

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL MÓDULO DE  
MANTENIMIENTO PM DE SAP R/3, PARA EL EQUIPO MÓVIL DE LA  
CANTERA NOBSA EN LA PLANTA DE CEMENTOS HOLCIM

ARVEY MAURICIO CRISTANCHO MARIÑO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
TUNJA-BOYACA  
2019

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL MODULO DE  
MANTENIMIENTO PM DE SAP R/3, PARA EL EQUIPO MÓVIL DE LA  
CANTERA NOBSA EN LA PLANTA DE CEMENTOS HOLCIM

ARVEY MAURICIO CRISTANCHO MARIÑO

Proyecto de grado presentado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO

Director  
NELSON IVAN VILLAMIZAR CRUZ  
Mg. Ingeniero mecánico

Codirector  
LUIS FERNANDO ACOSTA JOYA  
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA  
TUNJA-BOYACA  
2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Tunja, 18 de noviembre de 2019

## DEDICATORIA

Dedico este logro académico, personal y profesional: A mis padres José Cristancho y Waldina Mariño por guiarme siempre, motivándome a ser mejor persona cada día, por sus humildes consejos y por ser mis ejemplos de superación en cada momento

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Santo Tomás, especialmente a la Facultad de ingeniería mecánica, a los docentes por las enseñanzas y conocimientos brindados, a mi familia por el apoyo incondicional, a mis compañeros por las experiencias compartidas y los días de inagotable esfuerzo académico y a todas las personas que de una u otra manera aportaron para el logro de este objetivo.

Arvey Cristancho.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	17
1 OBJETIVOS .....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
3 DELIMITACIÓN.....	22
5. MARCO REFERENCIAL.....	24
5.1 MARCO TEÓRICO .....	24
5.1.1 Manual de SAP .....	24
5.1.2 Medición preventiva .....	26
5.1.3 Indicador de disponibilidad.....	26
5.1.4 Indicadores de mantenimiento .....	27
5.1.5 Análisis FODA.....	30
5.2 ESTADO DEL ARTE.....	31
5.2.1 Sistema SAP R/3.....	31
5.2.2 SAP PM; Datos maestros en el módulo .....	31
5.2.3 Indicadores para la gestión de mantenimiento de equipo pesado.....	32
5.2.4 Sistema de mejora en la gestión de los procesos de una planta.....	33
5.2.5 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de la red de agregados de la constructora meco SA .....	34
6. METODOLOGÍA .....	35
6.1 CAPACITACIONES .....	35
6.1.1 Capacitación H&S .....	35
6.1.2 Capacitación de SAP R/3 módulo de mantenimiento PM .....	35
6.1.3 Capacitación con personal planta de concreto.....	36
6.2 SOLICITU DE ACCESO A SAP .....	36

	Pág.
6.2.1 Creación de cuenta. ....	36
6.2.2 Solicitud de roles en SAP .....	36
6.3 DOCUMENTACIÓN .....	36
6.3.1 Frecuencias de mantenimiento. ....	36
6.3.2 Procedimientos estándar.....	36
6.4 MODULO DE MANTENIMIENTO SAP PM.....	36
6.4.1 Codificación de equipos .....	36
6.4.2 Puntos de medida .....	37
6.4.3 Creación de hojas de ruta .....	37
6.4.4 Creación de instrucciones .....	37
6.4.5 Creación plan de mantenimiento ciclo individual.....	37
6.5 PLANIFICACIÓN.....	38
6.5.1 Programación de fechas.....	38
6.5.2 Solicitud de cotizaciones .....	38
6.5.3 Creación de códigos HAC para componentes.....	38
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	40
7.1 ANALISIS FODA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	40
7.1.1 EFI (Matriz de evaluación factores internos) .....	41
7.1.2 EFE (Matriz de evaluación factores externos).....	43
7.2 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS .....	47
7.3 HORAS DE TRABAJO .....	49
7.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....	50
7.4.1 Indicador de disponibilidad.....	51
7.4.2 Indicador de Mantenibilidad.....	62
7.4.3 Indicador de Fiabilidad. ....	62
8. RESULTADOS GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVA .....	64
8.1 CREACIÓN DE PERFILES SAP .....	64
8.2 ESTRUCTURACIÓN DE ACTIVOS.....	66
8.3 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS .....	67

	Pág.
8.3.1 Camiones mineros. ....	69
8.3.2 Excavadoras.....	71
8.3.3 Cargadores.....	71
8.3.4 Perforadores.....	71
8.3.5 Tractores. ....	71
8.4 UBICACIÓN TÉCNICA .....	72
8.5 EQUIPO.....	73
8.6 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	74
8.6.1 Mantenimiento preventivo 250 horas (PM1).....	75
8.6.2 Mantenimiento preventivo 500 horas (PM2).....	77
8.6.3 Mantenimiento preventivo 1000 horas (PM3).....	81
8.6.4 Mantenimiento preventivo 3000 horas (PM4).....	83
8.7 HOJAS DE RUTA .....	85
8.7.1 Texto modelo.....	88
8.7.2 Componentes.....	89
8.8 PLANES Y POSICIONES DE MANTENIMIENTO .....	90
8.10 MANTENIMIENTO DE ACTIVOS .....	93
8.11 CREACIÓN DE AVISOS.....	94
8.12 VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN DE AVISOS.....	94
8.13 PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	95
8.14 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO .....	96
8.15 EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS.....	102
8.16 NOTIFICACIÓN DE MANTENIMIENTOS.....	111
8.17 ANÁLISIS DE MANTENIMIENTOS.....	112
8.18 ESTADO FINANCIERO DE ACTIVOS.....	113
9. CONCLUSIONES .....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXOS.....	128

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz FODA .....	40
Tabla 2 Factores internos (Fortalezas y Debilidades).....	41
Tabla 3 Calificación factores internos. ....	42
Tabla 4 Ponderado factores internos.....	42
Tabla 5 Factores externos. ....	43
Tabla 6 Calificación factores externos (Fortalezas y debilidades) .....	44
Tabla 7. Ponderado factores externos .....	44
Tabla 8 Identificación de estrategias Matriz Dofa .....	46
Tabla 9 Horas de trabajo de equipos por año .....	47
Tabla 10 Horómetros año 2017 .....	49
Tabla 11 Horómetros año 2018 .....	50
Tabla 12 Horómetros año 2019 .....	50
Tabla 13. Disponibilidad de flota .....	51
Tabla 14 Mantenimientos correctivos cargadores.....	52
Tabla 15 Mantenimiento correctivo volquetas.....	54
Tabla 16 Mantenimiento correctivos excavadoras. ....	56
Tabla 17 Mantenimientos perforadores. ....	58
Tabla 18 Mantenimientos correctivos tractores.....	60
Tabla 19 Mantenibilidad de flota .....	62
Tabla 20. Fiabilidad de flota .....	63
Tabla 21 Perfiles en SAP .....	65

Tabla 22 Estado actual volqueta No.191-4k1 .....	67
	Pág.
Tabla 23 Ficha técnica Volqueta 773F (No.191-4k1).....	70
Tabla 24 Ubicaciones técnicas .....	72
Tabla 25 Número de equipo .....	73
Tabla 26 Datos de cabecera HR.....	86
Tabla 27 Resumen de operaciones .....	88
Tabla 28 Codificación componentes .....	89
Tabla 29 Datos de cabecera planes de mantenimiento .....	91
Bloqueo eléctricoTabla 30Tabla 31.....	105
Tabla 32 Intervención a equipos que requieren no estar energizados.....	108
Tabla33 Intervención a equipo energizado: .....	110
Tabla 34 Costo mantenimientos preventivos .....	114
Tabla 35 Costo mantenimientos 2019 .....	114
Tabla 36 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K1 .....	115
Tabla 37 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K2.....	116
Tabla 38 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K3.....	116
Tabla 39 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K4 .....	116
Tabla 40 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K5.....	117
Tabla 41Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K6.....	117
Tabla 42 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 435 .....	117
Tabla 43 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B1 .....	118
Tabla 44 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B2 .....	118
Tabla 45 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B3.....	118

Tabla 46 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B4 .....	118
	Pág.
Tabla 47 Proyección mantenimientos preventivos cargador 426.....	119
Tabla 48 Proyección mantenimientos preventivos cargador 427.....	119
Tabla 49 Proyección mantenimientos preventivos perforador 446 .....	119
Tabla 50 Proyección mantenimientos preventivos perforador 445 .....	120
Tabla 51 Proyección mantenimientos preventivos tractor 415.....	120
Tabla 52 Proyección mantenimientos preventivos tractor 4D1 .....	120
Tabla 53Proyección reparaciones mayores de volquetas.....	121
Tabla 54 Proyección reparaciones mayores de excavadoras.....	122
Tabla 55 Proyección reparaciones mayores de cargadores .....	122
Tabla 56 Proyección reparaciones mayores de tractores .....	122
Tabla 57 Proyección reparaciones mayores de perforadores.....	123

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Módulos de SAP R/3.....	24
Figura 2. Análisis FODA .....	30
Figura 3. Horas de trabajo por año .....	48
Figura 4. Disponibilidad de flota.....	51
Figura 5. Disponibilidad de cargadores.....	52
Figura 6. Disponibilidad de volquetas. ....	54
Figura 7. Disponibilidad de excavadoras .....	56
Figura 8. Disponibilidad de perforadores .....	58
Figura 9. Disponibilidad de tractores.....	59
Figura 10. Perfiles de trabajo .....	64
Figura 11. Procesos gestión de mantenimiento .....	66
Figura 12. Volqueta Caterpillar 773F .....	67
Figura 13. Estructura de codificación activos.....	72
Figura 14. Datos maestros HR.....	86
Figura 15. Resumen de operaciones .....	87
Figura 16. Asignación de componentes mantenimiento 500h .....	88
Figura 17. Plan de mantenimiento preventivo.....	92
Figura 18. Planes creados .....	93
Figura 19. Flujo de actividades de mantenimiento.....	94
Figura 20. Resumen posiciones de mantenimiento .....	97
Figura 21. Carga capacidad semanal planes mantenimiento .....	99

Figura 22. Carga capacidad mensual planes mantenimiento .....	100
Figura 23 Disponibilidad últimos meses.....	101
Figura 24. Identificación energías peligrosas excavadoras .....	103
Figura 25. Identificación energías peligrosas perforadores .....	104
Figura 26. Identificación energías peligrosas tractores.....	105
Figura 27. Identificación energías volquetas.....	106
Figura 28. Identificación energías peligrosas cargadores.....	107
Figura 29. Socialización trabajos de mantenimiento.....	113

## LISTAS DE ANEXOS

ANEXO A Identificación de excavadoras

ANEXO B Identificación de volquetas

ANEXO C Identificación de cargadores

ANEXO D Identificación de perforadores

ANEXO E Identificación de tractores

ANEXO F Ficha técnica equipos

ANEXO G Texto modelo volqueta 772G

ANEXO H Texto modelo volqueta 769D

ANEXO I Texto modelo excavadora 349D y 345C

ANEXO J Texto modelo excavadora 374D y 324

ANEXO K Texto modelo cargador 988H y L350

ANEXO L Texto modelo perforadores 445 y 446

## GLOSARIO

**CAMIÓN MINERO:** Es un vehículo de transporte de volteo todoterreno, especialmente diseñado para ser empleado en los procesos de explotación minera a gran escala.

**CARGADOR FRONTAL:** Es un equipo que tiene una cuchara en su extremo frontal y cuya finalidad es la de realizar el proceso de cargue y conformación de material granular en camiones mineros

**CONFIABILIDAD:** Es una medida de la probabilidad que existe para que opere un activo libre de fallas.

**DISPONIBILIDAD:** Indicador de mantenimiento dado en %. Es la confianza que se tiene de que un activo el cual tuvo un proceso de mantenimiento, ejerza su función de forma satisfactoria en un determinado tiempo.

**EXCAVADORA:** Es un equipo que sirve para excavar y realizar el movimiento de material granulado. Está conformada por una gran pala mecánica montada en un sistema de transporte de orugas

**HOJAS DE RUTA:** Es un documento en el cual están especificadas las instrucciones de forma secuencial

**HÓROMETRO:** Es un dispositivo que cumple con la función de registrar el número de horas en que un equipo o motor ha funcionado.

**INDICADORES:** Es un parámetro el cual permite observar el avance o retroceso que se tiene con el cumplimiento o incumplimiento de objetivos. Un indicador sirve para evaluar los resultados de organismos de desarrollo.

**MANTENIBILIDAD:** El indicador de mantenibilidad que mide la capacidad que tiene un activo bajo determinadas condiciones de uso, ser restaurado y puesto en condiciones donde cumpla las funciones requeridas.

**PERFORADOR:** Es un equipo de trabajos mineros utilizado para perforar y realizar barrenos utilizando varillas de perforación a la cual está conectada una broca en su extremo

**SAP:** Es un software que permite trabajar por áreas organizacionales. SAP permite la planificación y la gestión de todos los recursos de las áreas con las que cuenta una empresa. El software permite obtener la información de forma eficiente.

## RESUMEN

En el presente trabajo se plantea una gestión de mantenimiento preventiva en el módulo PM de SAP R/3 para el equipo móvil de la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim, ya que el proceso productivo para la obtención de cemento inicia con la obtención de materias primas como yeso, caliza y puzolana. Para ello se requiere de maquinaria especializada para realizar la perforación, extracción, cargue y transporte. La cantera Nobsa cuenta con 17 equipos móviles conformados por excavadoras, perforadores, camiones mineros, cargadores y tractores.

Los equipos que se emplean se encuentran en un alto nivel de criticidad debido a que su incorrecto funcionamiento no permite un flujo continuo en los siguientes procesos. Por lo tanto se desarrolló un diagnóstico del estado actual por medio de una matriz DOFA determinando debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas con las que contaba el departamento de automotores quien es el encargado de la ejecución de los mantenimientos a dichos equipos.

Con el diagnóstico del estado actual fue necesario implementar planes de mantenimiento preventivo para cada equipo en el módulo PM de SAP de forma que se ajustaran a las necesidades de cada equipo. Los planes estuvieron creados en frecuencias de tiempos fijos. Para esto se especificaron los procedimientos de mantenimiento relacionando componentes, tiempo y personal estableciendo hojas de ruta para para las frecuencias de mantenimiento de 250 horas, 500 horas, 1000 horas, horas y 3000 horas

Con la implementación de los planes en el módulo PM de SAP se logró obtener el lanzamiento automático de órdenes de trabajo PM02 que corresponde a mantenimientos preventivos. Con estas órdenes de trabajo de tipo PM02 se pudo tener control riguroso en la planificación, programación, ejecución y finalización de cada orden de trabajo ya que se logró visualizar por medio de diagramas de Gantt la proyección de todos los mantenimientos en el rango de 1 año para poder realizarlos en las horas de trabajo exactas.

Con una buena gestión de mantenimiento se logró empezar a conseguir la disponibilidad requerida para el proceso ya que los planes quedaron ajustados a las necesidades y condiciones de cada equipo en razón de su vida útil.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los procesos industriales y el aumento de producción de la planta de cementos Holcim Colombia S.A., ha conllevado a que el mantenimiento de activos presente mayor atención, involucrando las filosofías y pilares del mantenimiento con el objetivo de tener control en los procesos de planificación y ejecución de mantenimientos. Las nuevas metodologías de mantenimiento están enfocadas a la implementación de softwares informáticos ya que estos permiten la relación directa con todos los departamentos de la empresa y a su vez facilitan establecer gestiones de mantenimiento con buenos resultados.

El presente trabajo se realiza a partir de la necesidad de mejorar la gestión de mantenimiento implementada para los equipos en la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim, permitiendo mejorar de forma significativa la utilización y el correcto uso de los recursos como lo es el módulo de mantenimiento PM de SAP R/3, con la finalidad de mejorar los indicadores de disponibilidad y tener control directo en costos, componentes y personal en la ejecución de cada trabajo.

Para mejorar la gestión de mantenimiento implementada por el área de automotores se realiza un análisis de la situación actual, identificando los factores internos y externos que afecta el desempeño de los equipos. Con la identificación de los problemas se generan soluciones empleando el módulo PM de SAP. Los resultados que se obtienen con la implementación del módulo PM están relacionados con el uso de las funciones y herramientas que el software brinda.

El presente trabajo sobre la gestión de mantenimiento estandarizada para los equipos de la cantera Nobsa se realiza por la necesidad que actualmente tiene la planta de mantener en optimas condicione el funcionamiento de los equipos y evitar los paros no programados de producción. De esta forma se propone y se ejecuta una gestión de mantenimiento preventiva basada en frecuencias de tiempos fijos, creando textos modelos y Hojas de ruta para cada rutina de mantenimiento.

# **1 OBJETIVOS**

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en el módulo de mantenimiento PM de SAP R/3 para el equipo móvil de la cantera Nobsa en la planta de cementos Holcim.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Especificar los procedimientos de mantenimiento según manuales de operación y servicio para los equipos de la cantera Nobsa.
- Establecer hojas de ruta para las rutinas de 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 3000 horas en el módulo de mantenimiento PM de SAP, relacionando repuestos, costos, y personal para el equipo móvil de cantera Nobsa en la planta de cementos Holcim.
- Programar el plan de mantenimiento preventivo según las rutinas de mantenimiento preventivo de cada equipo móvil en el módulo PM de SAP R/3

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la empresa de cementos Holcim Colombia S.A. planta Nobsa trabaja diariamente para mejorar teniendo un liderazgo en costos, manteniendo sus políticas de calidad en la producción de cemento, concreto y agregados.

El proceso de fabricación de cemento da inicio con los estudios y evaluación minera de las materias primas como calizas y arcillas que se emplean para la producción de cemento. Posteriormente se planifica la explotación minera y se realizan los procesos de perforación, remoción, clasificación y transporte de materias primas. En estas actividades mineras se realizan cortes que modifican la geomorfología de los terrenos, formando taludes que permiten llegar a los mantos de caliza que son de interés por la calidad de las mismas.

Una vez es removido y clasificado el material de interés se realiza el proceso de trituración de forma en que se reduce el tamaño de las rocas obteniendo una granulometría apropiada para el proceso de molienda. El material triturado es transportado por bandas hasta el patio de pre-homogenización y en su paso, mediante un equipo de rayos gama ubicado en la banda, es analizado el material para tener control de sus características propias. Así es transportado y almacenado en un sitio del cual se alimenta el molino de crudo. Allí se cuenta con dos silos destinados para los materiales correctivos que son mineral de hierro y caliza correctiva alta. Estos materiales directos son agregados de forma dosificada dependiendo del análisis realizado por el equipo de rayos gama y posteriormente se dispone en silos de almacenamiento.

El material que se extrae de los silos de almacenamiento cuenta con una granulometría de cuatro pulgadas aproximadamente, esta granulometría se reduce con un molino vertical que consiste en una mesa giratoria de tres rodillos la cual muele el material que cae sobre ella. El material pulverizado es transportado mediante gases calientes obtenidos del horno, hasta el filtro de mangas. En el filtro de mangas el material es separado del aire y transportado al silo de homogenización de harina.

En esta etapa ocurre la transformación principal. El material molido que comúnmente es llamado harina es elevado a una torre de cinco ciclones los cuales cuentan con disposiciones de forma alterna con el objetivo de que el material descienda de una forma rápida y en este proceso gane temperatura. En sentido contrario a la caída de la harina se envía una corriente de aire caliente la cual es obtenida del enfriamiento y la combustión de carbón.

Cuando la harina llega a la parte inferior de la torre de precalentamiento después de haber pasado por los ciclones llega con temperaturas cercanas a los 900°C, en donde entra a un horno giratorio alcanzando temperaturas cercanas de 1450°C. Al

salir el material del horno es enfriado para provocar un choque térmico mediante aire, para esto se utiliza un sistema de parrilla donde se encuentra el material. El Paso de aire frío ocasiona la cristalización del material. Es así que se logra obtener el material base del cemento el cual es el Clinker.

El material Clinker que es salido del horno es almacenado en silos y de ahí es llevado a un molino de rodillos para una premolienda. En este punto se adiciona yeso al Clinker, considerando el tipo de cemento a producir. Holcim tiene la capacidad de producir 8 tipos de cemento.

Ya que se obtiene el producto final es llevado por medio de bandas transportadoras hacia los silos de almacenamiento de donde se extrae para ser despachado en bolsas o granel.

Ya que la producción de cemento cuenta con varios procesos nos centraremos en el primero que consiste en la explotación de materias primas; en este proceso se requiere de maquinaria especializada para realizar perforación, extracción, cargue y transporte de calizas. Diariamente estos equipos se ven sometidos a condiciones extremas de polución, temperatura, humedad, y se encuentran expuestos a fallar en momentos no esperados.

La flota de equipos móviles utilizados en la cantera Nobsa está conformada por 17 equipos los cuales son 7 volquetas, 4 excavadoras, 2 tractores, 2 perforadores y 2 cargadores; En donde actualmente la flota cuentan con una disponibilidad del 73%. Este indicador de mantenimiento nos aporta información esencial para determinar que el funcionamiento y la gestión de mantenimiento del área de automotores carecen de eficiencia y eficacia, ya que el comportamiento a través del tiempo muestra una tendencia de minimización de este valor.

Además en los históricos de mantenimiento de cada equipo se evidencia que no hay control en las rutinas de mantenimientos preventivos, ya que no se ejecutan en las fechas planeadas, se encuentran órdenes de trabajo sin notificar, ejecutar, ni cerrar. Igualmente existen ordenes de trabajo las cuales no tienen asignados los componentes e insumos que se deben emplear para ejecutar cada rutina como lo son elementos filtrantes, fluidos, sellos entre otros. Esta desorganización conlleva a que no se tenga un control en los costos equivalentes a los mantenimientos preventivos y no se pueda realizar la planificación y proyección de presupuesto para los años venideros.

El no tener una planeación y correcta gestión de mantenimiento genera que la mayor parte de tiempo se dedique a reparar fallas inesperadas, lo que concibe un incremento en los costos ya que se afecta directamente la producción, además se debe realizar el pago de horas extras tanto para el personal mecánico como para operarios. Los elevados costos también se deben a que se requiere tener

inventarios grandes de partes e insumos para intentar dar solución a fallas correctivas en tiempos cortos.

Partiendo del indicador del 73% de disponibilidad con la que cuentan la flota de equipos se debe mejorar la gestión de mantenimiento preventiva para la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim.

El mantenimiento preventivo en este tipo de vehículos permite que se detecten fallas antes de que ocurran o aumenten su grado de dificultad si no son intervenidas. Se logre aumentar la vida útil de los equipos y por ende reducir los costos de reparaciones mayores. Con los mantenimientos preventivos se buscará garantizar la disponibilidad de los activos y tener un control de costos durante la vida útil del activo. De forma que se pueda tener una disponibilidad alta con costos bajos de inversión

## **2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Una correcta gestión de mantenimiento en la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim, podrá mejorar los indicadores de mantenimiento y tener control directo en los costos de mantenimiento?

### 3 DELIMITACIÓN

La gestión de mantenimiento preventiva está dirigida para la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim ubicada en el departamento de Boyacá. Actualmente la cantera cuenta con una flota de 17 equipos.

La falta de un plan de mantenimiento que se adapte a las necesidades y condiciones presentes en la cantera Nobsa ha originado paradas imprevistas por fallas frecuentes, incrementando de esta forma el número de mantenimientos correctivos no planificados, de esta forma se está disminuyendo la vida útil de los mismos generando sobrecostos en componentes y reparaciones, igualmente que se genera el incumplimiento de la programación y la planeación en la producción. Por lo tanto se plantea la necesidad de mejorar la gestión de mantenimiento actual de forma que se garantice la eficiencia productiva de cada equipo.

En el alcance de este proyecto se tendrá que codificar cada uno de los Equipos bajo el sistema de clasificación de activos Holcim (ACS) bajo la estructuración HAC. En el módulo PM del software SAP R/3, se deberán crear los puntos de medida basados en horas, en donde se tendrá que realizar la alimentación de las horas de trabajo frecuentemente por medio de la transacción IK11.

Se crearan las hojas de rutas por medio de la transacción IA05 de cada equipo, con las rutinas de 250 horas, 500 horas, 1000 horas y 3000 horas según sean las recomendaciones en los manuales de operación y de servicio, estas hojas de ruta estarán configuradas con una estrategia ZPM002 basada en horas de trabajo con jerarquía. Para el caso de las cuatro volquetas 773F solo será necesario la creación de una hoja de ruta.

En la hoja de ruta se debe detallar los trabajos a desarrollar especificando un breve paso a paso con el fin de ir creando procedimientos de mantenimiento estándar. Además de relacionar componentes, personal y tiempo.

Con esta información se deberá crear los planes de mantenimiento para posteriormente programar fechas y realizar su ejecución. El plan estará configurado con un horizonte de apertura para que faltando el 65% de tiempo para realizar los mantenimientos, el sistema informático SAP notifique por medio de un aviso. Este tiempo será para realizar la planificación del mantenimiento correspondiente en el cual se tendrá que verificar componentes en almacén de stocks, personal y herramientas para realizar los correspondientes trabajos.

