado en el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos. Esta empresa no contaba con ningún tipo de seguimiento, ni registros de mantenimiento además de ejecutar solamente mantenimiento correctivo. Hoy por hoy, se cuenta con formatos de seguimiento, reparaciones previamente programadas para corregir fallas y adicionalmente un aplicativo que próximamente entrará en funcionamiento para realizar cada uno de los mantenimientos de la mejor manera.

Al diseñar los respectivos mantenimientos para los sistemas críticos de la maquinaria, se dio prioridad al sistema de admisión, transmisión, sistema de frenos, sistema hidráulico, sistema de suspensión, diferenciales y sistema eléctrico, pues estos son los que más fallas presentan. Dichos mantenimientos son basados en las indicaciones de los proveedores especialmente de CATERPILLAR y SEM, estos se realizan a las 250 h o 5000 km, el siguiente a las 500 h o 10000 km, el tercero a las 1000 h o 15000 km y el cuarto a las 2000 h o 20000 km. Estos planes de mantenimiento los encontramos en el aplicativo y en las tablas 28.

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 gran parte de las hojas de vida de maquinaria. La elaboración de estas, también fue un hecho importante pues son de vital importancia para la empresa Indumax de Colombia S.A.S 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 máquinas, gastos de combustible, de intervención, nómina y almacén de máquina, estos se compararon con el número de horas laboradas, cada una al precio designado por la empresa, dando un beneficio desfavorable, pues se ha invertido bastantes en recursos de mantenimiento, ya que la maquinaria se encontraba en mal estado de operatividad y baja eficiencia.

7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Para el diseño del plan de mantenimiento programado para el banco de maquinaria de la empresa Indumax de Colombia S.A.S, se basó 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, facilitó centrar los esfuerzos en los más críticos, por ello se elaboraron los planes de mantenimiento basados en FMEA (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 sirve de alarma para el mantenimiento respectivo de cada máquina, se espera este genere un impacto positivo ante los directivos de la empresa, además de darle credibilidad al proyecto. Y por otra parte facilita de manera muy eficiente la forma en que llevamos el control de horas previas a cada mantenimiento.

En la ejecución del proyecto se presentaron inconvenientes, esto por el estado de producción de la planta y la dificultad en las paradas para realizar mantenimientos, esto, por la costumbre creada, de solo realizar mantenimientos correctivos, y contar con un número de maquinaria menor a la necesidad de planta para la producción, sin embargo, poco a poco se ha logrado mejorar. Así pues, asumiendo compromisos, se puede lograr un banco de maquinaria rentable, en excelentes condiciones de servicio para el sector productivo de nuestra empresa.

8 CONCLUSIONES.

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

La elaboración de las hojas de vida, fue un gran paso hacia el control de la maquinaria, en un futuro no muy lejano se podría 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 implementará el plan de mantenimiento ya que le ha dado grandes resultados en sus primeras etapas de desarrollo, se ha mejorado la disponibilidad del banco de maquinaria así como su rentabilidad, generando grandes efectos sobre la producción de las plantas, además de esto esta área de mantenimiento en maquinaria pesada empezará a hacer parte del departamento de mantenimiento en la empresa Indumax de Colombia S.A.S.

9 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

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

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

Un buen proyecto a plantear consiste en 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 en torno a la empresa, “prima la producción” hay que partir desde ahí, inculcar a los administrativos que no todo está sujeto en la producción y que otros aspectos como el mantenimiento no son menos importantes, pues todos generan activos y solvencia para empresa.

Estar siempre atento que los operarios 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 los reportes oportunos cuando se presente una falla.

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

10 Referencias Bibliográficas.

- ALEJANDRO. (08 de 03 de 2018). *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*. Obtenido de MANTENIMIENTO INDUSTRIAL: <http://mntoindustrial.blogspot.com.co/2012/09/2.html>
- Copeam, G. (2 de 02 de 2018). *Mantenimiento preventivo*. Obtenido de Mantenimiento Preventivo: <http://preventivomtttopcccomputadoras.blogspot.com.co/2016/09/mantenimiento-programado-el.html>
- Garrido, S. G. (2009). *Mantenimiento sistemático*. Madrid: RENOVETEC.
- Garrido, S. G. (2012). *Ingeniería de mantenimiento, manual práctico para gestión eficaz*. RENOVETEC.
- INDUSTRIAL, R. (02 de 04 de 2018). *REPORTERO INDUSTRIAL*. Obtenido de REPORTERO INDUSTRIAL: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Tendencias-actuales-en-mantenimiento-industrial+97221>
- MANTENIMIENTO, S. (15 de 03 de 2018). *MANTENIMIENTO*. Obtenido de MANTENIMIENTO: <http://solomantenimiento.blogspot.com.co/2015/03/que-es-el-mantenimiento-reactivo.html>
- MENDOZA, R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ediciones ISPJAE. , 1*.
- online, i. (30 de 03 de 2018). *ingenieriaonline*. Obtenido de ingenieriaonline: <http://www.ingenieriaonline.com/analisis-de-pareto/>
- RAMÍREZ, J. M. (15 de 03 de 2018). *JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO*. Obtenido de JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO: <http://josemec.mex.tl/images/5147/Tipos%20de%20Mantto.pdf>
- RENOVETEC. (09 de 02 de 2018). *Mantenimiento Petroquímica*. Obtenido de Mantenimiento Petroquímica: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>
- SOLUTIONS, L. (11 de 04 de 2018). *LEAN SOLUTIONS*. Obtenido de LEAN SOLUTIONS: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>