El horizonte de apertura del 65% es un aproximado y deberá estar sujeto a modificaciones, hasta lograr encontrar un valor que se adapte a los requerimientos de la planta. Ya que se requiere que los avisos de mantenimiento sean lanzados con mínimo seis días de anterioridad a la ejecución del mantenimiento, esto con el

objetivo de poder subir la orden de trabajo al plan semanal, que por lo general se realiza los días sábados en la tarde.

La programación de los planes de mantenimiento se realizará a través de la transacción IP10 en donde se debe dar inicio verificando cual fue la última rutina de mantenimiento realizada por el personal mecánico. Los planes de mantenimiento en una primera etapa solo estarán dados para el equipo pesado de la mina y se pretende tener más adelante la involucración de equipos que están en proceso de compra y se deberán adaptar a esta metodología de mantenimiento.

Cabe destacar SAP R/3 es un sistema de información que funciona de una forma integrada, es decir involucra todos los departamentos de la empresa como: producción, molienda, minas, empaque, recursos humanos, compras, H&S, entre otros y toda la información o cambios que se realicen son almacenados en el sistema informático en donde se puede disponer de datos para su uso de forma inmediata.

Las transacciones más importantes que se utilizarán para la implementación de los planes de mantenimiento preventivo en el sistema informático SAP en el módulo PM son las correspondientes al perfil de planeador de mantenimiento y son:

- IW21: Crear aviso.
- IW22 Modificar aviso.
- IW31 Crear orden de trabajo.
- IW32 Modificar orden de trabajo.
- IK11 Crear punto de medida.
- IK12 Subir punto de medida.
- IK18 Modificar punto de medida.
- CA10 Crear texto modelo.
- IA05 Crear instrucción.
- IA06 Modificar instrucción.
- IA07 Visualizar instrucción.
- IA01 Crear hoja de ruta.
- IA02 Modificar hoja de ruta.
- IP41 Crear plan estratégico de mantenimiento.
- IP02 Modificar plan de mantenimiento.
- IP15 Tratamiento de lista, modificar planes.
- IP16 Visualización de planes.
- IP30 Supervisión de plazos.
- IP10 Programar fechas.

## 5. MARCO REFERENCIAL

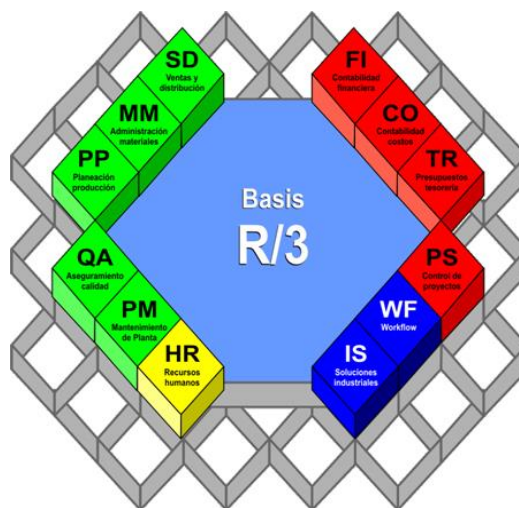
### 5.1 MARCO TEÓRICO

**5.1.1 Manual de SAP<sup>1</sup>.** Según Garcia y Piñago, SAP por sus siglas (Sistemas, Aplicaciones, Productos), es el nombre de una empresa fundada en el Alemania en el año 1972 que surgió con la finalidad de generar un programa de computadora el cual fuera capaz de recopilar los requerimientos de procesar y almacenar información de cualquier tipo que presente una empresa.

Su nombre real SAP R/3 hace referencia al concepto de dato único ya que toda la información la maneja bajo una sola plataforma de una forma modular e interconectada, entre ellos tiene la capacidad de relacionar información financiera, materiales, costos, mantenimiento y recursos humanos, en donde cada departamento tiene necesidades específicas.

Para tener acceso al sistema SAP se debe tener la aplicación instalada y una clave de acceso personal. Para tener clave de acceso a SAP se debe gestionar la autorización por parte de los administradores que cada empresa dispone desde la implementación de SAP. El software está diseñado bajo el esquema Abierto, Integrado, flexible, Interactivo y está diseñado con los módulos como se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Módulos de SAP R/3



Fuente: Imagine Right IT Global Services, Tomo 5.426, Folio 180

<sup>1</sup> GARCIA, Alfonso, PIÑAGO Tonny. Manual SAP PM. En: Mantenimiento de plantas GLC. México. 2011. Vol.1, No. 96. p. 1-6.

El objetivo general de SAP, es el de administrar operaciones de negocios y servicio al cliente en tiempo real. SAP siendo una herramienta que posee diversidad de módulos para áreas específicas de empresas.

- Planeación estratégica basado en la recopilación de información a través del negocio.
- Alto desempeño en procesos de principio a fin.
- Automatización.
- Incremento de competitividad en el negocio mediante la variedad de herramientas y recursos que SAP provee.
- Facilita el enfoque de la compañía en sus procesos principales.
- Ofrece gran seguridad y consistencia en la información.

Ventajas:

- Permite una mejor integración del negocio.
- Provee información, soluciones, reportes en tiempo real.
- Herramienta internacionalmente reconocida y gran comunidad de usuarios.
- Software robusto y confiable, diseñado específicamente para solucionar y proveer información pertinente al negocio.
- SAP ha sido probado y su calidad es visible con las diferentes áreas en las que trabaja.
- Multi-lenguaje.
- Extensa área de soporte técnico.

Desventajas:

- El proceso de implementación de SAP puede extenderse más de lo considerado, debido a los cambios que genera la preparación de los equipos, usuarios y procesos que la empresa posea.
- El precio de la compra, implementación y ejecución de la herramienta es elevado.
- Si las consideraciones no son bien establecidas puede que la empresa genere más gastos que los previstos.
- Un contrato es necesario para adquirir SAP.
- Si no se ha consultado a un experto, para saber si la herramienta se alinea con los requerimientos y expectativas de la compañía, puede que falle la implementación de SAP.

**5.1.2 Medición preventiva.** Según Sánchez<sup>2</sup> el mantenimiento preventivo es la realización de actividades que se realizan a un equipo, estructura o instrumento con la finalidad de que opere a su máxima eficiencia, y evitar que se produzcan paros imprevistos o de forma forzada.

Para lograr esto se debe tener un alto grado de conocimiento en los equipos y una organización muy eficiente. Esto se adquiere realizando un plan de inspección para cada uno de los equipos con que cuente una planta a través de la programación, control y ejecución de las actividades y de esta forma lograr descubrir deficiencias que pueden ser causa de falla.

En un mantenimiento preventivo se deben efectuará trabajos como los siguientes:

- Se debe realizar limpieza a un equipo con la finalidad de evitar fallas o accidentes que estén relacionados con objetos que se encuentren de forma ajena en las superficies de los componentes o instalaciones.
- La lubricación debe ser una parte fundamental del mantenimiento de los equipos ya que es la encargada de alargar la vida de los mismos. Las principales características de los lubricantes está la de proteger contra el desgaste, evitar la oxidación, disminuir la corrosión, incrementar la refrigeración de las máquinas, mantener la estanqueidad de los equipos.
- La filtración ya que es la encargada de eliminar las partículas sólidas que se encuentran inmersas en los fluidos de trabajo de cada equipo.
- La refrigeración que consiste en todo aquel proceso que tiene la finalidad de bajar la temperatura de un cuerpo. Para estos se deben utilizar líquidos refrigerantes que tengan la capacidad de transmitir energía calorífica entre dos cuerpos

**5.1.3 Indicador de disponibilidad.** Según Gonzalez<sup>3</sup> la disponibilidad es la probabilidad en el tiempo de asegurar un servicio requerido. Aunque existen autores que definen la disponibilidad como el porcentaje de equipos que se encuentre útiles en un determinado momento, frente a un grupo total de equipos o sistemas.

La disponibilidad (D) se puede determinar con la ecuación 1:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad [1]$$

Dónde:

MTTR: Medida de tiempos de buen funcionamiento.

---

<sup>2</sup> SÁNCHEZ, Juan. Medición preventiva. En: UF1669 Mantenimiento preventivo de equipos y procesos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras. 2015. Vol.5, No. 430. p. 106-164.

<sup>3</sup>GONZALEZ, Francisco. Indicador de disponibilidad. En: Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. 2005. Vol.2, No.462.p.67-72.

MTTR: Paradas del sistema, instalación o equipo.

**5.1.4 Indicadores de mantenimiento<sup>4</sup>.** Para Parra es fundamental que se tenga la capacidad de realizar la clasificación de los distintos modos de fallo de los componentes o elementos de los equipos a mantener. Ya que los modos de falla no son iguales se pueden asociar a patrones de comportamiento desde un punto de vista estadístico. Para ello se considera importante aclarar el concepto y el cálculo de los indicadores y así lograr realizar una correcta gestión de mantenimiento.

Es necesario tener bien definido los términos de tiempos de operación (disponibilidad), fallo y tiempos de inactividad (indisponibilidad) de un activo. Por fallo se entiende que es el cese de la actitud que tiene un equipo para cumplir su función con la que fue fabricado, el estado de fallo conlleva a que el activo se encuentre con averías que se evidencian físicamente. Existen variedad en los modos de fallo y pueden ser: fallos de instalación, fallos de diseño, fallos producto del resultado inadecuado de mantenimiento, fallos por mal uso, fallos por mala operación.

La determinación de las consecuencias de cada fallo permite desarrollar un indicador de tipo económico que orienta al gestor de mantenimiento dar respuestas para resolver cada problema de indisponibilidad que se le presenten por los distintos modos de falla. Existen modos de fallo que son críticos y son los que se relacionan con la producción, economía, daños a personas y medio ambiente, daños materiales y otros de consecuencia que son inaceptables.

Los tiempos y los estados de operación e inactividad de un equipo se desprenden del concepto de modo de fallo, ya que es la transición desde un estado en que cumple el activo con su función requerida. Existen dos estados fundamentales que son el estado de disponibilidad, que es el caracterizado por su aptitud para realizar una función requerida y el estado de indisponibilidad que surge de la incapacidad de un equipo para cumplir su función.

Los indicadores fundamentales y que deben ser considerados en el área de mantenimiento (Noma de indicadores de mantenimiento) son:

- **Indicador de fiabilidad: (MTTF=Tiempo promedio operativo hasta el fallo)**

Es un indicador que mide el tiempo promedio que dura un equipo sin tener interrupciones y su unidad de medida está dado en (horas, días, meses, años).

El indicador de fiabilidad (MTTF) se determina según la ecuación 2:

---

<sup>4</sup> PARRA, Carlos. Indicadores de mantenimiento. En: Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos.2012. Vol.1, No. 239.p27-35.

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} TTF_i}{n} \quad [2]$$

Dónde:

MTTFi: Tiempos operativos hasta el fallo.

n: Número total de fallos en periodo evaluado.

- **Indicador de fiabilidad: (FF frecuencia de fallas).**

El indicador de fiabilidad FF mide la frecuencia de fallos que surgen en el periodo de evaluación, considerado su unidad de medición es: fallos/tiempo (Fallos/hora, fallo semana, fallos/mes, fallos/año).

El indicador de fiabilidad (FF) está dado por la ecuación 3:

$$FF = \frac{1}{MMTF} \quad [3]$$

Dónde:

MMTF: tiempo promedio operativo hasta el fallo.

- **Indicador de mantenibilidad (MDT= Tiempo promedio entre fallas).**

Es el indicador que mide el tiempo promedio que se tarda en restituir un componente a condiciones de funcionamiento después de una falla. El indicador más importante para una buena gestión de mantenimiento. Su unidad de medición está dada en horas, días, semanas, meses, años.

El indicador de mantenibilidad (MDT) está dado por la ecuación 4:

$$MDT = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} DT_i}{n} \quad [4]$$

Dónde:

DTi: Tiempos fuera de servicio

n: Número total de fallos.

- **Indicador de costos (CIF: Costo de indisponibilidad por fallos).**

El indicador mide el impacto económico ocasionado por los efectos que trae un modo de falla en un determinado periodo de tiempo. La unidad de medición es dinero/tiempo. <sup>13</sup>

El indicador de costos (CIF) está dado por ecuación 5:

$$CIF = FF * MDT * (CD + CP) \quad [5]$$

Donde:

FF: Frecuencia de fallos

MDT: Tiempo promedio fuera de servicio.

CD: Costos directos de corrección por fallos.

CP: Costos de penalización por hora. (Incluye paradas de planta, retrasos de producción, productos deteriorados, baja calidad etc.)

- **Indicador operacional (D: disponibilidad).**

El indicador permite estimar el porcentaje de tiempo que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida. Se aclara que se deben suministrar los medios necesarios para su operación (Combustible, energía eléctrica, fluidos de trabajo). Su unidad de medición está dada en %.

El indicador operacional de disponibilidad (D) está dado por la ecuación 6:

$$D = \frac{MMTF}{(MMTF+MDT)} * 100\% \quad [6]$$

Dónde:

MTTF: Tiempo promedio operativo hasta la falla.

MDT: Tiempo promedio fuera de servicio.

- **Indicador financiero (Vea: Valor económico agregado)**

Es el resultado que se obtiene al calcular la diferencia entre la rentabilidad de los equipos y el costo de financiación. Este indicador es una de las mejores medidas de la creación de valor financiero ya que resume la ganancia obtenida en el momento en que la empresa es capaz de cubrir sus costos. Su unidad de medición es dinero/tiempo.

El indicador financiero (VEA) está dado por la ecuación 7:

$$\begin{aligned} VEA &= IR - G \\ IR &= CP * VP * D * 365 \text{días/año} \\ G &= CF + CO + CMP + CMC \end{aligned} \quad [7]$$

Dónde:

IR: Ingresos reales del proceso de producción.

G: gastos del proceso de producción.

CP: Cantidad de producción al día.

Vp: valor de venta unitario.

CF: Costos fijos.

CO: Costos operacionales.

CMP: Costos de mantenimiento preventivo.

CMC: Costos de mantenimiento correctivo.

**5.1.5 Análisis FODA<sup>5</sup>.** El análisis FODA consiste en una matriz en la cual se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Es decir por medio de un análisis FODA se puede determinar lo bueno y lo malo que tiene una empresa, área, persona, proyecto o un negocio. Para realizar un análisis FODA se debe seguir los pasos que se evidencian en la figura 2.

Figura 2. Análisis FODA



Fuente. [www.ingenioempresa.com](http://www.ingenioempresa.com)

<sup>5</sup> BETANCOURT, Diego. *Cómo hacer el análisis FODA (matriz FADO) paso a paso + ejemplo práctico*. [En línea]. 19 de abril de 2018. [Citado 10 de noviembre de 2019]. Disponible en: ([www.ingenioempresa.com/matriz-foda](http://www.ingenioempresa.com/matriz-foda)).

## 5.2 ESTADO DEL ARTE

**5.2.1 Sistema SAP R/3.**<sup>6</sup> El Sistema SAP R/3 consta, en la vista modular, de áreas empresariales homogéneas, que soportan las operaciones empresariales de una empresa y trabajan integradas en tiempo real. Las siglas SAP (System, Applications and Products) identifican a una compañía de sistemas informáticos con sede en Alemania, que se introdujo en el mercado de los sistemas de información con un producto denominado SAP R/2, antecesor al SAP R/3.

La integración en SAP se logra a través de la puesta en común de la información de cada uno de los módulos y por la alimentación de una base de datos común. El sistema SAP está compuesto de una serie de módulos funcionales que responden de forma completa a los procesos operativos de las compañías.

**5.2.2 SAP PM; Datos maestros en el módulo.**<sup>7</sup> El módulo de SAP PM permite la planificación, el procesamiento y la terminación de tareas, para el mantenimiento facilitando la toma de decisiones. Como en todos los módulos de SAP existen una serie de datos maestros que se utilizan para la gestión de los mantenimientos. En este caso, los básicos son:

- Ubicaciones técnicas, representan el lugar en el que se realiza una tarea de mantenimiento.
- Equipos, son las máquinas y componentes de los que se quiere realizar el mantenimiento y obtener informes.
- Contadores o puntos de medida, servirán para controlar determinadas magnitudes de los equipos. Por ejemplo, temperatura, kilómetros, horas de trabajo, etc.
- Listas de material, listas de los componentes de un equipo o para la planificación de los materiales de recambio de una hoja de ruta o de la orden.
- Puestos de trabajo, encargados de la realización de las tareas de mantenimiento. Pueden internos o externos. SAP ofrece una diversidad de informes para la mejora de los procesos de mantenimiento, control de gastos, control de tiempos, etc.

Con estos datos maestros es cómo SAP PM permite gestionar la planificación, procesamiento y terminación de tareas para el mantenimiento.

El objetivo de establecer un mantenimiento preventivo es prevenir un colapso en la producción de la empresa. Cuando los equipos fallan durante los procesos productivos se generan pérdidas o retrasos a la compañía. De allí, que utilizar la

---

<sup>6</sup> VENTURA, Manuel Enrique Zegarra. Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 2016, vol. 18, no 3, p. 57-67.

<sup>7</sup> LAURA PALMA, SAP PM, Datos maestros en el módulo de SAP D. 2009. vol. 1 no 2, p. 15-19

opción del mantenimiento preventivo que ofrece SAP PM permite tener un paso adelante. Esta sección es útil para planificar una atención cercana a los equipos.

En SAP PM el mantenimiento preventivo hace referencia a un proceso relacionado con inspecciones y reparaciones. Para realizarlo, se deben establecer planes que definen fechas de la actividad, así como, el alcance del mantenimiento. Para que tenga éxito, se debe ingresar una hoja de ruta de las actividades elementales. Es importante recordar que es para prevenir reparaciones por daños mayores.

Las actividades preventivas se establecen según el tipo de equipo o sistema y se establecen en forma de lista. Realizar el mantenimiento permite tener una base de datos de costes y elementos necesarios para las futuras actividades. Por lo general, estas tareas se pueden planificar con el departamento de producción para no afectar los procesos.

En el módulo del sistema SAP se genera un aviso que indica el momento de atender el mantenimiento. Este activa al técnico encargado del sistema para la creación de una orden de mantenimiento y proyectar el plan. Aprovechar las ventajas que ofrece este submódulo es fortalecer la producción.

El submódulo de órdenes de mantenimiento es el encargado de indicar que es el momento de la actividad. Para que se active, primero debe existir un aviso en SAP que señale la atención que amerita el equipo o sistema. La orden de mantenimiento se genera y esta establece un número que identificará todo el proceso. Allí quedará todo el registro de actividad y costes asociados al trabajo.

Existen por lo menos dos tipos de órdenes más aplicadas en estos campos. La orden de mantenimiento preventivo es la principal, pues es la que previene una parada en la producción. El segundo tipo muy utilizado son las órdenes de mantenimiento correctivo. En estos casos, siempre aplica una reparación mayor en el equipo o sistema. Son eventos que pueden ocurrir en menor proporción si siempre se atienden según el primero mantenimiento.

**5.2.3 Indicadores para la gestión de mantenimiento de equipo pesado.** Se denota como la gestión de ingeniería y la gestión administrativa debe cooperar para llegar a tener una buena gestión de mantenimiento. La gestión administrativa del mantenimiento es la encargada de la recopilación de datos y el flujo de información a fin de tener un planeamiento, programación y organización adecuada dispuesta para atender fallas en lapsos de tiempos cortos. La gestión de ingeniería es la encargada de tener una solución técnica de los problemas que presenten las máquinas que en el caso de la cantera de la planta Holcim Nobsa será de 17 equipos móviles. La manera de conocer si se está llevando una correcta gestión de mantenimiento es obteniendo valores que indiquen si los resultados se encuentran dentro de los parámetros esperados por la empresa. Es

por ello que es de gran importancia los indicadores gerenciales que permite conocer si la gestión de mantenimiento que se está aplicando se lleva de manera adecuada.<sup>8</sup>

Los responsables en la gestión de mantenimiento mecánico se enfrentan a la toma de decisiones técnicas y económicas de las máquinas que tienen a su cargo. Las decisiones que se tomen están relacionadas con costos, eficiencia, disponibilidad, confiabilidad, reparaciones, reconstrucciones, etc. En todo tipo de mantenimiento se debe tener políticas para realizar los trabajos que se encuentran día a día con buenas prácticas administrativas y buenas prácticas de trabajo técnico.

Para esto se debe tener en cuenta los indicadores más evaluados los cuales son la confiabilidad y la disponibilidad mecánica a fin de comprender los resultados numéricos que estos indicadores nos presenta. Cabe destacar que se debe enfatizar en la interpretación de estos indicadores ya que actualmente en la cantera de la planta de cemento Holcim estos indicadores se ven afectados por los mantenimientos PM02 (Mantenimientos Preventivos) que el sistema SAP los toma como Mantenimientos correctivos (PM01).<sup>9</sup>

Actualmente el desarrollo de las industrias con sus procesos productivos emplea sistemas de tecnología muy avanzados de forma que garantizan la demanda de producción requerida por la sociedad. Por lo tanto estas empresas requieren de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Para lograr estos objetivos la empresa denota los altos costos que implica esa gestión de mantenimiento. El costo de mantenimiento se debe optimizar sin que se vea afectada la disponibilidad de los equipos.

**5.2.4 Sistema de mejora en la gestión de los procesos de una planta.** El autor presenta una solución de software para optimizar la gestión en los procesos mineros enfocándose en perfeccionar la rentabilidad económica ya que por los modelos de la flota de equipos utilizados en la planta no cuentan con un sistema de mantenimiento automatizado. Esto hace que la alimentación de datos se haga de forma manual, lo cual conlleva en algunos de los casos a tener errores en la digitación de datos, a tener informes a destiempo y con cifras incorrectas.

Para ello analizaron, planificaron y modelaron un software para disminuir las falencias que la planta presenta. Dichos análisis e investigaciones servirán como información fundamental para tener un punto de partida en la optimización de la

---

<sup>8</sup> ZEGARRA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 2016, vol. 19, no 1, p. 25-37.

<sup>9</sup> VENTURA, Manuel Enrique Zegarra. Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 2016, vol. 18, no 3, p. 57-67.

gestión de mantenimiento aplicando las metodologías de análisis, estructuración y desarrollo en el correcto manejo de información.<sup>10</sup>

**5.2.5 Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de la red de agregados de la constructora meco SA.** El proyecto desarrollado en la constructora Meco emplea estrategias para mejorar la gestión de mantenimiento utilizando un plan para los equipos que cuentan con un mayor nivel de criticidad. Para ello realizan un estudio detallado de las principales necesidades que presenta la empresa en producción. Posteriormente aplican la metodología MTA para establecer las actividades de mantenimiento preventivo. Además emplean indicadores técnicos que resaltan la información relevante para el área de mantenimiento logrando medir los desempeños del proyecto.

Con la propuesta de la metodología que propone el autor se busca que además de generar una mejora en los indicadores de mantenimiento se promueva una cultura en el personal vinculado en el área inclinada en la prevención e identificación de fallas.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> DIEZ ROMÁN, Juan Manuel. Sistema de mejora en la gestión de los procesos mineros de planta (Chancado y Molienda). 2015. vol. 2 no 1, p. 5

<sup>11</sup> ELIZONDO-CHACÓN, Milagro Geovanna. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos críticos de la unidad estratégica de negocios (UEN) agregados de Constructora Meco SA. 2016. vol. 1 no 1, p. 6-8

## 6. METODOLOGÍA

La gestión de mantenimiento preventiva para el equipo móvil de la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim se enmarca en:

- Investigar los 17 equipos de la cantera Nobsa con sus componentes y subcomponentes partiendo de manuales de operación y servicio de los proveedores Caterpillar, Sandvick, volvo, tamrock para especificar los procedimientos en cada rutina de mantenimiento.
- Se tuvo que hacer un reconocimiento del proceso productivo y de esta forma lograr entender la función que cada equipo desempeña en cada uno de las etapas de extracción de materias primas.
- Se tuvo en cuenta la experiencia y lesiones aprendidas por parte del personal del área de automotores el cual está conformado por mecánicos, electricistas y lubricadores. De esta forma se realizó la asignación de rutinas de mantenimiento en base al estado actual de cada uno de los equipos, estableciendo la frecuencia de realización de cada mantenimiento y la duración.
- La recopilación de la información con la metodología inductiva fue fundamental y esencial para subirlas de manera eficiente en el módulo de mantenimiento de SAP R/3 realizando la creación de hojas de ruta y textos modelos.

Las etapas que se siguieron para tener éxito en la ejecución del trabajo fueron:

### 6.1 CAPACITACIONES

**6.1.1 Capacitación H&S.** Por políticas de la empresa toda persona nueva que ingrese a trabajar en la planta de cemento Holcim en Nobsa, se debe someter a una capacitación de inducción sobre temas relacionados a Salud y seguridad en el trabajo. En esa capacitación se tomaron charlas sobre temas de seguridad en vías, espacios confinados, trabajos en altura, trabajos en caliente, LOTOTO (bloqueo, etiquetaje y prueba) y reglamento de seguridad en canteras.

**6.1.2 Capacitación de SAP R/3 módulo de mantenimiento PM.** La planta de cementos Holcim tiene establecido el software informático SAP R/3 por casa matriz ubicada en Suiza. Por lo tanto se realizó la capacitación en módulo PM durante los días 20, 21, 22, 23 y 24 de Mayo, capacitación que fue ofrecida para todo el personal de planificación de mantenimiento por el Laser IT Service Center LATAM.

**6.1.3 Capacitación con personal planta de concreto.** Se realizaron capacitaciones, videoconferencias y visitas a la planta de concreto de Holcim ubicada en puente Aranda Bogotá para realizar reportes, instrucciones, seguimiento y gestiones para acceso y manejo de SAP, dichas relaciones se hicieron de acuerdo a la disposición de tiempo de las dos partes.

## **6.2 SOLICITU DE ACCESO A SAP**

**6.2.1 Creación de cuenta.** La planta de cementos Holcim y SAP por su estructuración informática con la que cuenta establece que la otorgación de cuentas se debe realizar desde Brasil. Para ello se efectuó la solicitud por el sistema GRC con la aceptación del Jefe de taller de mantenimiento (Automotores), y gestora de practicantes universitarios.

**6.2.2 Solicitud de roles en SAP.** Una vez se tuvo acceso a SAP con usuario y contraseña personal se realizó la solicitud para la asignación del rol de planeador de mantenimiento. De esta forma fueron habilitadas automáticamente las transacciones necesarias en SAP.

## **6.3 DOCUMENTACIÓN**

**6.3.1 Frecuencias de mantenimiento.** Para los 17 equipos de la cantera de la planta de cementos Holcim se documentaron las rutinas de mantenimiento en textos modelos que según establecen los fabricantes; Caterpillar, Volvo, Sandvick, tamrock. Posteriormente se confrontaron con los historiales de mantenimiento y con la experiencia del personal encargado de realizar el mantenimiento de los equipos (Mecánicos, eléctricos, lubricadores).

**6.3.2 Procedimientos estándar.** Luego de tener la documentación de las rutinas de mantenimiento preventivo, se creó el paso a paso de forma detallada y ordenada del procedimiento a realizar en cada mantenimiento.

## **6.4 MODULO DE MANTENIMIENTO SAP PM**

**6.4.1 Codificación de equipos.** LafargeHolcim desde casa matriz tiene establecido un sistema de codificación de activos (ACS) para todas sus plantas, por lo tanto se realizó la depuración de equipos que ya no existen y se realizó la codificación HAC y ubicaciones técnicas para los 17 equipos.

**6.4.2 Puntos de medida.** Los mantenimientos preventivos están basados en frecuencias de tiempos fijos. Para ello el software SAP cuenta con un algoritmo que tiene la capacidad de calcular la fechas en que se deben realizar cada mantenimiento. Es por ello que se crearon puntos de medida en SAP para cada equipo empleando la transacción IK18 (Creación de punto de medida) para subir las horas trabajadas de cada equipo (horómetros). Esto requiere la constante alimentación de los datos registrados por el satelital Rollower GPS en la plataforma Visión Link.

**6.4.3 Creación de hojas de ruta.** Se crearon hojas de ruta para cada equipo las cuales están identificadas con ubicaciones técnicas. De esta forma se gestionó y definió de forma centralizada las medidas de mantenimiento a emplear, además con las hojas de ruta se crearon los planes estratégicos de mantenimiento.

Las hojas de ruta para ubicaciones técnicas quedaron identificadas por un contador de grupos de hojas de ruta de forma que el sistema asigne un número de forma secuencial. Para la creación de hoja de ruta se utilizó la transacción IA01.

**6.4.4 Creación de instrucciones.** Debido a que se puede tener una misma hoja de ruta para ubicaciones técnicas distintas que presenten diferencias únicamente en operaciones adicionales o variantes específicas, se establecieron las instrucciones de mantenimiento de forma que se puedan modificar y configurar según la necesidad y las condiciones que se presenten. Las órdenes de mantenimiento fueron acopladas a la gestión de calidad que establece la planta.

Para la creación de instrucciones se utilizó la transacción IA05

**6.4.5 Creación plan de mantenimiento ciclo individual.** Se crearon planes de mantenimiento en función de las actividades a realizar, de forma en que se puedan planificar los mantenimientos con base en los valores registrados por los horómetros de cada equipo. Para ello se debe introducir regularmente el valor de los contadores implementados en cada equipo ya que el sistema toma las órdenes de mantenimiento en función del último valor registrado.

En la creación del plan de mantenimiento se relacionaran los puntos de medida, textos modelos, hojas de ruta, materiales componentes y se asignó un paquete de horas a los ciclos de cada plan de mantenimiento en donde sus frecuencias estuvieron basada en horas.

Para esto se realizó la programación de cada rutina de mantenimiento (250 horas, 500 horas, 1000 horas, 3000 horas) fueron configuradas con un horizonte de apertura que faltando un 30% de tiempo para ejecutar el mantenimiento el sistema notifique con los avisos y órdenes de trabajo, para realizar la planificación y

alistamiento pertinente a cada mantenimiento. Además estos mantenimientos están sujetos a conclusión con la finalidad de que el sistema no lance órdenes de trabajo nuevas hasta que el mantenimiento actual no se haya cerrado.

Para la creación del plan de mantenimiento se utilizó la transacción IP41.

## **6.5 PLANIFICACIÓN**

**6.5.1 Programación de fechas.** La programación de las fechas está dada en función de la actividad. Es decir que la fecha prevista se calcula según la diferencia entre el último valor del contador y el valor del contador especificado en el plan de mantenimiento. Para los equipos que sufrirán paradas inesperadas por mantenimientos correctivos se deberá realizar la planificación del mantenimiento preventiva de forma manual. Esto permitirá que el mantenimiento se ejecute ni antes ni después de las horas establecidas para cada rutina de mantenimiento.

Para la programación de fechas se utilizó la transacción IP10.

**6.5.2 Solicitud de cotizaciones.** En la creación del plan de mantenimiento individual, para la rutina de mantenimiento de cada equipo se relacionaron los componentes necesarios a emplear.

Por lo tanto se realizó la solicitud de cotizaciones de los componentes como filtros, aceites, correas, kit de muestras, entre otros, a los proveedores Caterpillar, Sandvick, Chaneme, Volvo, para relacionar los costos de mantenimiento en cada orden de trabajo.

**6.5.3 Creación de códigos HAC para componentes.** Por políticas y directrices de la empresa todo componente que se emplee en mantenimientos de activos debe estar codificado con la estructuración HAC de la empresa Holcim, esto con el objetivo de tener relación directa con las solicitudes de pedido, órdenes de compra y reserva de materiales en el almacén de stock.

Es por eso que todo componente que se requiera emplear para mantenimientos se deberá realizar una solicitud por correo electrónico dirigida a CREST quienes son los encargados de realizar; la codificación, creación del componente y activación de código en SAP.

En el formato de solicitud de códigos suministrados por la empresa se debió especificar:

- Descripción corta: Nombre, Referencia y marca.

- Descripción Larga: Nombre, Referencia, marca y equipo.
- Categoría de valor: si son repuestos mecánicos, lubricantes, dispositivos electrónicos etc.
- Grupo de artículo: si pertenece al componente de Motor, diferencial, tren de potencia, etc.

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 7.1 ANÁLISIS FODA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El análisis FODA es realizado con base en la gestión de mantenimiento utilizado en los últimos años, de esta forma se logra identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, con el objetivo de identificar un punto de partida visualizando el desempeño del departamento de automotores y las estrategias de mantenimiento para obtener una transformación que cumpla con los estándares requeridos. En la tabla. 1 se realiza una matriz FODA relacionando la información del área de automotores para el manteniendo del equipo móvil de la cantera Nobsa.

Tabla 1. Matriz FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compromiso con la seguridad de planta, propiedad y equipo.</li> <li>➤ Compromiso con el cuidado ambiental</li> <li>➤ Condiciones y entorno de trabajo diseñado para realizar mantenimientos</li> <li>➤ Equipos de respaldo para los mantenimientos (Montacargas, brazo articulado, camión de lubricación)</li> <li>➤ Disponibilidad de información (manuales, planos, Sis Web)</li> <li>➤ Instalaciones de trabajo seguras.</li> <li>➤ Personal competente y capacitado para cada uno de los trabajos a realizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Disponibilidad de flota baja por incorrecta planificación de mantenimientos.</li> <li>➤ Cero planes de mantenimiento en SAP.</li> <li>➤ Incorrectos cálculos de proyecciones de presupuesto de mantenimientos.</li> <li>➤ Incumplimiento de plan semanal</li> <li>➤ Faltan procedimientos estándar de mantenimiento.</li> <li>➤ Acumulación de órdenes de trabajo correctivas y preventivas.</li> <li>➤ Incumplimiento en las horas de trabajo para realizar mantenimientos preventivos.</li> <li>➤ Falta de codificación de componentes.</li> <li>➤ Falta de seguimiento a trabajos de mantenimientos realizados.</li> <li>➤ Demora en gestión de repuestos.</li> </ul>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gestión de recursos económicos por medió de planeaciones CAPEX.</li> <li>➤ Ampliación de presupuesto</li> <li>➤ Aumento de producción</li> <li>➤ Creación de nuevos puestos de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ejecución de mantenimientos entregado a empresas contratistas.</li> <li>➤ Bajo precio de cemento</li> <li>➤ Mejores servicios.</li> <li>➤ Baja demanda de mercado.</li> </ul>

Fuente: Autor.

La matriz DOFA fue elaborada con el Jefe de área, y personal técnico como mecánicos, electricistas y lubricadores. Con esta información se elaboraron las matrices de evaluación:

- Matriz para la evaluación de factores internos.
- Matriz para la evaluación factores externos.

**7.1.1 EFI (Matriz de evaluación factores internos).** Para realizar la matriz de evaluación de factores internos se tomaron 17 factores en donde se asignó un valor determinando que 1 es importante y 0.1 no es importante en donde la sumatoria tiene que ser igual 1. (Véase la tabla 2).

Tabla 2 Factores internos (Fortalezas y Debilidades)

Ítem	<b>FORTALEZAS.</b>	Calificación 1
1	Compromiso con la seguridad de planta, propiedad y equipo.	0,038
2	Compromiso con el cuidado ambiental	0,028
3	Condiciones y entorno de trabajo diseñado para realizar mantenimientos	0,06
4	Equipos de respaldo para los mantenimientos (Montacargas, brazo articulado, camión de lubricación)	0,058
5	Disponibilidad de información (manuales, planos, SIS Web)	0,052
6	Instalaciones de trabajo seguras.	0,048
7	Personal competente y capacitado para cada uno de los trabajos a realizar.	0,078
	<b>DEBILIDADES.</b>	
8	Disponibilidad de flota baja por incorrecta planificación de mantenimientos.	0,086
9	Cero planes de mantenimiento en SAP	0,058
10	Incorrectos cálculos de proyecciones de presupuesto de mantenimientos.	0,078
11	Incumplimiento de plan semanal	0,041
12	Faltan procedimientos estándar de mantenimiento.	0,058
13	Acumulación de órdenes de trabajo correctivas y preventivas.	0,031
14	Incumplimiento en las horas de trabajo para realizar mantenimientos preventivos.	0,088
15	Falta de codificación de componentes.	0,048
16	Falta de seguimiento a trabajos de mantenimientos realizados.	0,058
17	Demora en gestión de repuestos.	0,092
	<b>TOTAL</b>	<b>1</b>

Fuente: elaboración propia.

Con el valor asignado a los 17 factores internos se realizó una segunda calificación teniendo en cuenta la tabla 3.

Tabla 3 Calificación factores internos.

CALIFICACIÓN	
Fortaleza de carácter mayor	4
Fortaleza de carácter menor	3
Debilidad de carácter menor	2
Debilidad de carácter mayor	1

Fuente: Autor.

De esta forma se asignó una segunda calificación como se muestra en la tabla 4 en donde los valores de estas calificaciones fueron multiplicados para obtener el valor ponderado en la evaluación de factores internos

Tabla 4 Ponderado factores internos.

Ítem	<b>FORTALEZAS.</b>	Valor 1	Valor 2	Ponderado
1	Compromiso con la seguridad de planta, propiedad y equipo.	0,038	3	0,114
2	Compromiso con el cuidado ambiental	0,028	3	0,084
3	Condiciones y entorno de trabajo diseñado para realizar mantenimientos	0,06	4	0,24
4	Equipos de respaldo para los mantenimientos (Montacargas, brazo articulado, camión de lubricación)	0,058	4	0,232
5	Disponibilidad de información (manuales, planos, SIS Web)	0,052	4	0,208
6	Instalaciones de trabajo seguras.	0,048	3	0,144
7	Personal competente y capacitado para cada uno de los trabajos a realizar.	0,078	4	0,312
Subtotal Fortalezas				1,334
	<b>DEBILIDADES.</b>	VALOR		
8	Disponibilidad de flota baja por incorrecta planificación de mantenimientos.	0,086	1	0,086
9	Cero planes de mantenimiento en SAP	0,058	1	0,058
10	Incorrectos cálculos de proyecciones de presupuesto de mantenimientos.	0,078	2	0,156
11	Incumplimiento de plan semanal	0,041	1	0,041
12	Faltan procedimientos estándar de mantenimiento.	0,058	2	0,116

Tabla 4. (Continuación)

13	Acumulación de órdenes de trabajo correctivas y preventivas.	0,031	1	0,031
14	Incumplimiento en las horas de trabajo para realizar mantenimientos preventivos.	0,088	1	0,088
15	Falta de codificación de componentes.	0,048	2	0,096
16	Falta de seguimiento a trabajos de mantenimientos realizados.	0,058	2	0,116
17	Demora en gestión de repuestos.	0,092	1	0,092
Subtotal Debilidades				0,88
<b>TOTAL</b>				<b>2,214</b>

Fuente: Autor.

Como análisis de la evaluación de los factores internos con el valor total del ponderado equivalente al valor de 2,214 se encuentra inferior al promedio de la segunda calificación con un valor de 2,015.

Con el anterior resultado se puede identificar que el mantenimiento en el área de automotores es débil internamente ya que los factores que se identificaron en la sección de debilidades en la tabla 4, están directamente relacionados afectando la producción de la cantera, determinando de esta forma que la gestión de mantenimiento actual con la que cuenta la planta de cemento es ineficiente, y tiene que ser replanteada estableciendo estrategias y dando utilización a las fortalezas con las que actualmente cuenta la planta.

**7.1.2 EFE (Matriz de evaluación factores externos).** Para realizar la matriz de evaluación de factores externos se tomaron 8 factores en donde se les asignó un valor determinando que 1 es importante y 0.1 no es importante en donde la sumatoria tiene que ser igual 1. Véase la tabla 5.

Tabla 5 Factores externos.

Ítem	<b>OPORTUNIDADES</b>	Calificación 1
1	Gestión de recursos económicos por medio de planeaciones CAPEX.	0,0925
2	Ampliación de presupuesto	0,1565
3	Aumento de producción	0,1445
4	Creación de nuevos puestos de trabajo.	0,0912

<b>AMENAZAS</b>		
8	Ejecución de mantenimientos entregado a empresas contratistas.	0,177
9	Bajo precio de cemento	0,0925
10	Mejores servicios.	0,1625
11	Baja demanda de mercado.	0,0845
<b>TOTAL</b>		1

Fuente: Autor.

Con el valor asignado a los 8 factores internos se realizó una segunda calificación teniendo en cuenta la tabla 6

Tabla 6 Calificación factores externos (Fortalezas y debilidades)

<b>CALIFICACIÓN</b>	
Respuesta de nivel superior	4
Respuesta de nivel superior a la media	3
Respuesta de nivel medio	2
Respuesta nivel malo	1

Fuente: Autor.

De esta forma se asignó una segunda calificación y los valores de estas calificaciones fueron multiplicadas para obtener el valor ponderado en la evaluación de factores internos como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Ponderado factores externos

Ítem	<b>FORTALEZAS.</b>	Valor 1	Valor 2	Ponderado
1	Gestión de recursos económicos por medio de planeaciones CAPEX.	0,0925	2	0,185
2	Ampliación de presupuesto	0,1565	3	0,4695
3	Aumento de producción	0,1445	3	0,4335
4	Creación de nuevos puestos de trabajo.	0,0912	1	0,0912
Subtotal Fortalezas				1,1792
	<b>DEBILIDADES.</b>	Valor 1	Valor 2	Ponderado
5	Ejecución de mantenimientos entregado a empresas contratistas.	0,177	4	0,708
6	Bajo precio de cemento	0,0925	1	0,0925
7	Mejores servicios.	0,1625	3	0,4875
8	Baja demanda de mercado.	0,0845	1	0,0845
Subtotal Debilidades				1,3725
<b>TOTAL</b>				2,5517

Fuente: Autor.

Como análisis de la evaluación de los factores externos con el valor total del ponderado equivalente al valor de 2,5517 se encuentra superior al promedio de la segunda calificación con un valor de 2,25 se puede establecer que el mantenimiento en el área de automotores no considera las amenazas externas y no aprovecha las oportunidades existentes.

Estas amenazas son los factores que actualmente suponen un riesgo potencial a la planta y la desventaja que se tiene frente a estas amenazas es que son difíciles de controlar, por lo tanto es necesario establecer estrategias y planes contingencia que permita tener un mayor enfrentamiento.

En la tabla 8 se establecen las estrategias que tienen como finalidad mejorar la gestión de mantenimiento del área de automotores para el equipo móvil de la cantera Nobsa en la planta de cementos Holcim.

Tabla 8 Identificación de estrategias Matriz Dofa

<p style="text-align: center;"><b>FACTORES INTERNOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACTORES EXTERNOS</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compromiso con la seguridad de planta, propiedad y equipo.</li> <li>- Compromiso con el cuidado ambiental</li> <li>- Condiciones y entorno de trabajo diseñado para realizar mantenimientos</li> <li>- Equipos de respaldo para los mantenimientos (Montacargas, brazo articulado, camión de lubricación)</li> <li>- Disponibilidad de información (manuales, planos, SIS Web)</li> <li>- Instalaciones de trabajo seguras.</li> <li>- Personal competente y capacitado para cada uno de los trabajos a realizar.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de flota baja por incorrecta planificación de mantenimientos.</li> <li>- Cero planes de mantenimiento en SAP.</li> <li>- Incorrectos cálculos de proyecciones de presupuesto de mantenimientos.</li> <li>- Incumplimiento de plan semanal</li> <li>- Faltan procedimientos estándar de mantenimiento.</li> <li>- Acumulación de órdenes de trabajo correctivas y preventivas.</li> <li>- Incumplimiento en las horas de trabajo para realizar mantenimientos preventivos.</li> <li>- Falta de codificación de componentes.</li> <li>- Falta de seguimiento a trabajos de mantenimientos realizados.</li> <li>- Demora en gestión de repuestos.</li> </ul>
		<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS (FO)</b></p> <p>Se debe establecer estrategias en las cuales se aprovechen las fortalezas para sacar provecho a las oportunidades que se pueden presentar. De esta forma se deberá crear perfiles a usuarios en SAP y asignar responsabilidades a personal técnico, supervisor y planeador.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS (DO)</b></p> <p>Se debe superar las debilidades a través de las oportunidades. La estrategia que se implemente deberá estar relacionada con la creación de planes de mantenimiento preventivo basado en tipos fijos, en donde se pueda establecer tiempos por mantenimiento y costos, con la finalidad de poder realizar proyecciones de presupuestos que se adapten a las necesidades de cada año.</p>
<p style="text-align: center;"><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de recursos económicos por medio de planeaciones CAPEX.</li> <li>- Ampliación de presupuesto</li> <li>- Aumento de producción</li> <li>- Creación de nuevos puestos de trabajo.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS (FA)</b></p> <p>Se debe aprovechar las fortalezas de forma que se pueda evitar o afrontar las amenazas del entorno externo, especialmente que el mantenimiento de los equipos del área de automotores sea entregado a empresas contratistas.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ESTRATEGIAS (DA)</b></p> <p>Se debe superar las debilidades que se presentan actualmente para evitar las amenazas del entorno externo. Par esto se deberá modificar la actual gestión de mantenimiento en la cual se reestructure y se implemente en su gran totalidad el módulo de mantenimientos preventivos de SAP, esto permitirá tener un mayor control en tiempos, costos, componentes, y de esta forma poder realizar trazabilidad a cada tarea que se ejecute</p>	
<p style="text-align: center;"><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejecución de mantenimientos entregado a empresas contratistas.</li> <li>- Bajo precio de cemento</li> <li>- Mejores servicios.</li> <li>- Baja demanda de mercado.</li> </ul>			

Fuente: Autor.

## 7.2 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

Cada uno de los equipos cuenta con un dispositivo horómetro el cual es el encargado de registrar el número de horas en que ha estado en funcionamiento el motor. De esta forma en base a los reportes de cada dispositivo se puede determinar el número de horas trabajadas de cada equipo y ver su comportamiento en el tiempo como se evidencia en la tabla 9 y figura 3.

Tabla 9 Horas de trabajo de equipos por año

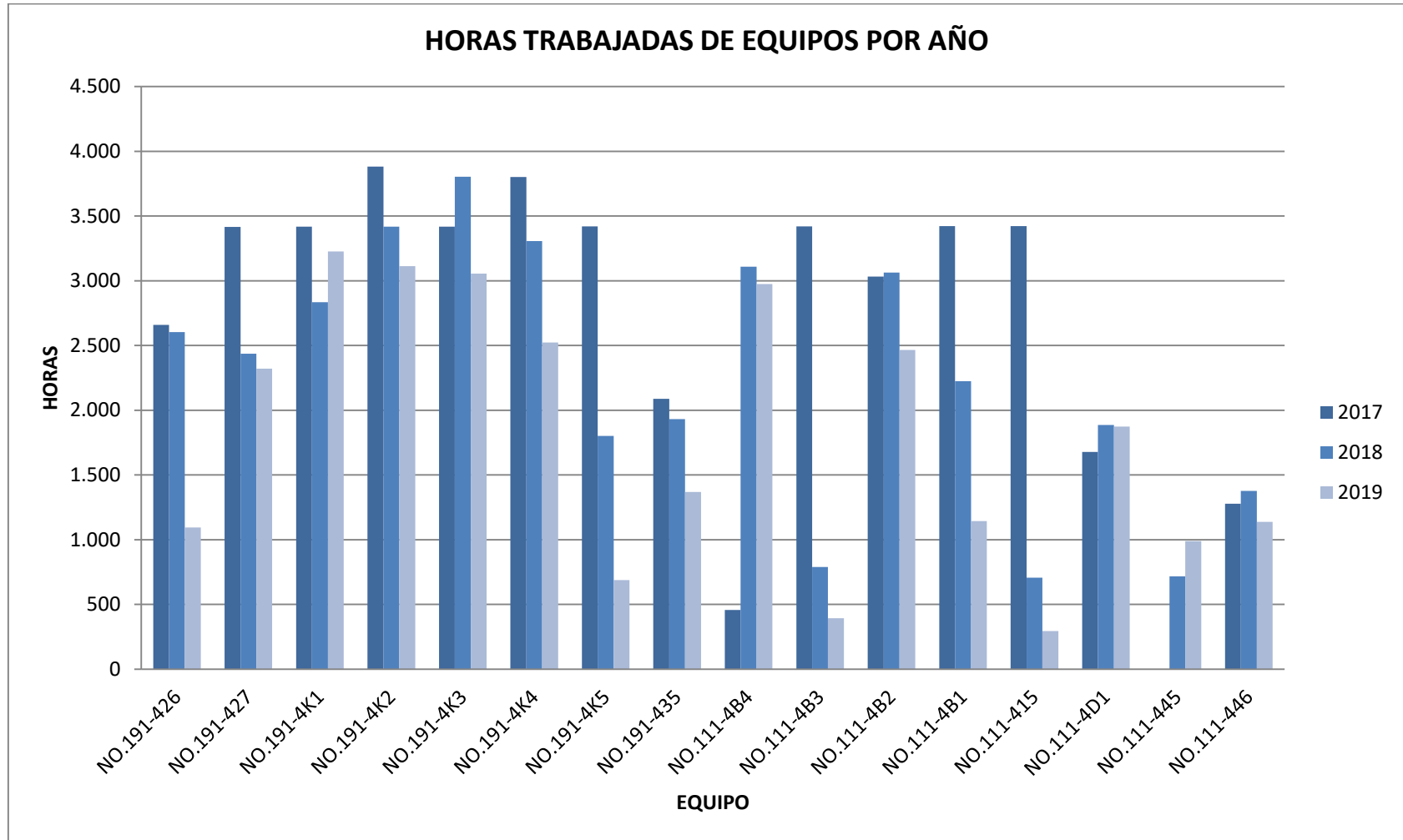
HORAS TRABAJADAS DE EQUIPOS POR AÑO					
N°	Equipo	Ubicación Téc.	HORAS TRABAJADAS POR AÑO		
			2017	2018	2019
1	Cargador Caterpillar 988H SN BXY01099	NO.191-426	2,659	2,603	925
2	Cargador Volvo L350F	NO.191-427	3,416	2,437	1,794
3	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00407	NO.191-4K1	3,417	2,835	2,449
4	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00408	NO.191-4K2	3,881	3,418	2,407
5	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00618	NO.191-4K3	3,418	3,804	2,308
6	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00619	NO.191-4K4	3,801	3,307	1,761
7	Volqueta Caterpillar 730 Articulada S/N00730E81M03424	NO.191-4K5	3,419	1,801	599
8	191-435 - 769D Haultruck S/N BBB000120	NO.191-435	2,089	1,931	940
9	Exacavadora caterpillar 349D GAX10011	NO.111-4B4	457	3,109	2,654
10	Exacavadora caterpillar 324CL - S/N TAJ00331	NO.111-4B3	3,421	789	334
11	Exacavadora caterpillar 374D S/N CPAS00955	NO.111-4B2	3,033	3,064	1,816
12	Exacavadora caterpillar 345D S/N DKT2D00293	NO.111-4B1	3,422	2,225	770
13	Tractor Caterpillar D9N S/N 1JD02668	NO.111-415	3,423	706	230
14	Tarcator Caterpillar D9R S/N WDM00896	NO.111-4D1	1,677	1,885	1,506
15	Perforadores Tamrock Ranger 700	NO.111-445	0	716	737
16	Perforadores SANDVIK DP1100i Drill S/N 38654	NO.111-446	1,278	1,376	951

Fuente: Autor.

El comportamiento de las horas de trabajo a través del tiempo permite tener una relación directa con el comportamiento que cada uno de los equipos ha presentado con el paso del tiempo. Los valles que se denotan en la figura 3, están relacionados por la presentación de fallas correctivas las cuales conllevan a que los equipos no cumplan sus funciones requeridas.

El comportamiento de las horas de trabajo para el 2019 en gran parte de los equipos no ha superado los registros de años anteriores de tal forma que se puede denotar que la gestión de mantenimiento con la que contaba la cantera Nobsa no es la adecuada y no se adapta a las condiciones específicas de cada uno de los equipos.

Figura 3. Horas de trabajo por año



Fuente: Autor.

Los horómetros de cada equipo están enlazados por medio de un dispositivo router el cual transmite en frecuencia de tiempos programados el número de horas en funcionamiento de cada equipo, horas, millas, consumo de combustible, tiempo de inactividad, utilización y estado del equipo.

Esta información es dirigida a una plataforma Web denominada visión link la cual muestra los datos de una forma resumida en forma de cuadros y gráficos. La plataforma Visión link como ventaja permite la involucrar varias marcas de equipos.

### 7.3 HORAS DE TRABAJO

A continuación se presenta el resumen de los horómetros para los años 2017, 2018 y 2019 en las tablas 10, 11 y 12 respectivamente. Con esta información se logra dar inicio a una identificación de los equipos que actualmente están afectando la disponibilidad de la flota.

El equipo No.111-4B3 el cual corresponde a una excavadora Caterpillar 324D y el equipo No.111-4D1 el cual corresponde a un tractor Caterpillar D9N tienen un comportamiento drástico en relación a las horas de trabajo a los años anteriores. Esta reducción de horas de trabajo de forma drástica en el año 2019 es causal de los indicadores de disponibilidad para el año 2019, por tal motivo son equipos que revisando históricos de mantenimiento han venido presentando el mayor número de fallas correctivas no planificadas. Por lo tanto son equipos que requieren una gestión de mantenimiento que se adapte a condiciones con la que cuentan.

Tabla 10 Horómetros año 2017

Horómetros 2017															
Nº	Equipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acum 2018	Prom h/mes
<b>Cargadores</b>															
1	191-426 S/N BXY01099	39,861	40,124	40,536	40,757	40,982	41,214	41,423	41,550	41,889	42,183	42,419	42,520	2,659	222
2	191-427 Volvo	3,349	3,586	4,152	4,480	4,821	5,129	5,377	5,746	5,868	6,150	6,388	6,765	3,416	285
<b>Volquetas</b>															
3	191-4K1 - 773F S/N EED00407	38,873	39,432	39,762	40,109	40,457	40,854	41,187	41,596	41,969	42,324	42,737	43,119	3,417	285
4	191-4K2 - 773F S/N EED00408	39,271	39,829	40,173	40,477	40,757	41,069	41,394	41,740	42,057	42,428	42,781	43,152	3,881	323
5	191-4K3 - 773F S/N EED00618	33,890	34,430	34,702	34,974	35,254	35,582	35,724	35,724	35,724	35,724	35,724	35,724	3,418	285
6	191-4K4 - 773F S/N EED00619	35,407	35,937	36,245	36,581	36,865	37,128	37,405	37,796	38,156	38,544	38,886	39,208	3,801	317
7	191-4K5 - 730 S/N 00730E812	7,964	8,373	8,544	8,696	8,877	8,997	9,103	9,274	9,430	9,536	9,741	9,984	3,419	285
8	191-435 - 769D S/N BBB000120	44,522	44,864	44,971	45,080	45,255	45,420	45,535	45,749	45,961	46,169	46,344	46,611	2,089	174
<b>Retroexcavadoras</b>															
9	111-4B4-349D SN GAX10011												457	457	38
10	111-4B3 - 324 CL S/N TAJ00331	17,216	17,633	17,796	17,881	18,076	18,200	18,321	18,439	18,631	18,815	18,821	18,957	3,421	285
11	111-4B2 - 374D S/N CPAS00955	9,229	9,722	9,926	10,200	10,422	10,736	10,978	11,220	11,487	11,752	12,032	12,262	3,033	253
12	111-4B1 - 345D S/N DKT2D00293	28,390	28,746	28,979		29,360	29,574	29,802	30,062	30,280	30,449	30,617	30,670	3,422	285
<b>Tractores</b>															
13	111-415 D9N S/N 1JD02668	49,939	49,939	49,996	50,033	50,264	50,483	50,565	50,576	50,635	50,784	50,798	50,798	3,423	285
14	111-417 D9R S/N WDM00896	28,372	28,832	29,032	29,148	29,199	29,199	29,353	29,588	29,699	29,760	29,858	30,049	1,677	140
<b>Perforadores</b>															
15	111-445 Tamrock Ranger 700	3,104	3,485	3,667	3,813	3,953	4,081	4,156	4,156	4,156	4,168	4,254	4,382	1,278	107

Fuente: Autor.

Tabla 11 Horómetros año 2018

Horómetros 2018															
Nº	Equipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acum 2018	Prom h/mes
<b>Cargadores</b>															
1	191-426 S/N BXY01099	42,520	42,824	43,069	43,343	43,600	43,961	44,046	44,406	44,804	44,934	45,123	45,123	2,603	217
2	191-427 Volvo	7,173	7,350	7,644	7,870	8,130	8,130	8,447	8,594	8,692	8,968	48	9,610	2,437	203
<b>Volquetas</b>															
3	191-4K1 - 773F S/N EED00407	43,553	43,852	43,852	43,869	44,310	44,694	45,098	45,413	45,428	45,863	46,091	46,388	2,835	236
4	191-4K2 - 773F S/N EED00408	43,500	43,823	44,246	44,601	44,685	44,685	44,917	45,305	45,716	46,128	46,517	46,918	3,418	285
5	191-4K3 - 773F S/N EED00618	36,075	36,385	36,752	37,143	37,512	37,875	38,215	38,664	38,919	39,087	39,468	39,879	3,804	317
6	191-4K4 - 773F S/N EED00619	39,421	39,614	39,970	40,352	40,727	41,048	41,296	41,626	41,986	42,314	42,567	42,728	3,307	276
7	191-4K5 - 730 S/N 00730E812	10,170	10,426	10,651	10,830	10,943	11,127	11,238	11,398	11,574	11,741	11,844	11,971	1,801	150
8	191-435 - 769D S/N BBB000120	46,907	47,109	47,345	47,591	47,874	48,088	48,198	48,349	48,591	48,720	48,818	48,838	1,931	161
<b>Retroexcavadoras</b>															
9	111-4B4-349D SN GAX10011	715	973	1,011	1,328	1,725	1,956	2,051	2423	2847	3196	3522	3824	3,109	259
10	111-4B3 - 324 CL S/N TAJ00331	19,054	19,163	19,260	19,305	19,410	19,531	19,701	19,738	19,738	19,738	19,738	19,843	789	66
11	111-4B2 - 374D S/N CPAS00955	12,557	12,777	13,036	13,275	13,563	13,856	13,856	14,235	14,556	14,978	15,317	15,621	3,064	255
12	111-4B1 - 345D S/N DKT2D00293	30,820	30,993	31,154		31,572	31,761	32,117	32,370	32,437	32,636	32,856	33,045	2,225	185
<b>Tractores</b>															
13	111-415 D9N S/N 1JD02668	50,798	50,798	50,798	50,798	50,798	50,798	50,974	51,188	51,305	51,402	51,454	51,504	706	59
14	111-417 D9R S/N WDM00896	30,212	30,450	30,647	30,833	31,069	31,277	31,337	31,391	31,544	31,714	31,940	32,097	1,885	157
<b>Perforadores</b>															
15	111-445 Tamrock Ranger 700	25,002	25,079	25,204	25,275	25,353	25,407	25,448	25,553	25,562	25,640	25,681	25,718	716	60
16	111-446 SANDVIK DP1100i	4,557	4,696	4,755	4,885	5,054	5,217	5,374	5,505	5,667	5,745	5,815	5,933	1,376	115

Fuente: Autor.

Tabla 12 Horómetros año 2019

Horómetros 2019															
Nº	Equipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acum 2018	Prom h/mes
<b>Cargadores</b>															
1	191-426 S/N BXY01099	45,192	45,375	45,375	45,525	45,788	45,984	46,117	46,286	46,286	-	-	-	1,094	91
2	191-427 Volvo	9,913	10,158	10,532	10,814	11,111	11,363	11,707	11,949	12,234	-	-	-	2,321	193
<b>Volquetas</b>															
3	191-4K1 - 773F S/N EED00407	46,669	47,070	47,512	47,921	48,291	48,710	49,118	49,553	49,895	-	-	-	3,226	269
4	191-4K2 - 773F S/N EED00408	47,285	47,666	48,097	48,499	48,890	49,303	49,692	50,015	50,397	-	-	-	3,112	259
5	191-4K3 - 773F S/N EED00618	40,309	40,748	41,173	41,529	41,933	42,241	42,617	43,056	43,364	-	-	-	3,055	255
6	191-4K4 - 773F S/N EED00619	43,071	43,406	43,589	43,863	44,223	44,535	44,832	45,232	45,594	-	-	-	2,523	210
7	191-4K5 - 730 S/N 00730E812	12,104	12,234	12,482	12,543	12,583	12,673	12,704	12,719	12,792	-	-	-	688	57
8	191-435 - 769D S/N BBB000120	48,857	48,938	49,050	49,218	49,421	49,649	49,797	50,038	50,226	-	-	-	1,369	114
<b>Retroexcavadoras</b>															
9	111-4B4-349D SN GAX10011	4,177	4,573	4,949	5,334	5,768	6,141	6,486	6,831	7,152				2,975	248
10	111-4B3 - 324 CL S/N TAJ00331	20,141	20,010	20,135	20,188	20,324	20,390	20,475	20,488	20,535	-	-	-	394	33
11	111-4B2 - 374D S/N CPAS00955	15,880	16,000	16,410	16,809	16,932	17,315	17,696	18,043	18,345	-	-	-	2,465	205
12	111-4B1 - 345D S/N DKT2D00293	33,275	33,565	33,706		33,857	33,931	34,045	34,191	34,418	-	-	-	1,143	95
<b>Tractores</b>															
13	111-415 D9N S/N 1JD02668	51,549	51,549	51,549	51,568	51,687	51,779	51,779	51,779	51,843	-	-	-	294	25
14	111-417 D9R S/N WDM00896	32,376	32,649	32,945	33,300	33,513	33,714	33,882	34,110	34,250	-	-	-	1,874	156
<b>Perforadores</b>															
15	111-445 Tamrock Ranger 700	25,718	25,756	25,866	25,952	26,078	26,179	26,314	26,455	26,707				989	82
16	111-446 SANDVIK DP1100i	6,142	6,299	6,449	6,672	6,822	6,978	7,093	7,236	7,280	-	-	-	1,138	95

Fuente: Autor.

## 7.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de la gestión de mantenimiento de los equipos destinados a los procesos de explotación, cargue y transporte de materias primas está determinado por tres indicadores los cuales son disponibilidad, tiempo medido entre fallas (MTBF) y tiempo medido para reparar (MTTR).

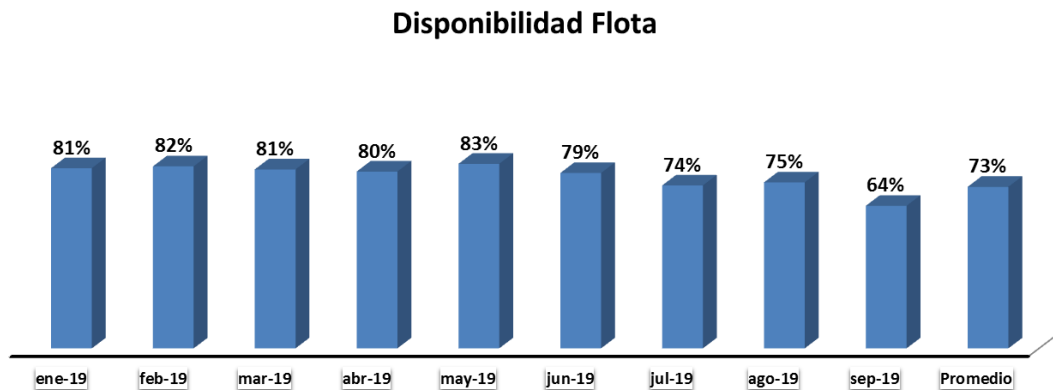
**7.4.1 Indicador de disponibilidad.** La disponibilidad de la flota de equipos móviles de la cantera Nobsa presenta el comportamiento como se evidencia en la tabla 13 y en la figura 3. desde el mes de enero hasta el mes de septiembre del año 2019.

Tabla 13. Disponibilidad de flota

Disponibilidad										
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Prom.
Disponibilidad Cargadores	66%	87%	63%	73%	72%	75%	67%	69%	43%	68%
Disponibilidad Volquetas	89%	93%	89%	89%	92%	95%	83%	80%	74%	87%
Disponibilidad Excavadoras	73%	74%	90%	74%	72%	75%	80%	91%	76%	78%
Disponibilidad Tractores	75%	51%	51%	58%	79%	51%	41%	48%	36%	54%
Disponibilidad Perforadores	100%	74%	75%	90%	96%	71%	55%	67%	53%	76%
<b>Disponibilidad Promedio %</b>										<b>73%</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Disponibilidad de flota.



Fuente: Autor.

La disponibilidad de la flota para los equipos de la cantera Nobsa presenta el comportamiento en promedio del 73% desde el mes de enero hasta el mes de septiembre del 2019. Este indicador es el producto de la gestión de mantenimiento implementada y trabajada en los últimos años.

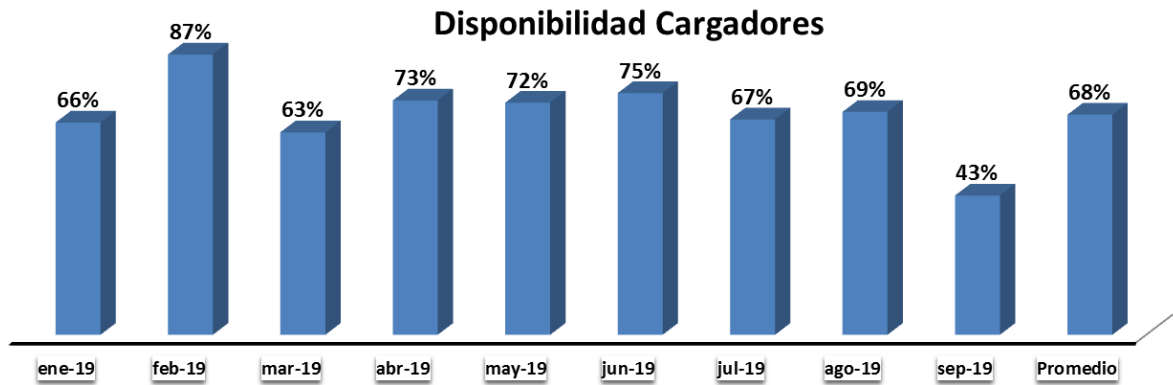
Directamente este indicador de mantenimiento está dado por las intervenciones de mantenimientos correctivos no planificados. Estas intervenciones conlleva a que

los equipos requieran de un elevado tiempo en mantenimiento ya que la mayor parte de componentes de remplazo requieren ser importados.

➤ Disponibilidad de cargadores.

La disponibilidad de los cargadores está determinada por un cargador Caterpillar 988H y cargador Volvo L350F. Los cuales han presentado el comportamiento de disponibilidad como se muestra en la figura 5, en el transcurso del año 2019.

Figura 5. Disponibilidad de cargadores.



Fuente: Autor.

El indicador de disponibilidad para los cargadores desde el mes de enero hasta el mes de septiembre en promedio fue del 68%. Este indicador está dado por las intervenciones por mantenimientos correctivos ejecutados por el área de automotores. En la tabla 14 se evidencia de forma detallad el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos por mes de tal forma que la sumatoria del indicador de disponibilidad más el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos es igual al 100%

Tabla 14 Mantenimientos correctivos cargadores

Mes	Descripción	Intervención por mtto. %	Intervención de mantenimiento por mes	Disponibilidad %
Enero	Descompresión en motor	18%	44%	66%
	Perdida de presión empaque culata	26%		
Febrero	Cambiar paneles de radiador	2%	13%	87%
	Mantenimiento diferencial	9%		
	Lavar equipo cargador	2%		

Tabla 14. (Continuación).

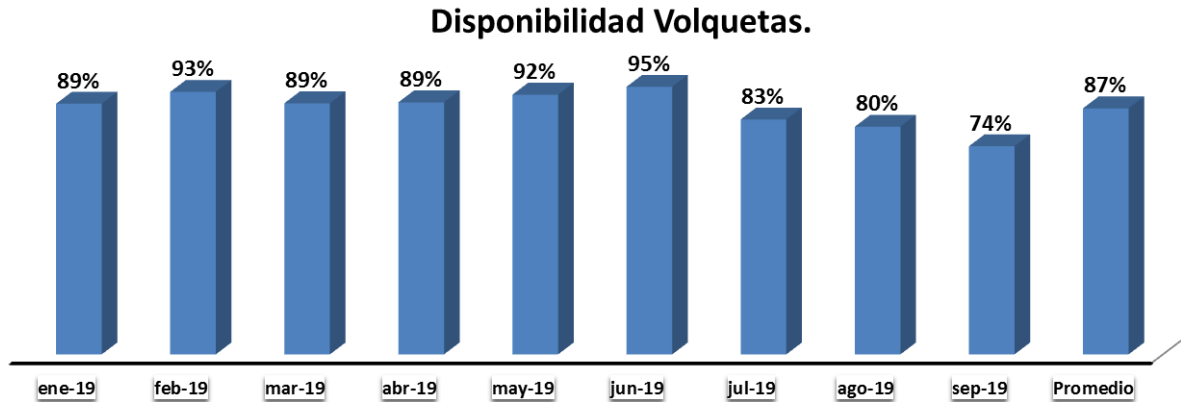
Mes	Descripción	Intervención por mto. %	Intervención de mantenimiento por mes	Disponibilidad %
Marzo	Evaluar estado estructural silla	2%	37%	63%
	Reparar diferencial trasero	24%		
	Evaluar casquetes cucharón	2%		
	Reparar diferencial etapa 2	9%		
Abril	Evaluar diferencial delantero	1%	27%	73%
	Maquinar soporte diferencial tras.	14%		
	Cambiar rodamientos mandos F.	9%		
	Evaluar desgaste casquetes cuchara	2%		
	Cambiar filtros	1%		
Mayo	Realizar cambio Aceite HD50	5%	28%	72%
	Cambiar switch 1083320 de luces	3%		
	Realizar rotación de llantas	4%		
	Revisar fuga aceite válvulas conv.	5%		
	Cambiar switch 108-3320	4%		
	Realizar cambio de refrigerante	3%		
	Reparar sistema limpia parabrisas	1%		
Cambiar sellos válvula alivio	3%			
Junio	Reparar limpia parabrisas	3%	25%	75%
	Reparar cardan delantero	12%		
	Cambiar switch luces 108-3320	4%		
	Evaluar perdida potencia	6%		
Julio	Revisar calefacción	2%	33%	67%
	Cambiar control calefacción 21190	3%		
	Arreglar soportes transmisión	6%		
	Cambio casquetes cuchillas balde	9%		
	Cambiar Segmentos cucharón	4%		
	Arreglar peldaño lado derecho	6%		
	Evaluar contaminación refrigerante	5%		
Agosto	Corregir fuga válvulas moduladoras	8%	31%	69%
	Cambiar segmentos de cucharón	7%		
	Cambiar reflector 8603 60W CAT	4%		
	Desgaste tornillo segmentos 5P882	3%		
	Reparar-Cambiar llanta	4%		
	Corregir fuga de aceite	5%		
Septiembre	Soldaduras en cucharón	24%	57%	43%
	Corregir fuga cilindro de levante	16%		
	Cambio de bomba de transferencia	17%		

Fuente: Autor

➤ Disponibilidad de Volquetas

La disponibilidad de las volquetas está determinada por cuatro volquetas Caterpillar 773F, una volqueta Caterpillar 772G, un volqueta Caterpillar 769D y una volqueta Caterpillar 730. Las cuales han presentado el comportamiento como se muestra en la figura 6, en el transcurso del año 2019.

Figura 6. Disponibilidad de volquetas.



Fuente: Autor.

El indicador de disponibilidad para las volquetas desde el mes de enero hasta el mes de septiembre en promedio fue del 87%. Este indicador está dado por las intervenciones por mantenimientos correctivos ejecutados por el área de automotores. En la tabla 15 se evidencia de forma detallad el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos por mes de tal forma que la sumatoria del indicador de disponibilidad más el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos es igual al 100%

Tabla 15 Mantenimiento correctivo volquetas.

Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mtto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Enero	Cambiar lámparas de reversa	1%	11%	89%
	Cambiar bomba de levante 2373960	3%		
	Evaluar desgaste en frenos	1%		
	Evaluar desgaste rotulas pasadores	1%		
	Evaluar presión bomba transmisión	2%		
	Fuga de refrigerante por tapa	3%		

Tabla 15. (Continuación)

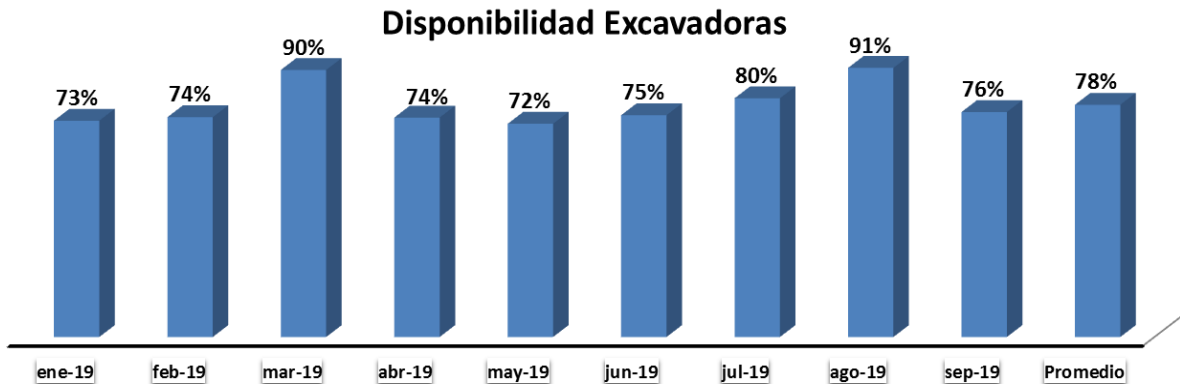
Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mtto. %	Sumatoria afectación disponibilidad ad por mes	Disponibilidad %
Febrero	fuga de aceite manguera carga	1%	7%	93%
	Cambiar compresor	4%		
	Soldar protector volcó LD	2%		
Marzo	Cambiar reflector 8902 de 90W	2%	11%	89%
	Cambiar componente Convertidor	3%		
	Revisar enfriador de hidráulico	2%		
	Cambiar componentes motor	2%		
	Cambiar sensor pedal freno	2%		
Abril	Realizar cambio de transmisión	5%	11%	89%
	Evaluar vibración en motor	2%		
	Corregir fugas sist. hidráulico	2%		
	Evaluar diferencial contaminado	1%		
	Cambiar filtros de combustible	1%		
Mayo	Revisar sensor de luz de freno	1%	8%	92%
	Realizar cambio refrigerante	2%		
	Soldaduras volcó	5%		
Junio	Cambiar tapones 1656170	2%	5%	95%
	Cambiar filtros	1%		
	Cambiar tubo exosto	1%		
	Revisar luces de freno	1%		
julio	Cambiar aro de seguridad llanta	2%	17%	83%
	Rotación de llantas	6%		
	Cambiar sello de llanta 3D 2958	1%		
	Recargar cilindros de suspensión	5%		
	Reparar Pasarela ingreso cabina	3%		
Agosto	Revisar suspensión (golpe)	2%	20%	80%
	Evaluar golpeteo fuerte en volco	4%		
	Realizar cambio filtro AC cabina	1%		
	Instalar abrazadera acumuladores	6%		
	Corregir fuga control hidráulico	7%		
Septiembre	Reparar fisuras volco	4%	26%	74%
	Cambio puntera LD	5%		
	Rotar llantas	5%		
	Recargar cilindros de suspensión	7%		
	Reparar visor nivel refrigerante	2%		
	Corregir fuga cilindro levante	3%		

Fuente: Autor.

➤ Disponibilidad de Excavadoras

La disponibilidad de las excavadoras está determinada por una excavadora Caterpillar 345CL, una excavadora Caterpillar 374DL, una excavadora Caterpillar 324D y una excavadora Caterpillar 349D2L. Las cuales han presentado el comportamiento como se muestra en la figura 7, en el transcurso del año 2019.

Figura 7. Disponibilidad de excavadoras



Fuente: Autor.

El indicador de disponibilidad para las excavadoras desde el mes de enero hasta el mes de septiembre en promedio fue del 78%. Este indicador está dado por las intervenciones por mantenimientos correctivos ejecutados por el área de automotores. En la tabla 16 se evidencia de forma detallada el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos por mes de tal forma que la sumatoria del indicador de disponibilidad más el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos es igual al 100%

Tabla 16 Mantenimiento correctivos excavadoras.

Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mtto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Enero	Fuga línea de calefacción 5P 0767	5%	27%	73%
	Perdida presión manguera 2299121	2%		
	Repara motor de arranque	4%		
	Desgaste dientes balde	4%		
	Corregir fugas de aceite	12%		

Tabla 16. (Continuación).

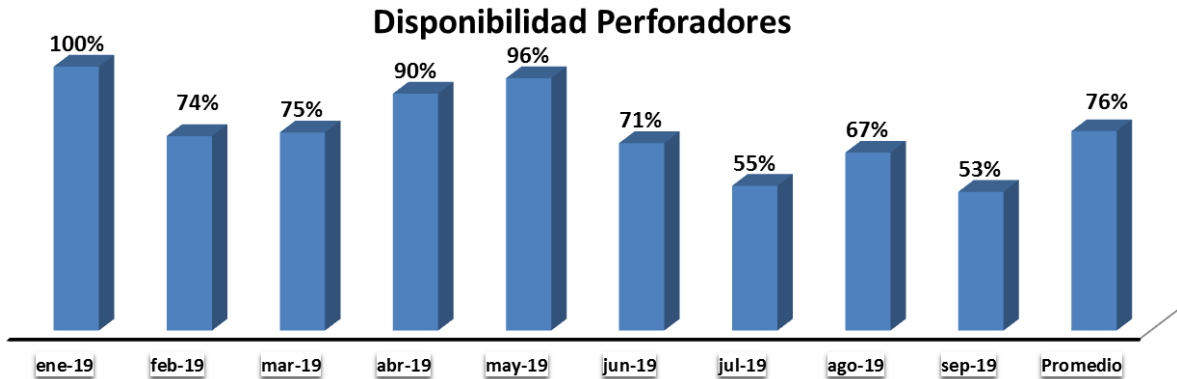
Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Febrero	fuga de aceite por manguera	2%	26%	74%
	Realizar cambio de casquetes Balde	4%		
	Evaluar cambio de punta martillo	1%		
	Cambiar punta de martillo	3%		
	Cambiar mangueras piloto	5%		
	Cambiar manguera 0SQ062663	2%		
	Fabricar arandelas de ajuste	4%		
	Revisar carga de aire acondicionado	2%		
Lavar equipo y evaluación gral.	3%			
Marzo	Corregir fuga manguera martillo	1%	10%	90%
	Asegurar manguera de martillo	1%		
	Reemplazar tornillos sprocket	3%		
	Cambio de herramienta	2%		
	Cambiar tornillos sprocket	1%		
	Corregir juego en joystick	1%		
	Cambiar manguera 2048478	1%		
Abril	Evaluar fuga Aceite e H. enfriador	3%	26%	74%
	Cambiar radiador hidráulico 2813514	11%		
	Cambiar diafragma 1850743	12%		
Mayo	Cambio adaptador central	5%	28%	72%
	Corregir fugas de aceite hidra	10%		
	Falta de potencia	13%		
Julio	Cambio mangueras sistema H.	3%	25%	75%
	Recuperación alojamientos Stick	7%		
	Recuperación de alojamientos Boom	6%		
	Reparar Joystick	9%		
Julio	Corregir fuga hid. mangueras piloto	3%	20%	80%
	Corregir fuga de combustible	4%		
	Corregir fuga aceite por manguera	2%		
	Cambio de motores de giro	9%		
	Cambio tornillos tapa carril	2%		
Agosto	Colocar ajustar tornillos Sprocket	3%	9%	91%
	Corregir fuga aceite	3%		
	Cambiar PIN Reten 185 0713	3%		
Septiembre	Cambio de rodillos	11%	24%	76%
	Cambio de zapatas	12%		
	Cambio Aceite mandos finales	1%		

Fuente: Autor.

➤ Disponibilidad de perforadores

La disponibilidad de los perforadores está determinada por un perforador Sandvick DP1100i y un perforador Tam / Rock Ranger 700-2 los cuales han presentado el comportamiento como se muestra en la figura 8, en el transcurso del año 2019.

Figura 8. Disponibilidad de perforadores



Fuente: Autor.

El indicador de disponibilidad para los perforadores desde el mes de enero hasta el mes de septiembre en promedio fue del 76%. Este indicador está dado por las intervenciones por mantenimientos correctivos ejecutados por el área de automotores. En la tabla 17 se evidencia de forma detallada el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos por mes de tal forma que la sumatoria del indicador de disponibilidad más el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos es igual al 100%

Tabla 17 Mantenimientos perforadores.

Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mtto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Enero	Se realizó Overhauill en diciembre	0%	0%	100%
Febrero	Cambiar cuchillas 551 643 03	12%	26%	74%
	Cambiar broca	6%		
	Fatiga Guía Guaya 55003492	7%		
Marzo	Evaluar aceite motor-combustible	2%	25%	75%
	Reparar arranque	4%		
	Cambiar LINK cadena	4%		
	Cambiar limpia parabrisas	3%		
	Desgaste de barras y cambio Shank	7%		

Tabla 17. (Continua).

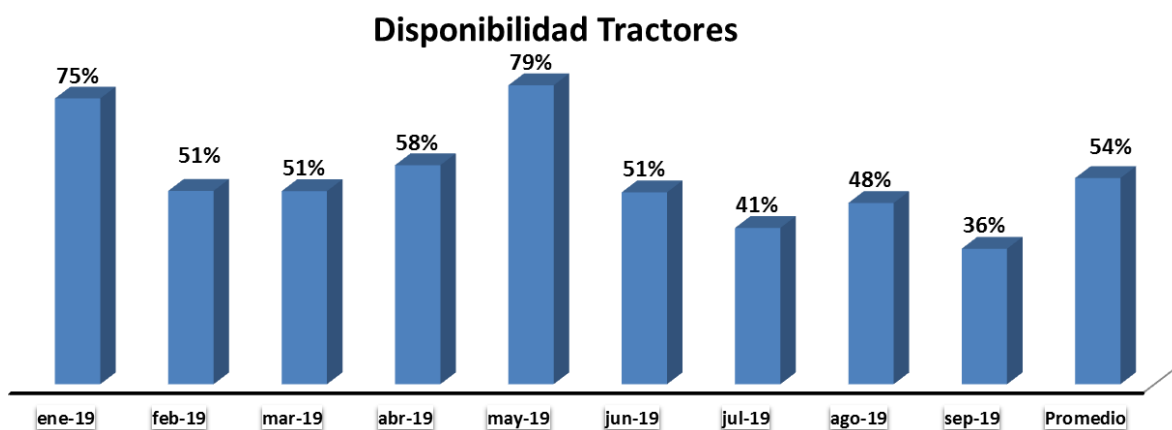
Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mtto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Abril	Ajustar plumillas 55164303	1%	10%	90%
	Cambiar filtros	1%		
	Cambiar shanck presenta desgaste	4%		
	Cambiar correa bomba del agua	2%		
	Corregir fuga aceite de motor	3%		
	Cambiar cable	2%		
Mayo	Corregir falla encendido del motor	2%	4%	96%
	Evaluar cambio en sarta de trabajo	1%		
	Realizar cambio de válvula	1%		
Junio	Cambiar barras y shank	4%	29%	71%
	Perdida de potencia	6%		
	Link de cadena traslación fisurado	5%		
	Cambiar turbo 3584923	9%		
	Cambiar manguera lubricación	3%		
Julio	Reparar bomba engrase de varillas	2%	45%	55%
	Reparar gobernador	11%		
	Cambiar válvula succión compresor	7%		
	Cambiar sensor temperatura	4%		
	Cambiar sensor nivel 55018882	9%		
	Corregir paso combustible	6%		
	Cambiar filtros	2%		
	Cambio de barras	5%		
Agosto	Cambiar Mangas de succión	6%	33%	67%
	Evaluar problemas al encendido	13%		
	Cambio de mordazas	11%		
	Corregir fuga manguera	3%		
Septiembre	Cambiar regulador de presión	15%	47%	53%
	Shanck con mucho desgaste	6%		
	Realizar cambio guayas de avance	16%		
	Cambiar barra N0.1	11%		

Fuente: Autor

➤ Disponibilidad de Tractores

La disponibilidad de los tractores está determinada por un tractor Caterpillar D9N y un tractor Caterpillar D9R los cuales han presentado el comportamiento como se evidencia en la figura 9, en el transcurso del año 2019.

Figura 9. Disponibilidad de tractores



Fuente: Autor.

El indicador de disponibilidad para los tractores desde el mes de enero hasta el mes de septiembre en promedio fue del 54%. Este indicador está dado por las intervenciones por mantenimientos correctivos ejecutados por el área de automotores. En la tabla 18 se evidencia de forma detallada el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos por mes de tal forma que la sumatoria del indicador de disponibilidad más el porcentaje de intervenciones por mantenimientos correctivos es igual al 100%

Tabla 18 Mantenimientos correctivos tractores

Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Enero	Corregir fisuras en hoja topadora	7%	25%	75%
	Revisar carriles y cadena	1%		
	Lubricar barra estabilizadora	5%		
	Colocar tapas de carril faltantes	7%		
	Evaluar fuga cilindro ecualizador	6%		
Febrero	Cambiar manguera de transmisión	5%	49%	51%
	Cambio cadenas traslación	24%		
	Cambiar KIT sellos 2456835	12%		
	Revisar aire acondicionado	8%		

Tabla 18. (Continua).

Mes	Descripción	Afectación disponibilidad por mto. %	Sumatoria afectación disponibilidad por mes	Disponibilidad %
Marzo	Cambiar tornillos tapa carril	21%	49%	51%
	Cambiar rodillos	16%		
	Cambiar carriles desgastados	12%		
Abril	Cambiar tornillos master	5%	42%	58%
	Evaluar desgaste en hoja topadora	1%		
	Corregir fuga cilindro ecualización	36%		
Mayo	Corregir fuga refrigerante motor	7%	21%	79%
	Instalar tapa de carril	7%		
	Evaluar baja potencia de motor	5%		
	Corregir fuga cilindro ecualización	2%		
Junio	Perdida de potencia en equipo	26%	49%	51%
	Reparar rueda guía izquierda	19%		
	Bastidor delantero izquierdo fisurado	4%		
Julio	Reparación ripper	51%	59%	41%
	Cambio de filtros de combustible	1%		
	Realizar cambio de filtros	1%		
	Corregir fuga aceite cilindro levante	6%		
Agosto	Cambio tren de rodaje	42%	52%	48%
	Corregir fisura base esquinera LD	5%		
	Switch limpia parabrisas fallando	5%		
Septiembre	Daño en caño rueda tensora	56%	64%	36%
	corregir fuga de aceite transmisión	5%		
	Cambiar filtro 513-4490	3%		

Fuente: Autor.

**7.4.2 Indicador de Mantenibilidad.** El indicador de mantenibilidad es la expectativa que se tiene de que un equipo pueda ser colocado en condiciones de operación en un periodo de tiempo determinado. La Mantenibilidad de la flota de equipos móviles de la cantera Nobsa dado en horas presenta el comportamiento como se evidencia en la tabla 19 desde el mes de enero hasta el mes septiembre del año 2019.

Tabla 19 Mantenibilidad de flota

MANTENIBILIDAD AÑO 2019											
N°	Equipo	AÑO 2019									Prom
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
1	Cargador Caterpillar 988H SN BXY01099	108	20	47	35	15	33	26	27	32	39
2	Cargador Volvo L350F	11	7	14	11	26	12	18	11	15	14
3	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00407	15	7	6	4	8	3	18	0	6	8
4	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00408	5	6	6	6	33	5	8	30	12	12
5	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00618	3	5	6	152	5	72	10	6	30	32
6	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00619	14	8	34	20	24	31	13	36	23	23
7	Volqueta Caterpillar 730 Articulated S/N00730E81M03424	0	41	18	10	60	0	96	138	13	45
8	191-435 - 769D Haultruck S/N BBB000120	67	40	102	28	6	9	23	120	16	49
9	Volqueta Caterpillar 772G	0	16	18	5	6	16	12	6	9	10
10	Exacavadora caterpillar 349D GAX10011	2	6	0	5	5	10	20	10	21	7
11	Exacavadora caterpillar 324CL - S/N TAJ00331	48	32	13	60	93	99	90	18	32	57
12	Exacavadora caterpillar 374D S/N CPAS00955	24	296	9	15	87	10	12	21	45	59
13	Exacavadora caterpillar 345D S/N DKT2D00293	19	16	33	63	9	120	23	15	35	37
14	Tractor Caterpillar D9N S/N 1JD02668	57	312	342	324	20	252	348	348	19	250
15	Tarcator Caterpillar D9R S/N WDM00896	1	29	36	41	10	54	12	0	29	23
16	Perforadores Tamrock Ranger 700	0	64	13	21	0	33	27	30	35	24
17	Perforadores SANDVIK DP1100i Drill S/N 38654	0	16	102	12	3	54	75	31	26	37
<b>MANTENIBILIDAD DE LA FLOTA</b>											<b>43</b>

Fuente: Autor.

La mantenibilidad de la flota de los equipos destinados a los procesos de explotación, cargue y transporte de materias primas en promedio es de 43 horas, este tiempo promedio de mantenibilidad es elevado debido a que los mantenimientos correctivos no planificados requieren de la importación de componentes por la referencia y tipos de equipos con que cuenta la planta.

**7.4.3 Indicador de Fiabilidad.** El indicador de fiabilidad es la expectativa que se tiene de que un equipo funcione correctamente es decir sobreviva sin fallar durante un determinado tiempo, La fiabilidad de la flota de equipos móviles de la cantera Nobsa dado en horas presenta el comportamiento como se evidencia en la tabla 20. desde el mes de enero hasta septiembre del año 2019.

Tabla 20. Fiabilidad de flota

N°	Equipo	AÑO 2019									Prom
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
1	Cargador Caterpillar 988H SN BXY01099	35	46	0	30	29	49	17	27	24	29
2	Cargador Volvo L350F	101	122	125	141	74	84	115	11	102	97
3	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00407	40	134	221	137	93	418	204	0	46	156
4	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00408	92	191	108	201	196	138	78	30	74	129
5	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00618	215	220	106	178	134	309	75	6	126	155
6	Volqueta Caterpillar 773F S/N EED00619	49	112	61	46	180	104	42	36	165	79
7	Volqueta Caterpillar 730 Articulated S/N00730E81M03424	134	130	124	20	40	90	16	138	43	86
8	191-435 - 769D Haultruck S/N BBB000120	6	27	112	56	102	13	128	120	64	70
9	Volqueta Caterpillar 772G	456	413	419	201	430	228	148	6	201	287
10	Exacavadora caterpillar 349D GAX10011	88	396	376	96	109	124	69	10	159	159
11	Exacavadora caterpillar 324CL - S/N TAJ00331	149	135	125	53	68	33	85	18	67	83
12	Exacavadora caterpillar 374D S/N CPAS00955	32	120	103	200	62	192	381	21	86	139
13	Exacavadora caterpillar 345D S/N DKT2D00293	38	145	47	7	62	74	29	15	24	52
14	Tractor Caterpillar D9N S/N 1JD02668	22	0	0	19	40	92	0	348	156	65
15	Tarcator Caterpillar D9R S/N WDM00896	31	273	296	89	43	100	168	0	125	125
16	Perforadores Tamrock Ranger 700	0	19	37	43	126	51	27	30	84	42
17	Perforadores SANDVIK DP1100i Drill S/N 38654	209	157	150	223	30	156	58	31	65	127
<b>FIABILIDAD DE LA FLOTA (Horas)</b>											<b>111</b>

Fuente: Autor.

La fiabilidad para los equipos de la cantera Nobsa es de 111 horas, tiempo promedio en el que los equipos se encuentran en condiciones óptimas de operación. Este tiempo promedio es bajo debido a que los equipos cuentan con elevadas horas de trabajo y sumado a las condiciones drásticas de trabajo y la incorrecta gestión de mantenimiento los equipos estén sometidos a sufrir de fallas no planificadas teniendo como resultado que los equipos no sean ciento por ciento fiables.

## 8. RESULTADOS GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVA

La gestión de mantenimiento que se realiza surge como necesidad del área de automotores, para el mantenimiento de 17 equipos de tipo pesado involucrado en los procesos de extracción de materias primas en la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim. Los problemas con los que cuenta el área de automotores fueron procesados por medio de un análisis FODA el cual fue desarrollado con la participación de personal administrativo y técnico perteneciente en el área de automotores.

Cabe aclarar que el modelo de mantenimiento empleado para obtener una mejor gestión de mantenimiento la cual logre mejorar indicadores de mantenimiento y tener control directo en temas de costos, tiempos, personal, insumos entre otros, tiene como base y fundamento experiencias y metodologías aplicadas en plantas Holcim tanto a nivel nacional como internacional.

### 8.1 CREACIÓN DE PERFILES SAP

La creación y organización de perfiles en SAP se realiza con la finalidad de asignar responsabilidades al personal perteneciente al área de automotores de forma que se pueda completar una correcta estructuración del mantenimiento de acuerdo a los puestos de trabajo.

Los perfiles de trabajo que se establecieron deben estar estructurados de la forma como se evidencia en la figura 10.

Figura 10. Perfiles de trabajo



Fuente: Autor.

La información detallada de las funciones y de los accesos que cada perfil tiene en SAP se evidencia en la tabla 21.

Tabla 21 Perfiles en SAP

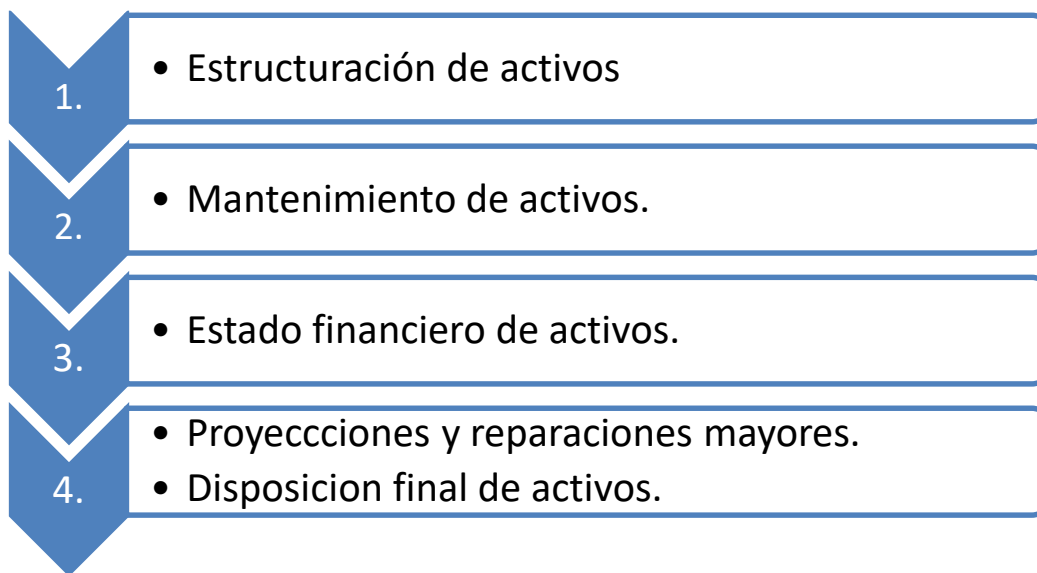
PERFIL	PUESTO	FUNCIONES	TRANSACCIONES EN SAP
<b>1. GERENTE</b>	Jefe de Mantenimiento	Creación de avisos de mantenimiento	IH01: Visualizar estructura de ubicaciones técnicas
		Modificación de avisos	IW32: Modificar órdenes de mantenimiento
		Notificación de órdenes de trabajo	IW41: Notificación y cierre de orden de trabajo
		Gestión de repuestos	MD04: Codificación de componentes
		Solicitud de pedido	M252N: Crear Solped
		Notificación de orden de trabajo	IW41: Notificar tiempos de mantenimiento
<b>2. PLANIFICADOR</b>	Planificador de Mantenimiento	Creación de aviso	IH01: Visualizar estructura de ubicaciones técnicas
		Creación de orden de trabajo	IW31: Creación de órdenes de mantenimiento
		Actualización de orden de trabajo	IW32: Modificar órdenes de mantenimiento
		Creación de ubicación técnica	IL01: Crear ubicación técnica
		Establecer estrategias de mantenimiento	IE01: Creación de avisos
			IP01 - IP41 - IP42 - IP43: Creación planes de mantenimiento
			IP10: Programación de planes de mantenimiento
		Creación de equipo y sub-equipo	IE01: Crear equipo
		Creación de hoja de ruta	IA05: Crear lista de tarea de instrucción general
Creación de plan de mantenimiento	IP42: Crear plan de mantenimiento		
Programar plan de mantenimiento	IP10: Programar plan de mantenimiento		
<b>3. PROGRAMADOR</b>	Asistente de Planificador de Mantenimiento	Creación de aviso	IH01: Visualizar estructura de ubicaciones técnicas
		Actualización de orden de trabajo	IW32: Modificar órdenes de mantenimiento
		Programar orden de trabajo	CM25: Programar órdenes de trabajo
		Modificación de capacidad	CR12: Modificar capacidad
<b>4. SUPERVISOR</b>	Supervisor de mantenimiento	Cierre técnico y comercial de ordenes	IW41: Notificación de órdenes de trabajo
		Actualización de datos	IW28-IW29 Modificación y visualización masiva de avisos de avería
		Actualización de datos	IW38- IW39 Modificación y visualización masiva de órdenes de trabajo.
		Asignación de componentes	MD04: Lista necesidades de stock
<b>5. MANTENEDOR</b>	Personal técnico: mecánicos, eléctricos y lubricadores	Creación de aviso	IH01: Visualizar estructura de ubicaciones técnicas

Fuente. Autor.

Después de tener identificados y establecidos los puestos de trabajo en SAP se plantea un modelo de gestión el cual permite tener estandarizados los procesos de mantenimiento para el ciclo de vida que tenga cada activo.

Por lo tanto se propuso agrupar los procesos en cuatro etapas como se evidencia en la figura 11.

Figura 11. Procesos gestión de mantenimiento



Fuente: Autor.

## 8.2 ESTRUCTURACIÓN DE ACTIVOS

La primera etapa está relacionada con las actividades que se deben ejecutar cuando se cuente con un activo el cual tenga relación con los procesos de extracción de materias primas en la cantera Nobsa.

La finalidad es lograr una estandarización y simplificación en equipos similares a fin de no tener variaciones de gran magnitud en equipos equivalentes que se encuentran sometidos a condiciones iguales de trabajo. Para esto se deberá en primer lugar crear la codificación HAC del equipo de forma que se identifique el proceso o subproceso que desarrolla, una vez codificado el activo se deberá establecer la estrategia de mantenimiento a desarrollar creando las hojas de ruta de forma estandarizada y poder empezar a tener un historial de mantenimiento quedado asignado a la ubicación técnica.

### 8.3 IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

La cantera Nobsa cuenta con 17 equipos destinados a los procesos de perforación, remoción, cargue y transporte de materias primas. Para el proceso de identificación de equipos se realizó el levantamiento del estado actual de cada equipo y se identificaron las fallas que requieren pronta intervención por parte del área de automotores.




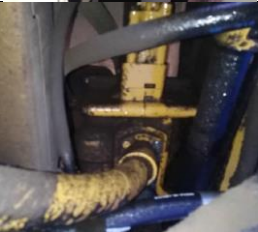
Esta identificación de fallas se hace con la finalidad de dar mayor control a los mantenimientos correctivos que no son planificados y permitir que los mantenimientos preventivos que se ejecuten garanticen el correcto funcionamiento en los procesos de la cantera Nobsa. A continuación se muestra la identificación del estado actual del en la figura 12 y la tabla 22 del camión minero Caterpillar 773F con codificación interna No.191-4K1. Para el levantamiento del estado actual del resto de la flota véase el anexo A, B, C, D, E.

Figura 12. Volqueta Caterpillar 773F



Fuente: Autor.

Tabla 22 Estado actual volqueta No.191-4k1

N°	Descripción	Evidencia	N°	Descripción	Evidencia
1.	Fuga motor de dirección secundaria.		7	Línea de transmisión con fuga	
2.	Fuga sistema de dirección.		8	Control hidráulico de levante con fuga excesiva.	

3	Evidencia fuga cilindro de levante.		9	Sello cilindro de dirección en mal estado.	
4	Sello de suspensión delantera en mal estado.		10	Sistema eléctrico en mal estado	
5	Tapa tanque de combustible en mal estado.		11	Sensor de nivel de combustible obstruido.	
6	Fuga tanque sistema hidráulico.		12	Selector de marchas en mal estado	

Fuente: Autor.



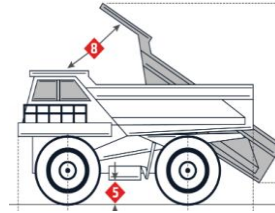
**8.3.1 Camiones mineros.** Los camiones mineros o volquetas son equipos de trabajo de gran movilidad los cuales son utilizados para el cargue de material a través de un platón. Estos equipos están formados por un chasis y en él se encuentra soportada la cabina cubierta, el chasis se desplaza sobre un sistema de seis neumáticos de igual diámetro los cuales se encuentren repartidos equitativamente a los lados. Para la elevación del platón es utilizado un sistema hidráulico de elevada presión.

Con la identificación de equipos se crean las fichas técnicas correspondientes a cada equipo en la cual se especifican las características más importantes de los componentes y subcomponentes como motor, transmisión, convertidor, sistema hidráulico, capacidades de llenado entre otros.

La ficha técnica se convierte en documento fundamental para la ejecución de mantenimientos ya que se logra la identificación de capacidades de llenado de fluidos igualmente que las dimensiones y pesos que deben ser considerados cuando se requiere que los equipos sean trasladados en cama baja hasta el punto de en donde el personal técnico interviene el equipo.

La cantera Nobsa dispone de siete volquetas para el transporte de materias primas entre ellas está la volqueta Caterpillar 773F con referencia interna No. 191-4K1 y en la tabla 23 se muestra la ficha técnica correspondiente. Véase en el anexo F las fichas técnicas de los equipos de la cantera Nobsa.

Tabla 23 Ficha técnica Volqueta 773F (No.191-4k1)

		<b>HOLCIM (COLOMBIA) S.A. LAFARGEHOLCIM</b>					
		<b>FICHA TECNICA EQUIPO MOVIL</b>					
Código:	A.AC-04.01.F.02	Versión:	3	Fecha	24/06/2019		
Nombre del Equipo:	Volqueta						
Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	773F				
Serie n/s:	EED00407	Ubicación:	Cantera Nobsa				
Planta	NO. (Nobsa)	Costo de remplazo (USD):	930000 USD				
Tecnología	ACERT	Valor de compra (USD):					
Horómetro		Placa de Inventario:	NO.191-4K1				
A cargo de:	Gerencia materias primas- Automotores						
<b>Datos Técnicos</b>							
<b>Motor</b>		<b>Vertedera</b>		<b>Peso</b>		<b>Dimensiones</b>	
Modelo de motor	C27 ACERT	Carga útil nominal	54431.1 kg	Peso Bruto	100698 kg	Longitud total	10334 mm
Potencia efectiva	524 kW	Capacidad de carga al ras del	25.9 m3	Peso frontal sin carga	51%	Anchura total	5425 mm
Potencia medida en	1800 RPM.	Capacidad de carga colmado	35.1 m3	Peso trasero sin carga	49%	Altura de galibo	4435 mm
Aspiración	Turboalimentación	Ángulo de descarga	60 grados	Peso frontal con	35%	Eje de ruedas	4215 mm
Cilindrada	27 L	Tiempo de elevación	9.5 seg	Peso trasero con	65%	Despeje sobre el suelo	777 mm
<b>Transmisión</b>		Tiempo de bajada	12.5 seg	Peso sin carga	44594 kg	Altura de descarga	9261 mm
Tipo de transmisión	Bomba de engranes	<b>Capacidades de llenado</b>		Par de giro	73,4 kN·m	Despeje suelo descarga	626 mm
Número de marchas adelante	7	Deposito de combustible	700 l				
Número de marchas atrás	1	Sistema de refrigeración	175 l				
Velocidad máxima	67.5 km/h	Aceite de motor	72 l				
<b>Neumatico</b>		Transmisión diferencial y F.	155 l				
Tamaño neumático	24.00R35	Sistema dirección	60 l				
		Sistema frenos/elevador	307 l				
		Tanque hidráulico	72 l				

Fuente: Autor.

**8.3.2 Excavadoras.** Las excavadoras son máquinas empleadas para el movimiento de materias primas, constan de un chasis rígido, con cabina cubierta desde donde se opera el sistema de control electrónico que administra el motor y el sistema hidráulico que permite el funcionamiento de la cuchara. Las excavadoras son equipos autopropulsados es decir tienen la capacidad de desplazaren de un lado a otro. El equipo está diseñado para ser operado por una sola persona en cabina.

Las excavadoras tienen la capacidad de girar 360°, estos equipos están montados en un sistema de transporte de orugas o neumáticos. Estos equipos tienen la capacidad de excavar terrenos, elevar, girar, cargar y descargar materiales por medio de la cuchara que tiene implementada en la punta formada por una pluma y un brazo.

La cantera Nobsa dispone de cuatro excavadoras para el cargue de materias primas. Véase en el anexo F las fichas técnicas.

**8.3.3 Cargadores.** Los cargadores son equipos de trabajo de gran movilidad que son utilizados para el cargue de material granular a través de una pala. Estos cargadores constan de un chasis con cabina cubierta al igual que cuenta con un sistema hidráulico para la elevación de la cuchara. El chasis se desplaza sobre un sistema de cuatro neumáticos de igual diámetro repartidos equitativamente a los lados. Estos equipos están diseñados para ser operados por una sola persona en cabina y es controlado con palancas universales que requieren poco esfuerzo.

La cantera Nobsa dispone de dos cargadores para el cargue y conformación de materias primas. Véase en el anexo F las fichas técnicas.

**8.3.4 Perforadores.** Los perforadores Tamrock 700-2 y Sandvik D1100i son plataformas de perforación equipadas con una cabina y un cambiador de varilla. Se ajusta perfectamente para la perforación de producción en grandes canteras o minas a cielo abierto y las obras de construcción. Cuenta con un sistema hidráulico para los procesos de perforación. El chasis se desplaza sobre un sistema de orugas repartidas equitativamente a los lados.

La cantera Nobsa dispone dos perforadores para la elaboración de barrenos. Véase en el anexo F las fichas técnicas.

**8.3.5 Tractores.** El tractor D9N y D9R de Caterpillar son grandes máquinas de tipo tractores diseñados y fabricados por Caterpillar Inc. Por lo general se venden como bulldozer equipado con una gran cuchilla desmontable y un accesorio ripper trasero. Los equipos mide de largo 8,21 metros, de alto (hasta la parte superior de la cabina) 4 metros y de ancho 3,4 metros.

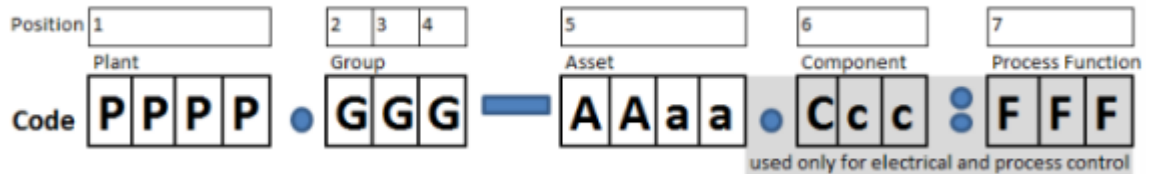
La cantera Nobsa dispone dos tractores para la conformación de materias primas. Véase en anexo F las fichas técnicas.

## 8.4 UBICACIÓN TÉCNICA

Es una estructura organizativa de forma jerárquica en varios niveles de los objetos de mantenimiento de una empresa. Es decir que con la ubicación técnica se puede saber el lugar del activo dentro de la empresa debido a que los activos son codificados con criterios funcionales según la tarea que realizan en el proceso.

La estructura y composición de activos está conformada por un código alfanumérico y estructurado de la siguiente forma:

Figura 13. Estructura de codificación activos



Fuente: Sistema de codificación de activos para LH plantas, marzo 2016, 7 p.

En donde:

**PPPP:** Código de la planta.

**GGG:** Código de grupo que consta de 3 dígitos, G2 (Centro de costos), G3 (Sub proceso) y G4 (Línea).

**AAaa:** Activo, que consiste en el código de la unidad del activo (AA) y secuencial.

**Ccc:** Código de componentes (usado solo para control eléctrico y de procesos)

**FFF:** Código de función en el proceso. (Usado solo para control eléctrico y de procesos)

Por lo tanto las ubicaciones correspondientes se evidencian en la tabla 24.

Tabla 24 Ubicaciones técnicas

EQUIPOS CANTERA NOBSA		
ITEM	ACTIVO FÍSICO	UBICACIÓN TÉCNICA.
1	Cargador Caterpillar 988H	NO.191-426
2	Cargador volvo L350F	NO.191-427
3	Volqueta Caterpillar 773F	NO.191-4K1
4	Volqueta Caterpillar 773F	NO.191-4K2

5	Volqueta Caterpillar 773F	NO.191-4K3
6	Volqueta Caterpillar 773F	NO.191-4K4
7	Volqueta Caterpillar 730	NO.191-4K5
8	Volqueta Caterpillar 772G	NO.191-4K6
9	Volqueta Caterpillar 769D	NO.191-435
10	Excavadora Caterpillar 345C	NO.111-4B1
11	Excavadora Caterpillar 374	NO.111-4B2
12	Excavadora Caterpillar 324	NO.111-4B3
13	Excavadora Caterpillar 349	NO.111-4B4
14	Perforador Tamrock 700-2	NO.111-445
15	Perforador sandvick DP100i	NO.111-446
16	Tractor Caterpillar D9N	NO.111-415
17	Tractor Caterpillar D9R	NO.111-4D1

Fuente: Autor.

## 8.5 EQUIPO.

En el módulo de mantenimiento PM de SAP se debe representar todo los activos físicos que hacen parte de ubicaciones técnicas con una identificación numérica. Para lograr la representación de cada uno de los equipos se registraron de forma independiente con la finalidad de poder cargar el registro de costos e historial de mantenimiento y poder establecer un plan de mantenimiento estratégico basado en frecuencia de tiempos fijos.

Con el número de equipo se determina el equipo que requiere intervención por parte de mantenimiento, de tal forma el número de equipo es un campo obligatorio para la creación de avisos y ordenes de mantenimiento. Cabe aclarar que una ubicación técnica puede estar determinada por varios números de equipos los cuales hacen referencia a sistemas y subsistemas de cada uno de los activos.

En la tabla 25 se detalla el número de equipos por cada ubicación técnica

Tabla 25 Número de equipo

EQUIPOS CANTERA NOBSA		
Ítem	Activo físico	N° Equipo
1	Cargador Caterpillar 988H	10108961
2	Cargador volvo L350F	10178197
3	Volqueta Caterpillar 773F	10111147
4	Volqueta Caterpillar 773F	10111148
5	Volqueta Caterpillar 773F	10118305
6	Volqueta Caterpillar 773F	10118306
7	Volqueta Caterpillar 730	10165914

Tabla 25. (Continua).

EQUIPOS CANTERA NOBSA		
Ítem	Activo físico	N° Equipo
8	Volqueta Caterpillar 772G	10184069
9	Volqueta Caterpillar 769D	10040312
10	Excavadora Caterpillar 345C	10118307
11	Excavadora Caterpillar 374	10163102
12	Excavadora Caterpillar 324	10165913
13	Excavadora Caterpillar 349	10182961
14	Perforador Tamrock 700-2	10098456
15	Perforador sandvick DP100i	10165915
16	Tractor Caterpillar D9N	10041953
17	Tractor Caterpillar D9R	10112164

Fuente: Autor.

En la hoja de ruta se debe detallar los trabajos a desarrollar especificando un breve paso a paso con el fin de ir creando procedimientos de mantenimiento estándar. Además de relacionar componentes, personal y tiempo.

## 8.6 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Para generar una gestión de mantenimiento que se adapte a las necesidades y a la las condiciones fue necesario realizar la estandarización de los procesos y actividades que se requieren para ejecutar en cada rutina de mantenimiento.

Los procedimientos que se identificaron para cada equipo de la cantera Nobsa fueron relacionados en las hojas de ruta, a través de textos modelos con la transacción CA10 esto permite dar seguimiento riguroso en los componentes empleados y poder identificar el costo referente a cada actividad de mantenimiento.

Los procedimientos identificados para cada rutina de mantenimiento parten de las recomendaciones de los fabricantes de las marcas Caterpillar, Volvo, Sandvick, Tam Rock. Los procedimientos fueron modificados y adaptados en base a los históricos de mantenimiento de cada equipo y por la experiencia del personal del área de automotores (mecánicos, electricistas, lubricadores). La descripción paso a paso de cada actividad de mantenimiento permite que se logre dar inicio en la estandarización de procedimientos SOP (Procedimientos de operación segura).

A continuación se muestra la identificación de las actividades de mantenimiento para los camiones Caterpillar 773F:

### 8.6.1 Mantenimiento preventivo 250 horas (PM1).

#### ➤ Cambie el aceite y filtro de motor.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal que se encuentre nivelada y asegúrese de que el control de la transmisión esté en la posición PARK. Para realizar el cambio de aceite este debe estar caliente y el motor se debe encontrar parado.

- Ubique el interruptor de bloqueo del motor hacia la posición de arriba para activar y de esta forma active el bloqueo del motor.

- Abra la válvula de drenaje y desagüe el aceite en su totalidad.

- Cierre la válvula de desagüe y deseche los filtros usados.

**Nota:** Puede quedar residuos de aceite en las bases del filtro, por lo tanto asegúrese de limpiar y retire las empaquetaduras usadas.

- Agregue una película de aceite limpio para motor al sello nuevo de cada filtro.

- Instale los filtros sin usar la ayuda de herramientas.

- Apriete el filtro de forma que la superficie de sellado haga contacto con la base del filtro.

- Apriete todos los filtros según las instrucciones impresas en el filtro.

- Quite la tapa del tubo de llenado del aceite. Llene el cárter con aceite.

- Oprima el interruptor de desconexión del freno y dirección secundaria durante treinta segundos. Este interruptor activara manualmente la bomba de para llenar los filtros de aceite del motor.

- Arranque el motor y déjelo funcionar a baja velocidad en vacío durante un tiempo de cinco minutos. Inspeccione los nuevos filtros de aceite y verifique que no se presenten fugas de aceite. Si es el caso realice todas las reparaciones necesarias.

#### ➤ Reemplace el filtro primario del sistema de combustible.

**Nota:** Para el cambio de los filtros de combustible no agregue combustible antes de su instalación. Ya que el combustible puede que no esté filtrado y esto ocasiona desgaste en los componentes del motor.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y pare el motor. Asegúrese de que el control de la transmisión este en la posición de parqueo.

- Cierre la válvula de corte de combustible.

- Identifique la taza del separador de agua que se encuentra ubicada en la parte inferior del filtro primario de combustible. Proceda a abrir la válvula de drenaje y deje que el combustible y él se desagüen en un recipiente adecuado.

- Con la ayuda de una llave de cinta suelte el filtro.

- Retire la taza del separador de agua y limpie la taza del separador de agua.

- Lubrique el sello con combustible limpio. Instale un sello nuevo en la ranura de la taza del separador de agua.

- Instale la taza del separador de agua sin la ayuda de herramientas en el elemento del filtro nuevo.
- Lubrique el sello del elemento de filtro nuevo con combustible.
- Instale el filtro nuevo sin la ayuda de herramientas, asegúrese que el sello del filtro haga contacto con la base del filtro.
- Utilice las marcas indicativas de rotación que se encuentran impresas en el filtro de combustible y están espaciadas 90 grados o  $\frac{1}{4}$  de vuelta, para dar el apriete suficiente al filtro.
- Oprima la válvula de drenaje en la taza del separador de agua.
- Abra la válvula de corte de combustible y deje llenar los el filtro con combustible.
- Ceba el sistema y arranque el motor
- Verifique que no se encuentren fugas de combustible. Si es el caso realice las reparaciones necesarias.

➤ Reemplace el filtro secundario de combustible.

Nota: Para el cambio de los filtros de combustible no agregue combustible antes de su instalación. Ya que el combustible puede que no esté filtrado y esto ocasiona desgaste en los componentes del motor.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y pare el motor.
- Verifique que el control de la transmisión este en la posición PARK.
- Cierre la válvula de corte de combustible.
- Diríjase al filtro secundario de combustible que se encuentra ubicado en el lado derecho del motor.
- Retire los elementos de filtro de la base, usando una llave de cinta y deseche los filtros.
- Limpie la base de montaje del filtro. Asegúrese de quitar todo el sello usado del filtro.
- Monte los filtros nuevos con la mano y asegúrese que los filtros hagan contacto con la base del filtro. Apriete los elementos del filtro  $\frac{3}{4}$  de vuelta adicional, para esto utilice las marcas que se encuentran impresas en el filtro.
- Abra la válvula de cierre de combustible
- Ceba el sistema y arranque el motor
- Verifique que no se encuentren fugas de combustible. Si es el caso realice las reparaciones necesarias.

➤ Obtenga muestra de aceite del sistema hidráulico.

- Obtenga la muestra de aceite a través de la válvula para la toma de muestras que se encuentra ubicada en las tuberías del enfriador de aceite en la parte delantera derecha de la máquina.
- Asegúrese de tomar la muestra cuando el vehículo esté operando a baja velocidad en vacío.
- Envíe la muestra para análisis.

- Obtenga muestra de aceite de la transmisión.
  - Ubique la válvula de muestreo abriendo la puerta de acceso lateral derecha de la máquina.
  - Tome la muestra cuando el motor esté operando a bajas velocidades y en vacío.
  - Envíe la muestra para análisis.
  
- Obtenga muestra de aceite de motor
  - Obtenga la muestra de aceite de motor a través de la válvula para la toma de muestras que se encuentra ubicada en la tubería de aceite del lado izquierdo del motor. Tome la muestra cuando el motor esté operando a baja velocidad en vacío.
  - Envíe la muestra para análisis.

### **8.6.2 Mantenimiento preventivo 500 horas (PM2).**

- Obtenga muestra de aceite del diferencial y mando final izquierdo y derecho.
  - Para la toma de muestras de diferencial y mandos finales utilice una pistola de análisis en el tapón de llenado.
  - Introduzca la punta de la pistola de análisis y tome la muestra de aceite.
  - Envíe la muestra para el análisis
  
- Obtenga muestra de aceite de la rueda delantera izquierda y derecha.
  - Para la toma de muestras de aceite de la rueda delantera izquierda y derecha utilice una pistola de análisis en los tapones de llenado.
  - Introduzca la punta de la pistola de análisis y tome la muestra de aceite.
  - Envíe la muestra para el análisis.
  
- Obtenga muestra de aceite de dirección.
  - Consiga una muestra de aceite del sistema de dirección por medio de la válvula de toma de muestras. Para la toma de esta muestra de aceite cuando el motor debe estar operando a baja velocidad en vacío.
  - Envíe la muestra para análisis. Remplace

➤ Cambie el respiradero del tanque del sistema de levantamiento del volco y frenos.

- Ubique la máquina en una superficie nivelada y pare el motor. Asegúrese de que el control de la transmisión esté en la posición parqueo.
- Retire los pernos y la tapa del respiradero. Lave la tapa con un solvente limpio no inflamable.
- Retire el respiradero viejo y deseche adecuadamente el respiradero viejo.
- Instale un nuevo respiradero.
- Instale la cubierta limpia

➤ Cambie el respiradero del convertidor de par y transmisión.

- Ubique la máquina en una superficie nivelada y pare el motor.
- Ubique la maquina en una superficie nivelada y para el motor, asegúrese de que el control de la transmisión esté en la posición PARK.
- Retire el respiradero viejo y deseche adecuadamente el respiradero viejo.
- Instale un nuevo respiradero.

➤ Limpie el respiradero del cárter.

- El motor en esta máquina está equipado con dos respiradores de cárter. Un respiradero está en la tapa de la válvula en el lado derecho y otro en la tapa de la válvula en el lado izquierdo.
- Aparque la máquina en una superficie nivelada y pare el motor. Asegúrese de que el control de la transmisión esté en la posición PARK.
- Suelte las abrazaderas de las mangueras
- Retire las mangueras que conectan los respiradores.
- Retire los respiradores y lávelos en un solvente limpio no inflamable.
- Instale las mangueras y asegure las abrazaderas que sujetan las mangueras de los respiradores.

➤ Cambie el aceite de los mandos de dirección

- Ubique la rueda delantera de forma que el tapón de drenaje quede ubicado en la parte inferior.
- Ubique la maquina en una superficie de forma horizontal y apague el motor. Verifique de que al estacionar el control de la transmisión este en la posición PARK.
- Quite el tapón de drenaje
- Deje que el aceite drene en un recipiente apropiado
- Limpie e instale el tapón de drenaje.
- Quite el tapón del agujero de llenado.
- Llene el compartimiento de aceite hasta la parte inferior de la abertura del tapón de llenado

- Limpie e instale el tapón de la abertura de llenado. Realice el mismo procedimiento en el otro mando de dirección.

➤ Compruebe el nivel de aceite de las ruedas delanteras.

- Estacione la maquina en una superficie de forma horizontal y apague el motor. El control de la transmisión se deberá encontrar en la posición PARK. Evite que entre tierra en el cojinete de la rueda, para esto puede utilizar un trapo limpio para mantener limpio el área alrededor del tapón.

- Quite el tapón del agujero de llenado.
- Mantenga el nivel de aceite hasta la parte inferior de la abertura de llenado.
- Limpie e instale el tapón de la abertura de llenado.

➤ Limpie la tapa y filtro del tanque de combustible.

- Ubique la máquina en una superficie de forma horizontal y apague el motor. El control de la transmisión deberá estar en la posición PARK.

- Retire la tapa del tanque de combustible.
- Verifique la empaquetadura actual y si presenta daños replácela.
- Retire el anillo de retención.
- Retire la rejilla y desarme cuidadosamente la tapa
- Con un disolvente limpio lave los componentes.
- Proceda a armar la tapa.
- Instale la tapa, montando de forma correcta el elemento filtrante y el resorte de la tapa.

➤ Cambie el filtro de aceite del freno de estacionamiento.

- Ubique la máquina en una superficie de forma horizontal y apague el motor. Compruebe que el control de la transmisión esté en la posición PARK.

- Desagüe por completo el aceite en un recipiente.
- Nota: Cuando retire la caja del filtro y el elemento del filtro, realícelo con cuidado para evitar el contacto con el aceite ya que este se encuentra caliente.

- Sustituya el sello e instale el tapón de drenaje.
- Con un disolvente limpio lave la caja del filtro.
- Revise el sello que se encuentra ubicado en la base del filtro. Si el sello presenta condiciones físicas anormales proceda a remplazarlo.
- Instale el nuevo filtro y proceda a montar el filtro con su base en la posición correspondiente.
- Encienda el motor y déjelo funcionar a baja velocidad en vacío.
- Verifique que no se presenten fugas y si es el caso realice las reparaciones que sean necesarias
- Compruebe el nivel de aceite en el tanque. Si el nivel no se encuentra en los parámetros indicados añada aceite o retire aceite.

➤ Cambie el filtro de aceite del tren de fuerza.

- Ubique la máquina en una superficie horizontal y proceda a parar el motor. Asegúrese de que el control de la transmisión este en la posición PARK.
- Saque el tapón de drenaje de la caja del filtro.
- Desagüe en su totalidad el aceite en un recipiente.
- Limpie e instale el tapón.
- Retire la tapa de la caja del filtro y deseche el filtro usado.
- Con un disolvente limpio lave la caja del filtro.
- Verifique el sello y si se presenta una condición física anormal replácelo.
- Ubique el nuevo filtro en la caja o base.
- Encienda el motor y déjelo funcionar a baja velocidad en vacío.
- Verifique que no presenten fugas, si es el caso realice las reparaciones necesarias.
- Verifique que el nivel de aceite se encuentre en los parámetros deseados.

➤ Cambie el filtro de aceite de la bomba de dirección.

- Oprima el botón de la válvula de alivio.
- Suelte lentamente la tapa de la abertura de llenado en el tanque hidráulico de la dirección para aliviar la presión.
- Retire el filtro de aceite.
- Limpie la base con un solvente no inflamable la base de montaje del filtro. --
- Retire por completo el sello usado.
- Utilice aceite limpio para lubricar el sello nuevo.
- Instale el filtro nuevo sin la ayuda de herramientas hasta que el sello haga contacto con la base del montaje del filtro.
- Apriete el filtro para esto utilice las marcas de rotación que se encuentran impresas en el filtro.
- Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío.
- Verifique que no se presenten fugas y si es el caso realice las reparaciones correspondientes.
- Instale la tapa de tubo de llenado.
- Verifique el que el nivel de aceite se encuentre en el rango establecido.

➤ Cambie el filtro de aceite de dirección (filtro de retorno).

- Oprima el botón de la alivio.
- Suelte lentamente la tapa de la abertura de llenado en el tanque hidráulico de forma que se alivie presión.
- Retire el filtro de aceite.
- Asegúrese de limpiar la base de montaje del filtro.
- Utilice aceite limpio para lubricar el sello nuevo.
- Monte el filtro nuevo con la mano de forma que este haga contacto con la base de montaje del filtro.

- Apriete el filtro según las instrucciones que se encuentran impresas en el filtro
- Encienda el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío.
- Verifique que no se presenten fugas, si es el caso realice las reparaciones necesarias.
- Verifique que el nivel de aceite se encuentre en los niveles recomendados.

### **8.6.3 Mantenimiento preventivo 1000 horas (PM3).**

#### ➤ Inspeccione el bastidor y volco.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal. Asegure de que el control de la transmisión este en la posición PARK.
- Levante el volcó hasta su máxima posición e instale los pasadores de bloqueo.
- Pare el motor.
- Limpie el bastidor y la caja.
- Verifique el estado del bastidor y el volco, en el caso de que llegue a encontrar desgastes o grietas excesivas notifique al jefe del taller.
- Realice los procesos de soldadura y tratamientos térmicos con una persona competente
- Quite los pasadores de retención del volcó y bájelo.

#### ➤ Inspeccione los tacos del soporte de bastidor y caja.

- Estacione la máquina en una superficie nivelada. Asegúrese de que el control de la transmisión esté en la posición PARK.
- Levante el cuerpo a la posición totalmente levantada e instale los pasadores de retención del cuerpo.
- Pare el motor
- Inspeccione visualmente cada una de las almohadillas de soporte del cuerpo. Compare todas las almohadillas de soporte del cuerpo. Si la inspección indica un desgaste desigual de las almohadillas de soporte del cuerpo, es posible que deba reajustar las calzas.
- Retire los pasadores de bloqueo del volco.

#### ➤ Cambie el aceite del tanque de levantamiento y del freno.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y apague el motor.
- Asegúrese de que el control de la transmisión se encuentre en la posición PARK.
- Retire la tapa de llenado para evitar un vacío en el tanque. Coloque la tapa después de que el tanque haya sido drenado por completo. No permita que entre suciedad al interior del tanque.
- Retire el tapón de drenaje del tanque del polipasto / freno.

- Ubique un niple NPT de aproximadamente 88 mm de largo para abrir la válvula de drenaje.
- Drene el aceite en un recipiente adecuado.
- Retire la boquilla de la tubería. Limpie el tapón de drenaje e instale el tapón de drenaje.
- Retire la tapa de llenado del tanque.
- Retire el anillo de retención en la pantalla de relleno. Retire la pantalla.
- Utilice un solvente limpio y lave la tapa.
- Verifique el estado del sello de la tapa, si presenta una condición física anormal proceda a realizar el cambio.
- Llene el tanque del polipasto / freno.
- Arranque el motor y hágalo unos segundos, el nivel de aceite disminuirá a mientras que el aceite llena el sistema
- Pare el motor.
- Verifique el nivel de y agregue aceite al tanque hasta el nivel adecuado.
- Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío.
- Verifique que no se presenten fugas, si es el caso realice las reparaciones necesarias.

➤ Inspeccione estructura de protección contra vuelcos.

- Inspeccione la estructura de protección para ver si hay pernos flojos o dañados. Remplace todos los pernos flojos o faltantes.
- Utilice aceite a las roscas antes de instalar los pernos nuevos.

➤ Inspeccione frenos de servicio.

- Tome registro de la medición inicial del espesor del disco de freno de servicio y compare esta medición con las mediciones de cada mantenimiento.
- De esta forma realice seguimiento y compruebe el estado de las pastillas

➤ Cambie el aceite del convertidor de par y de transmisión.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y pare el motor. Asegúrese de que el control de la transmisión este en la posición PARK.
- Retire la tapa del hueco de llenado para evitar que se genere un vacío y no se drene en totalidad el aceite.
- Quite el tapón de la válvula de drenaje del sumidero del convertidor de par.
- Instale un niple de largo aproximadamente 100 mm y drene el aceite en un recipiente adecuado.
- Retire el niple del tubo.
- Asegúrese de limpiar el tapón e instálelo.
- Retire el tapón del drenaje de la caja de la transmisión. Este tapón se encuentra ubicado en el lado derecho de la caja de la transmisión.
- Drene el aceite en un recipiente adecuado. Limpie e instale el tapón de drenaje.

- Llene el sumidero del convertidor de par hasta la parte superior de la gama verde en la mirilla indicadora inferior. Limpie e instale la tapa en el tubo de llenado.
- Encienda el motor y déjelo funcionar unos segundos.
- Pare el motor.
- Retire la tapa de la abertura de llenado. Añada aceite al convertidor de par hasta que el nivel de aceite se encuentre en la gama verde de la mirilla.
- Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío verifique que no se encuentre fugas, si es el caso realice las reparaciones necesarias.

➤ Cambie aceite de diferencial y mandos finales.

- Ubique las ruedas de modo que el tapón de drenaje de mando final quede ubicado en la posición inferior de la rueda.
- Ubique la máquina en una superficie horizontal y pare el motor. El control de la transmisión deberá estar en la posición START
- Retire el tapón de drenaje de mando final.
- Desagüe el aceite usado en un recipiente.
- Revise el tapón magnético de drenaje y reporte si se encuentra material particulado.
- Limpie el tapón de drenaje. Instale el tapón de drenaje.
- Quite el tapón del drenaje del diferencial. Drene el aceite en un recipiente adecuado.
- Limpie el tapón del drenaje, Instale el tapón de drenaje.
- Quite el tapón de llenado del diferencial y limpie la superficie alrededor de la abertura del tapón del tubo de llenado con un paño.
- Llene el compartimiento del diferencial hasta la parte inferior de la abertura del tapón de llenado.
- Limpie e instale el tapón de llenado.
- Retire los tapones de llenado de cada mando final.
- Agregue aceite a cada mando final. El nivel de aceite deberá estar en la parte inferior de la abertura de llenado.
- Opere la máquina en un terreno nivelado durante algunos minutos.
- Pare la máquina y verifique el nivel de aceite de cada uno de los mandos, si es necesario agregue aceite.

**8.6.4 Mantenimiento preventivo 3000 horas (PM4).**

➤ Cambie el termostato del sistema de enfriamiento.

- Ubique la máquina en una superficie horizontal y apague el motor.
- Verifique que el control de la transmisión se encuentre en la posición START.
- Deslice la cubierta de acceso a la tapa del radiador.
- Quite lentamente la tapa de presión del sistema de enfriamiento para aliviar la presión solo después de haber parado el motor y que la tapa de presión del

sistema de enfriamiento este lo suficientemente fría como para tocarla con la mano sin protección.

- Si no se ha desaguado el sistema de enfriamiento, cerciórese de que el nivel de refrigerante se encuentre por debajo de la ubicación del termostato. Ubique la válvula del drenaje y desagüe el refrigerante en un recipiente adecuado.
- Desconecte el conjunto de mangueras del codo. Saque los pernos del codo al igual que los pernos de la caja del termostato.
- Saque el conjunto de la caja del termostato.
- Retire los termostatos y los sellos.
- Monte sellos nuevos y ubique los termostatos en la misma dirección de los anteriores
- Instale los pernos para el codo.
- Añada la disolución del refrigerante.
- Arranque el motor y haga funcionar el motor sin la tapa del radiador.
- Deje funcionar el motor hasta que este alcance la temperatura de operación, por consiguiente se abrirá y se estabilizara el nivel del refrigerante.
- Verifique que el refrigerante se encuentre en los niveles recomendados.
- Instale la tapa del radiador.

➤ Cambie la tapa de presión del sistema de enfriamiento.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y asegúrese de que el control de la transmisión se encuentre en la posición PARK.
- Abra la cubierta de acceso a la tapa del radiador.
- Suelte y retire lentamente la tapa del radiador de forma que se alivie presión del sistema.
- Inspeccione la tapa del radiador para ver si hay daños, materias extrañas, o depósitos.
- Instale una tapa nueva.
- Ajuste la tapa del radiador.
- Cierre la cubierta de acceso al radiador.

Limpiar el núcleo del radiador y pos-enfriador.

- Estacione la máquina en una superficie horizontal y pare el motor. Asegúrese de que la palanca de cambios este en la posición STAR
- Quite la parrilla de dos piezas.
- En el radiador limpie los núcleos, igualmente limpie el pos enfriador. (Puede usar aire comprimido, agua bajo alta presión para quitar polvo y otros escombros del núcleo del radiador y pos enfriador.
- Instale ambas secciones de la parrilla.

Para los procedimientos de mantenimiento de los cargadores, tractores, perforadores, excavadoras vea los anexos G, H, I, J, K, L.

## 8.7 HOJAS DE RUTA

Son utilizadas como plantillas de trabajo en donde se describe los trabajos a realizar en forma de lista de operaciones. El objetivo de las hojas de ruta es estandarizar trabajos rutinarios y especialmente trabajos que involucran mantenimientos preventivos. Las hojas de ruta son el punto de partida para establecer planes de mantenimiento con estrategias que son definidas por el planeador. Estas estrategias pueden estar determinadas en tiempos, capacidades o puntos de medida. Para el caso de los equipos incluidos en la cantera Nobsa será a través de puntos de medida registrado por horómetros.

En las hojas de ruta se debe especificar los recursos que se necesitan para realizar cada actividad de mantenimiento, entre ellos se tiene componentes, tiempo, número de técnicos y descripción de forma detallada de las actividades que se van a realizar.

Las transacciones asignadas para las hojas de ruta son las siguientes

- IA05: Creación de hojas de ruta.
- IA06: Visualización de hojas de ruta.
- IA07: Creación de hojas de ruta.

Por medio de la transacción IA05 para la creación de las hojas de ruta se debe completar una serie de datos los cuales son los siguientes: Ubicación técnica, texto breve, hoja de ruta, puesto de trabajo, centro de planificación, estrategia de mantenimiento, puesto de trabajo, centro y clave modelo.

Para los equipos que son de características iguales como es el caso de las volquetas 773F utilizan las mismas hojas de ruta. Para crear una hoja de ruta se da inicio estableciendo los parámetros iniciales en donde se requiere completar 22 campos. Los datos de cabecera son 6 y son los datos que relacionan datos únicos lo que permite realizar la extracción de información para realizar reportes y análisis en variación con el tiempo. En figura 14 y en la tabla 26 se detallan los datos:

Figura 14. Datos maestros HR

GrHRuta 773FV VOLQUETA CATERPILLAR 773F

Grupo hojas ruta 773FV **1**

Cont.grupo HRuta **1** VOLQUETA CATERPILLAR 773F **2**

Centro planificación ANO0 **3**

Asignaciones a cabecera hoja ruta

Puesto de trabajo MPAU / ANO0 MECANICO PROPIO AUTOMOTORES **4**

Utilización **4** Mantenimiento **5**

Grupo planif. PL1 Planificador Planta **6**

Status hoja de ruta **4** Liberado en general **7**

Estado instalación **1** En funcionamiento **8**

Estrategia mantenim. ZPM002 Actividad en horas de marcha. **9**

Conjunto Q

Petición de borrado

Datos QM

Puntos de inspección

Numeración externa Numeración externa unívoca posible

Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IA05.

Tabla 26 Datos de cabecera HR

Grupo	Ítem	Campo	Contenido
Datos de Cabecera	1	Grupo Hojas de Ruta	Están identificados con la referencia comercial del activo Ej. 773FV
	2	Texto Breve Hoja de Ruta	Descripción de forma personal que puede ser modificada. Se recomienda llevar la estructura: Ej. Volqueta 773F
	3	Centro	Ano0: Planta Nobsa
	4	Puesto de Trabajo Responsable	MPAU: Mecánico propio automotores
	5	Utilización	Datos de una lista desplegable 4: Mantenimiento
	6	Grupo de Planificación	PL1: Planificador de mantenimiento
	7	Status hoja de ruta	1. Fase de creación 2. Liberado para orden 3. Liberado para cálculo de coste 4. Liberado en general
	8	Estado Instalación	Indica estado del equipo a intervenir. - 0: Fuera de servicio; - 1 : Encendido
	9	Estrategia Mantenimiento	ZPM002 Actividad en horas

Fuente: Autor.

Luego de realizar la asignación de los datos de cabecera se procede a seleccionar el icono de operación el cual redirige a otra ventana nueva para mostrar el resumen de operaciones referente a los trabajos que se deberán realizar. (Véase la figura 15).

Figura 15. Resumen de operaciones

GrHRuta 773FV VOLQUETA CATERPILLAR 773F ContGrpHR 1

Resumen general operación											
10	SOp	11	Ce.	12	13	14	15				
Op.		PstoTbjo		Ctrl	Descripción operación	T.	Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.
0010		MPAU	ANOO	PM01	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 1 (250)	<input checked="" type="checkbox"/>	2,5	H/H	1	2,5	H
0020		MPAU	ANOO	PM01	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (500)	<input checked="" type="checkbox"/>	3,0	H/H	1	3,0	H
0030		MPAU	ANOO	PM01	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 3 (1000)	<input checked="" type="checkbox"/>	5,0	H/H	1	5,0	H
0040		MPAU	ANOO	PM01	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 4 (3000)	<input checked="" type="checkbox"/>	8,0	H/H	1	8,0	H
0050		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0060		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0070		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0080		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0090		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0100		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0110		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0120		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0130		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0140		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0150		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0160		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0170		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0180		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0190		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0200		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0210		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0220		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					
0230		MPAU	ANOO	PM01		<input type="checkbox"/>					

16 18

PaqManPr Compte. REO MAF PaqServ CarInsp Entrada 1 / 4

Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IA05.

En el botón de componentes se realiza la asignación de materiales de forma codificada por almacén de stock, que se requieran para realizar cada una de las actividades de mantenimiento (Véase la figura 16 y la tabla 27).

Figura 16. Asignación de componentes mantenimiento 500h

Material	Cantidad	UM	R	R..	Den.componente	T..	ConClasif
30176363	9,000	UN	<input type="checkbox"/>		KIT MUESTRA ACEITE SOS 2002A CAT	L	ESTÁNDAR
30265999	1,000	UN	<input type="checkbox"/>		FILTRO 4I-3948 CAT	L	ESTÁNDAR
30302513	2,000	UN	<input type="checkbox"/>		FILTRO ACEITE HIDRAULICO 134-0964 CAT	L	ESTÁNDAR
30302526	1,000	UN	<input type="checkbox"/>		FILTRO TRANSMISION 328-3655 CATERPILLAR	L	ESTÁNDAR
30302529	1,000	UN	<input type="checkbox"/>		FILTRO ACEITE HIDRAULICO 144-0832 CAT	L	ESTÁNDAR
30545097	1,000	UN	<input type="checkbox"/>		FILTRO RESPIRADERO DIFERENCIAL 9C 4937 C	L	ESTÁNDAR

Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IA05.

Tabla 27 Resumen de operaciones

Grupo	Ítem	Campo	Contenido
Operación	10	N° Operación	Valor asignado automáticamente y está dado de forma correlativa.
	11	Puesto de Trabajo	MAU: Mecánico automotres
	12	Control	SAP ofrece un menú desplegable con las opciones. - PM1: Personal Propio; - PM2: Servicio externo
	13	Descripción de Operación	Descripción de mantenimiento a criterio personal
	14	Texto modelo	El texto modelo es la descripción breve paso a paso de las actividades a realizar en la cual se debe incluir normas de seguridad, Epp's necesarios para realizar el trabajo de mantenimiento,
	14	Capacidad Requerida	Cantidad de técnicos a ejecutar mantenimiento
	15	Duración de Operación	Duración de actividad en horas
Componente	16	Material	Todo material que se asigne debe estar con la codificación interna de almacén
	17	Cantidad	Colocar cantidad de cada material a utilizar
Paquete	18	Ciclo	Colocar ciclo contenido en estrategia de mantenimiento

Fuente: Autor

**8.7.1 Texto modelo.** Los textos modelos son importantes ya que el objetivo es simplificar la gestión de mantenimiento. De esta forma se busca estandarizar los

trabajos de mantenimiento preventivo debido a que son trabajos que son actividades iguales que se efectúan en lapsos de tiempo distintos.

El objetivo de utilizar un texto modelo es que si hay un determinado mantenimiento no se necesario escribir y detallar el procedimiento a realizar del mantenimiento repetidamente sino que a través de la selección del texto modelo sean asignados estas actividades de mantenimiento.

En los anexos F, G, H, I, J, K, L, M, encuentran los textos modelos creados para los equipos de la cantera Nobsa.

**8.7.2 Componentes.** Los componentes que se asignen en la hoja de ruta deben estar codificados con el código de almacén. La asignación de componentes en las hojas de ruta debe estar relacionados con los textos modelos y las actividades de mantenimiento que se desee desarrollar. Con los textos modelos componentes y personal se busca estandarizar los trabajos de mantenimiento preventivos.

Los componentes codificados se encuentran consignados en la tabla 28 y son:

Tabla 28 Codificación componentes

Nº	Código HAC	Descripción
1	30530339	ACEITE AUTO 3E-9713 ACEITE MOTOR CAT
2	30530338	ACEITE M-EXHECLASUP CYL DRUM-L ISOVG1000
3	30530337	ACEITE MIN IND ISOVG150 XL 300
4	30339990	ACEITE SINTETICO ISOVG220 OMALA HD220
5	30339988	ACEITE SINT ISOVG46 ULTRACOOOLANT
6	30339986	ACEITE TRANSMISION 8T-9572
7	30339985	ACEITE TRANSMISION 8T-9572 CAT.
8	30339711	ANILLO 2H-3927 CAT
9	30339710	ANILLO 2K-4472 CATER
10	30339593	ANILLO 5L-8854 CAT
11	30339579	ARRESTADOR DE LLAMA FBR-1 VICTOR
12	30337341	CORREA 190-6560 CAT
13	30337264	CORREA 221-3775 CAT
14	30337148	CORREA 3P-0130 CAT
15	30337048	CORREA V B-122
16	30335746	EMPAQUE 283-5666 CAT
17	30335299	FILTRO 093-7521 HIDRAULICO CAT
18	30335291	FILTRO 126-2081 HIDRAULICO RETORNO CAT
19	30335275	FILTRO 142-1340 AIRE PRIMARIO CAT
20	30335244	FILTRO 142-1403 AIRE SECUNDARIO CAT

Tabla 28 (Continuación).

Nº	Código HAC	Descripción
21	30335121	FILTRO 149-1912 CABINA CAT
22	30335099	FILTRO 1R-1807 CAT
23	30335084	FILTRO 2098217 CAT.
24	30335069	FILTRO 2933645 CAT
25	30335068	FILTRO 3375270 CAT
26	30335064	FILTRO 5I-8670 HIDRAULICO CAT
27	30335063	FILTRO ACEITE HIDRAULICO 11999184 VOLVO
28	30335062	FILTRO AGUA ZRA-402019-E
29	30335061	FILTRO AIRE 200X160X240MM
30	30334945	FILTRO AIRE OF040154
31	30334944	FILTRO AIRE OF040155
32	30334925	FILTRO AIRE ZRA-927
33	30334913	FILTRO 6-200-1-E 363-E
34	30334912	FILTRO 200-E 562-ML1
35	30326905	KIT SELLOS 119-7558 CAT
36	30324156	KIT SELLOS 119-7555 CAT
37	30324696	KIT SELLOS 118-1740 CAT
38	30324697	KIT SELLOS 118-1719 CAT
39	30324155	KIT SELLO 88250509 PERFORADOR TAMROCK
40	30327895	KIT SELLO 88250509 PERFORADOR - ANULADO
41	30326750	KIT SELLO 55037139 PERFORADOR TAMROCK
42	30327770	KIT REPARACION BOMBA ALL FLO
43	30320344	FILTRO ACPM 20972295 GU813

Fuente: Autor.

## 8.8 PLANES Y POSICIONES DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento es una estrategia la cual consiste en programar los mantenimientos según sean las necesidades de cada equipo. Para el caso de los equipos de la cantera Nobsa los planes de mantenimiento estarán basados en frecuencias de tiempos fijos por medio de puntos de medida (horómetros). De tal forma que toda orden de mantenimiento preventivo tiene que estar generada como el resultado de una programación de cada plan de mantenimiento.

Cabe resaltar que los planes de mantenimiento están basados en estrategias configurables por el modulo PM de SAP R/3 y para esto las hojas de ruta, la posición de mantenimiento y el mismo plan deben estar configurado con los mismos parámetros. Las transacciones para crear planes de mantenimiento son las siguientes.

- IP41: Crear plan de mantenimiento preventivo.
- IP42: Crear plan estratégico de mantenimiento.

Para crear un plan de mantenimiento se da inicio estableciendo las posiciones de mantenimiento en donde es llenar los campos que se evidencian en la tabla 29 y en la figura 17.

Tabla 29 Datos de cabecera planes de mantenimiento

Grupo	Ítem	Campo	Contenido
Datos de Cabecera	1	Plan de Mantenimiento Preventivo	Está definido por los últimos códigos de la ubicación técnica de cada equipo y continua con la palabra PREV - y la referencia del activo. Ej.4K1PREV-773F
	2	Texto Plan de Mantenimiento	Descripción de forma personal que puede ser modificada. Se recomienda llevar la estructura: Plan de mantenimiento preventivo Volq. 4K1
Objeto de referencia	3	Ubicación técnica	Asignación de ubicación correspondiente
	4	Equipo	Asignación de equipo correspondiente
Datos de planificación	5	Centro de planificación	Planificador encargado PL1
	6	Clase de orden	Clase de actividad: - ZPM001: Mantenimiento correctivo - ZPM002: Mantenimiento preventivo - ZPM003: Inspección
	7	Puesto de trabajo responsable	Puesto de supervisor responsable en el caso MPAU (Mecánico propio automotores).
	8	Prioridad	Asignar la prioridad que puede tener: Alta, Baja, Normal
	9	Grupo planificador	Planificador encargado PL1
	10	Clase de actividad	Rutina de mantenimiento preventivo
	11	GR/Hoja de ruta	Se debe asignar el nombre de la hoja de ruta, utilizando el icono de buscar automáticamente carga los datos relacionados como el tipo y la descripción
Parámetros de Programación	12	Conclusión retrasada Factor Decalaje dado en (%)	Colocar 0: Sin desplazamiento ; 100: Desplazamiento igual a retraso
	13	Tolerancia dada en (%)	Colocar % de tolerancia de retraso
	14	Factor Conclusión Anticipada dada en (%)	Colocar 0: Sin desplazamiento ; 100: Desplazamiento igual a adelanto
	15	Tolerancia en %	Colocar % de tolerancia de adelanto, recomendable el valor de 0
	16	Horizonte de apertura %	El horizonte de apertura deberá estar dado en un rango del 65% al 70 %, este será el tiempo de anterioridad con la que se lanzara el aviso.
	17	Intervalo de toma	El intervalo estará dado a 360 días para poder realizar planeaciones y estimaciones de costos.
Datos de Cabecera	18	Grupo de autorizaciones	Ano0: planta Nobsa
	19	Estrategia	ZPM2: Mantenimiento basado en horas de trabajo, sin jerarquía.

Fuente: Autor.

Figura 17. Plan de mantenimiento preventivo

**Modif.plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 4K1PREV-773F**

Plan mant.prev. 1 4K1PREV-773F MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K1 2

Cab.plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento 16.10.2019 Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales ...

Contador 22728 Horómetro NO.191-4K1

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
	250 H	250 horas de marcha	0
	500 H	500 horas de marcha	0
	1000 H	1.000 horas de marcha	0

Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición Llamadas programadas posición Ciclos po...

Posición PM 175882 MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOL... 3

Objeto de referencia

Ubic.téc. NO.191-4K1 VOLQUETA 6 - CATERPILLAR 773F 3

Equipo 10111147 VOLQUETA 6 - CATERPILLAR 773F 4

Conjunto Q

Datos de planificación

Centro planif. AN00 Nobsa - Planta de Cemento 5 Grupo planif. PL1 Jefe Mantto Preven 9

Clase de orden PM02 Preventivo 6 Clase actividad PM Z33 Rutina de mantenimie...10

Pto.tbjo.resp. MPAU / AN00 MECANICO PROPIO7. División 1000 Clinker y Cemento

Prioridad R - Normal 8 Norma de liquidación

Documento venta /

Hoja de ruta para mantenimiento

Ip. GrHRuta 11 CGrHR Descripción

A / 773FV / 1 VOLQUETA CATERPILLAR 773F

Fuente: Autor, tomado módulo PM de SAP transacción IP15

En la gestión de mantenimientos preventivos para la cantera Nobsa de la planta de cementos Holcim Colombia S.A. se establecieron los planes de mantenimiento como se evidencia en la figura 18 los cuales están creados con una estrategia ZPM002 (Basada en horas). La visualización de los planes creados en el módulo de SAP se hace a través de la transacción IP15.

Con la implementación de los planes de mantenimiento preventivo para los 17 equipos de la cantera Nobsa se logró incrementar en el mes de octubre el indicador de disponibilidad a un 74,7% y el cual tiene que subir paulatinamente hasta lograr una estabilización. Para lograr mantener el indicador de disponibilidad se logrará con la realización de las reparaciones mayores proyectadas (Transmisión, mandos finales, motor, convertidor, etc.) de forma que se garantice que los equipos operen en condiciones y parámetros próximos a los de fabricación.

Figura 18. Planes creados

<b>Modificar plan de mantenimiento: planes de mantenimiento seleccionados</b>								
Plan mantenimiento preventivo    Posiciones de mant.    Cálculo de costes								
Plan mant.prev.	Txt plan mantenim.	Creado por	Cpo.clas.	Estrategia	Tp.pl.man.	S	FcD	
415PREV-D9N	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRAC. 415	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
426PREV-988H	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CARGADOR. 988H	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
427PREV-L350	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CARGADOR. L350F	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
435PREV-769D	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 435	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
445PREV-700	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERF.445	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4B1PREV-345C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EXC. 4B1	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4B2PREV-374D	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EXC. 4B2	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4B4PREV-349D	MANTENIMIENTO PREVENTIVO EXC. 4B4	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4D1PREV-D9R	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRACTOR D9R	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4K1PREV-773F	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K1	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4K2PREV-773F	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K2	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4K3PREV-773F	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K3	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4K4PREV-773F	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K4	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	
4K6PREV-772G	MANTENIMIENTO PREVENTIVO VOLQ. 4K6	ACRISTAN	AN00	ZPM002	PM		1,00	

Fuente: Autor, tomado módulo PM de SAP transacción IP16.

## 8.10 MANTENIMIENTO DE ACTIVOS

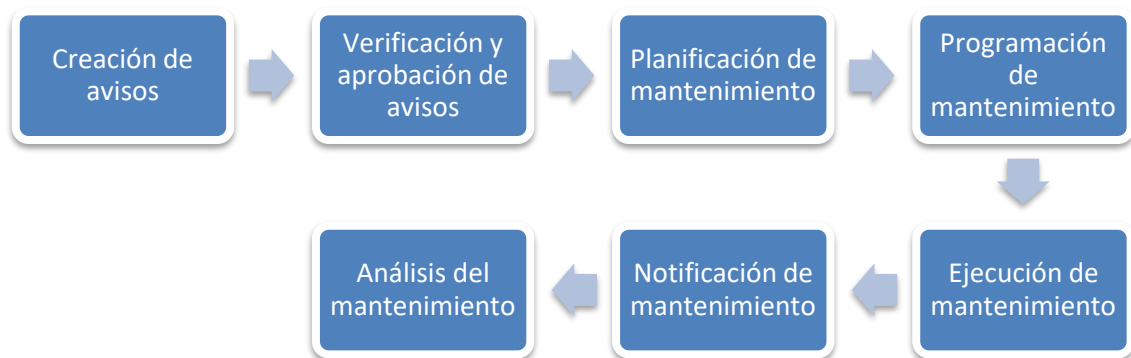
Se establece un modelo que permite que toda actividad de mantenimiento tenga un proceso de identificación, aceptación, planeación, programación y ejecución.

La ejecución de mantenimientos preventivos debe tener como base fundamental la inspección y análisis en la ejecución de cada mantenimiento, esto con la finalidad de conocer el estado actual de cada equipo y evidenciar las fallas y daños correctivos que se deben mejorar. El personal del área de automotores debe

actuar de forma inmediata desde la identificación de la actividad de mantenimiento hasta la ejecución y finalización de las mismas actividades.

Por lo tanto el proceso se debe realizar con el flujo de actividades que se muestra a continuación:

Figura 19. Flujo de actividades de mantenimiento



Fuente: Autor.

### 8.11 CREACIÓN DE AVISOS

La creación de avisos es el punto que tiene como finalidad lograr la identificación de problemas que requieren intervención por parte del área de automotores, de esta forma se asegura que todo trabajo ingrese a una gestión de mantenimiento y quede registrado en un histórico quedando clasificado según prioridad.

Para la ejecución de un trabajo de mantenimiento correctivo debe dar inicio desde la creación de un aviso en el módulo PM de SAPR/3. Esta creación de avisos la puede realizar cualquier trabajador con acceso a SAP, por medio de la transacción IW21 en donde debe ir dirigido con el puesto de trabajo MPAU (mecánico propio automotores), para que sea el planeador o el supervisor de mantenimiento quien determine si se requiere la necesidad de intervenir determinado equipo.

### 8.12 VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN DE AVISOS

Esta etapa consiste en el proceso de revisión de los avisos de mantenimiento de forma que se pueda realizar una validación de los datos y verificar que la información proporcionada es suficiente para la determinación de continuar con el proceso de planificación del trabajo de mantenimiento a realizar.

Con la verificación de avisos se garantiza que todas las actividades que requieren mantenimiento son revisadas y avaladas por el supervisor y se priorizan de la manera correcta.

La prioridad de un aviso en el proceso de verificación es la siguiente:

- Bajo impacto: Dentro de un mes.
- Medio Impacto: Dentro de los siguientes siete días.
- Alto impacto: Dentro de las 24 horas.

En el proceso de verificación y aprobación de avisos se tiene en cuenta los siguientes aspectos.

- Si el aviso es rechazado el creador dispone de 5 días para validar y completar la información de lo contrario el aviso es cerrado y rechazado.
- El supervisor de mantenimiento cuenta con la autorización para modificar los avisos dependiendo a las inspecciones realizadas en campo.
- Si los avisos llegan a contar con una prioridad de impacto alto es aprobado inmediatamente y pueda ser tratado de forma especial con la gestión de trabajos emergentes.
- Si los avisos cuentan con clasificaciones de impacto medio, e impacto bajo continua con el proceso de planificación.

### **8.13 PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO**

Una vez realizada la verificación y aceptación de los avisos, se procede la planificación de la orden de mantenimiento en la cual se pueden tener dos escenarios y es el planificador quien determina si se crea una orden de mantenimiento correctiva o una orden de mantenimiento preventiva.

En el escenario de la creación de una orden de mantenimiento correctivo parte de un aviso de mantenimiento el cual debe estar aprobado por el supervisor y contar con el estatus PLND el cual significa que su aceptación fue con prioridad media o baja.

En un segundo escenario se puede tener la creación de una orden de mantenimiento cuya diferencia es que estas órdenes son lanzadas de forma automática por medio de un plan estratégico de mantenimiento que involucra puntos de medida. Por lo tanto las órdenes de trabajo solo se pueden crear a través de un aviso aprobado o por medio de un plan de mantenimiento.

El planeador debe tener como objetivo minimizar los tiempos de parada que requiere un equipo para realizar las actividades de mantenimiento con la finalidad de obtener una flota con indicadores de disponibilidad altos. También el planeador

debe tener la estrategia de optimizar costos definiendo los recursos necesarios para el desarrollo de cada trabajo de mantenimiento.

#### **8.14 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO**

La programación de los trabajos de mantenimiento consiste en tomar de forma individual ordenes trabajo que estén planificadas y asignarles una fecha correspondiente para la ejecución del mantenimiento. La programación debe tener cuenta los temas de producción y explotación que se estén realizando en cantera al igual que la disponibilidad de los insumos y personal.

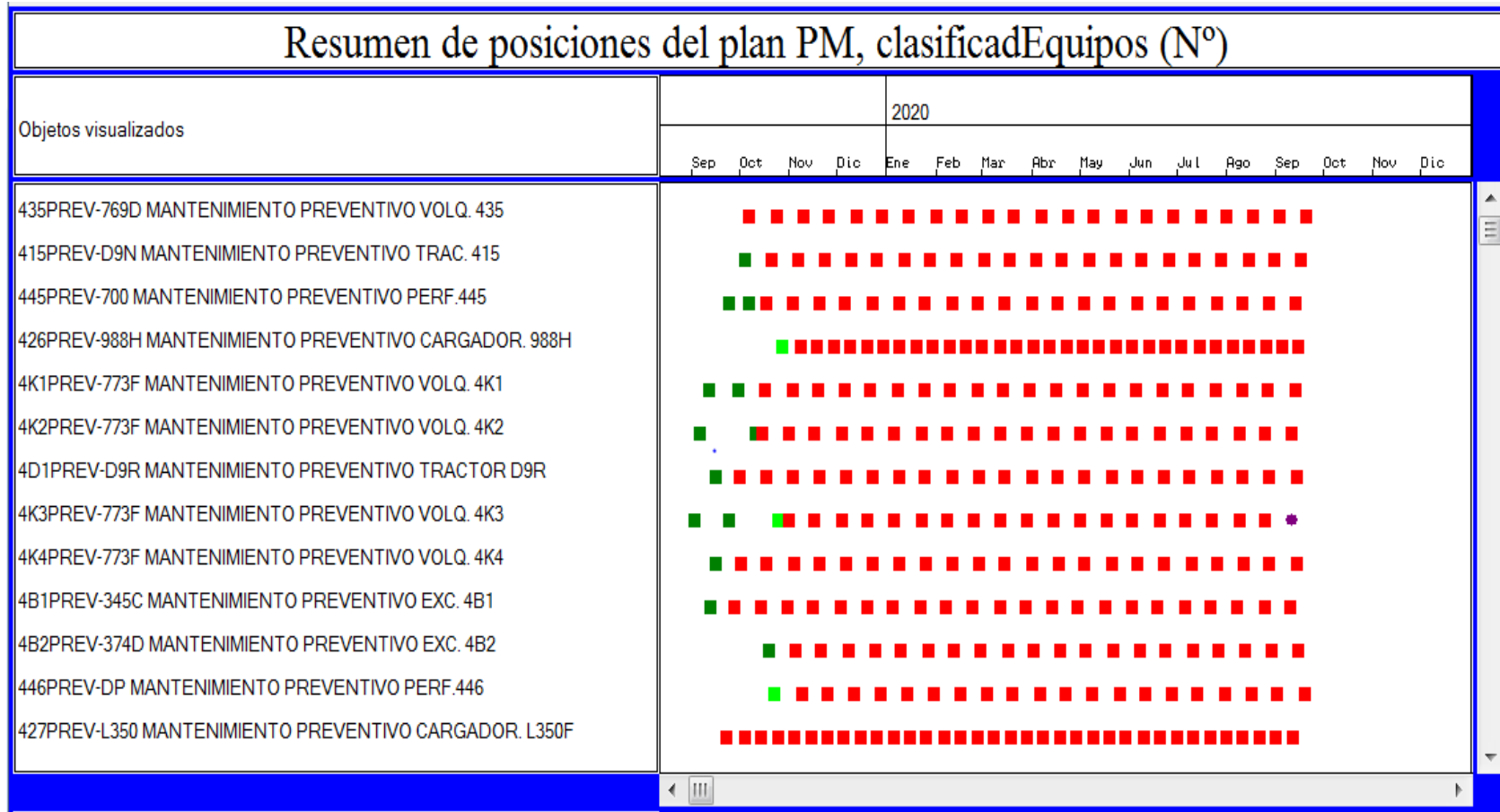
El programador de mantenimiento debe garantizar que los trabajos de mantenimiento tanto correctivos como preventivos sean realizados en los tiempos planificados y no se afecten las labores de producción. Para ellos debe garantizar que los materiales y servicios necesarios se encuentren disponibles para las fechas programadas.

Con la programación de las órdenes de mantenimiento se realiza la creación de los planes de trabajo semanales. La programación de las ordenes de mantenimiento se realizan día a día y el plan semanal deberá estar programado todos los viernes antes de las 2 pm. El programador de mantenimiento debe revisar por medio de la transacción IP19 la carga de trabajos por puesto de trabajo este balanceado con un porcentaje de programación menor al 80%.

Con los 17 planes de mantenimiento preventivo establecidos en SAP para cada uno de los equipos móviles de la cantera Nobsa se establece la planeación con unos parámetros de programación en donde se planea a 360 días y se establece un horizonte de apertura del 65%, que equivale a seis días calendario, lo cual es el tiempo de anterioridad con la cual se lanza cada orden de trabajo.

Por medio de la transacción IP19 se visualiza de forma gráfica por medio de diagramas de Gantt la programación de los planes como se muestra en la figura 20, 21, y 22. El cuadro verde oscuro en la figura 20 representa las simulaciones de cada plan, el cuadro verde claro identifica que el mantenimiento está programado, el cuadro rojo identifica el mantenimiento fue planeado y está en espera y el rombo morado identifica que se planeó una fecha adicional.

Figura 20. Resumen posiciones de mantenimiento



Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IP19.

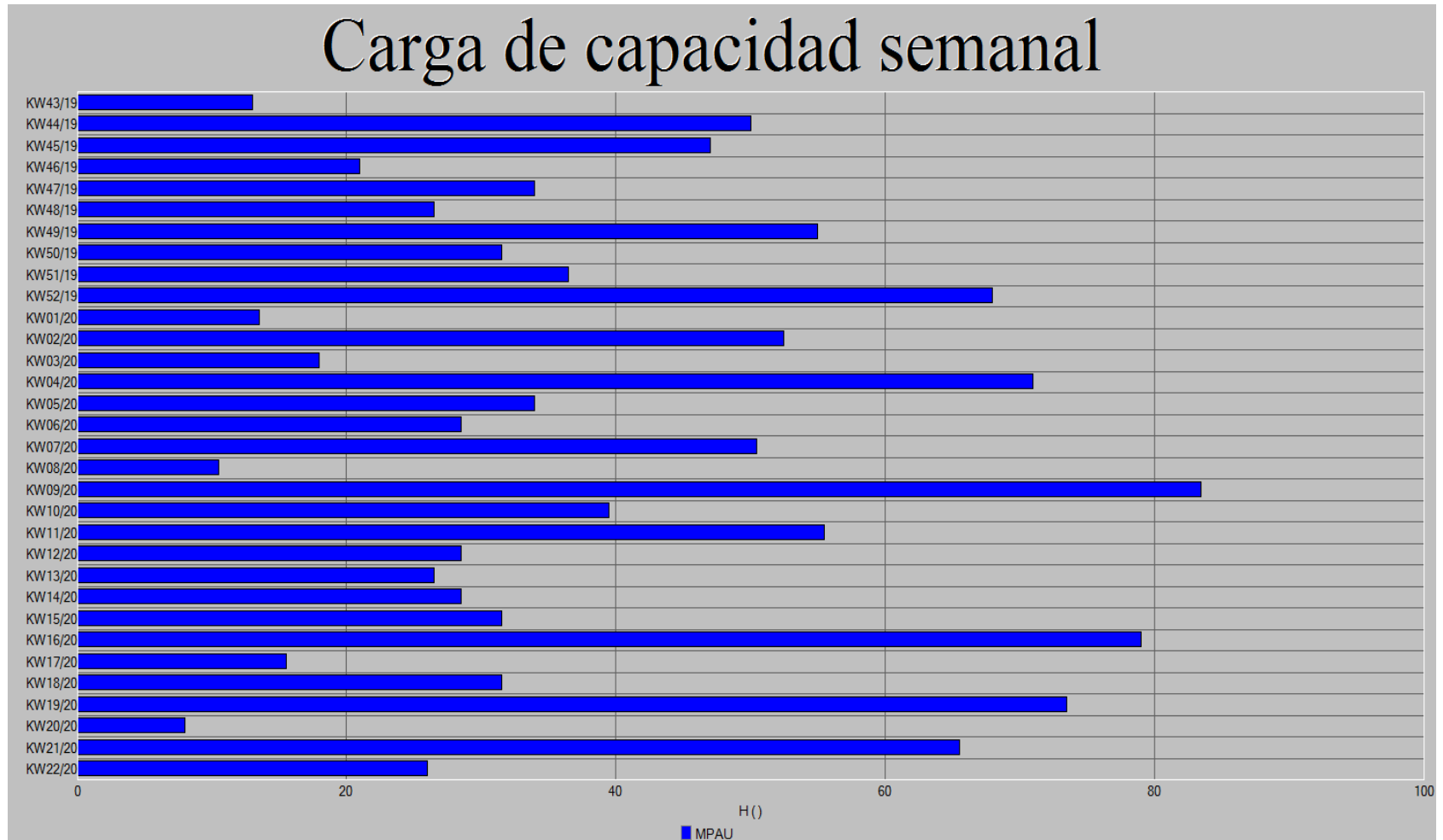
En el diagrama de Gantt se puede evidenciar los planes de mantenimiento preventivo que fueron creados y la proyección de los próximos mantenimientos a realizar en término de un año. Este diagrama se obtiene por medio de la transacción IP19 en la cual el módulo de SAP por medio de su algoritmo interno y envase a los históricos de las horas de trabajo registradas calcula las fechas aproximadas para la ejecución de cada rutina de mantenimiento.

Desde la misma transacción IP19 se logra evidenciar la carga de los planes de mantenimiento de forma semanal y mensual por puesto de trabajo, en el cual el asignado para las planeación de mantenimientos de los equipos de la cantera Nobsa es MPAU (Mecánico propio automotores).

Esta información permite visualizar la carga de trabajo por semana la cual no tiene que ser superior al 80%, siendo este el porcentaje delimitado y asignado por la compañía. El 20% de la capacidad de trabajo semanal será para que el personal técnico del área de automotores solucione fallas correctivas que no se pueden controlar ni mitigar, como lo puede ser la pinchada de una llanta.

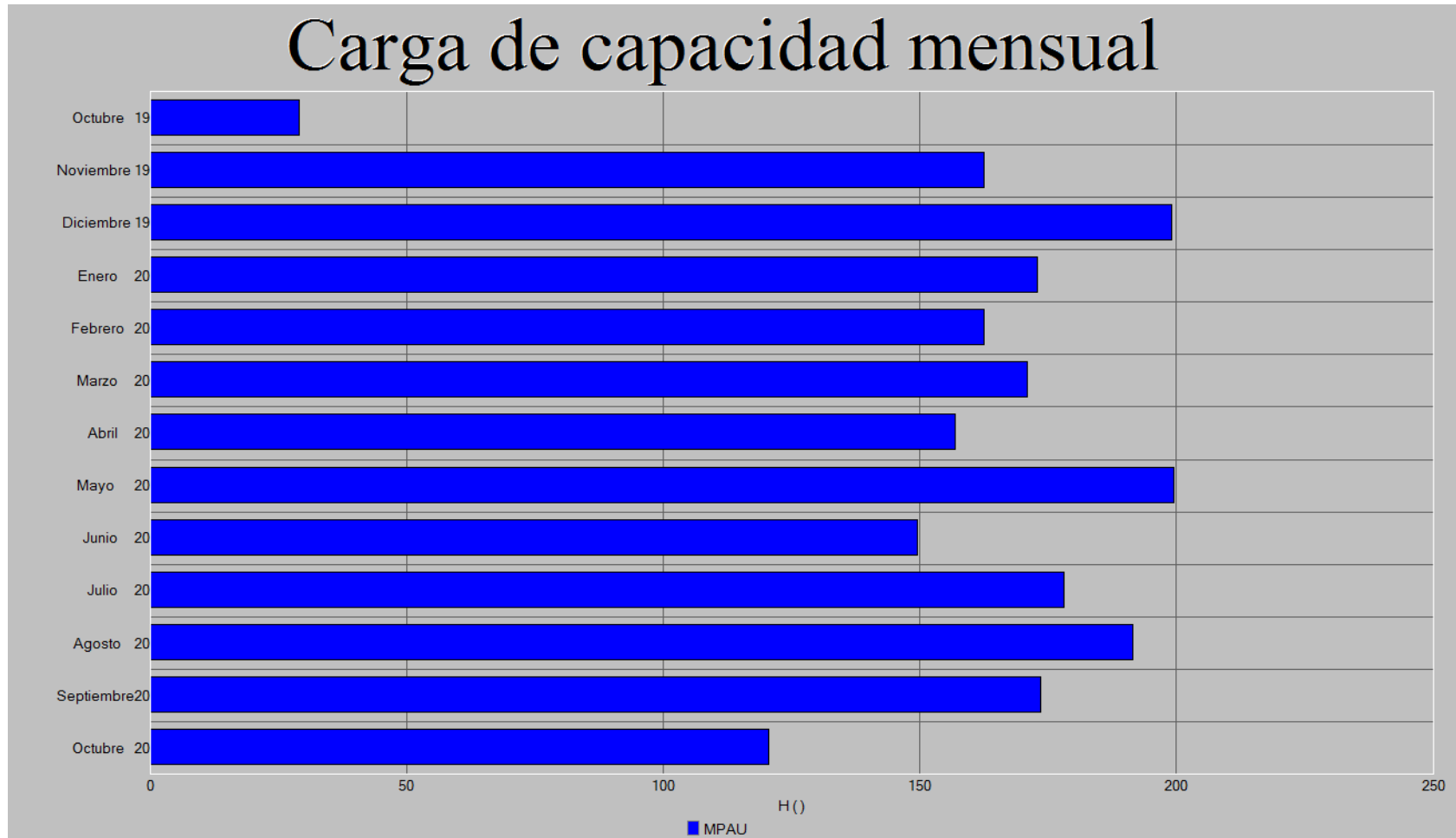
Para la cuarta semana del año 2020 se presenta el caso en el cual se supera el 80% de la carga semanal en la cual se tendrá que modificar, para esto se deberá ejecutar los mantenimientos de los equipos con mayor criticidad como lo son los perforadores y se deberá hacer una reprogramación de los mantenimiento en base a las horas de trabajo que se tengan registradas.

Figura 21. Carga capacidad semanal planes mantenimiento



Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IP19.

Figura 22. Carga capacidad mensual planes mantenimiento

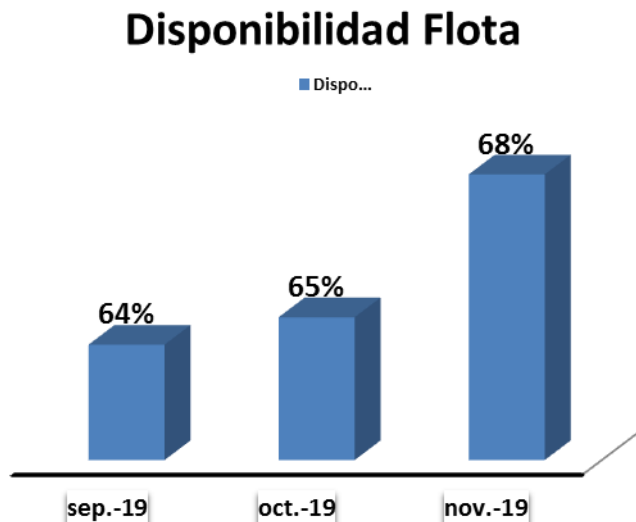


Fuente: Autor, tomado modulo PM de SAP transacción IP19

Según la figura 22 la carga de la capacidad mensual tiene un incremento notorio en el mes de noviembre y diciembre en relación al mes de octubre debido al proceso de la implementación de los planes. Con la información de la capacidad mensual se podrá tener mayor control para realizar la asignación del presupuesto de mantenimiento por mes.

Como resultado de la programación de los 17 planes de mantenimiento preventivo para el equipo móvil de la cantera Nobsa, se evidencia en la figura 23 que con la nueva gestión de mantenimientos desde el 01 de octubre hasta el 12 de noviembre en donde se dio inicio a los planes de mantenimiento, la disponibilidad de la flota empieza a presentar un incremento de forma ascendente el cual seguirá subiendo mes a mes hasta lograr un rango de estabilización

Figura 23 Disponibilidad últimos meses.



Fuente: Autor.

## 8.15 EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS

El proceso de ejecución de mantenimientos da inicio desde la planificación del manteniendo hasta la realización de las actividades según el alcance que tenga la orden de trabajo en los tiempos programados.

La ejecución de mantenimientos para el equipo móvil de la cantera Nobsa se pueden desarrollar en el sitio asignado, diseñado y construido como lo es el taller de mantenimiento del área de automotores, pero en casos particulares para la realización de mantenimientos a equipos con sistema de transporte de orugas requiere que los trabajos de mantenimiento sean realizados en campo, es decir que las actividades de mantenimiento sean desarrolladas desde la cantera Nobsa. De esta forma el personal técnico realiza el desplazamiento a la zona de operación del equipo en donde tiene que enfrentar escenarios distintos en los que el personal técnico debe tener claridad en la identificación de energías peligrosas y el análisis de trabajos seguros

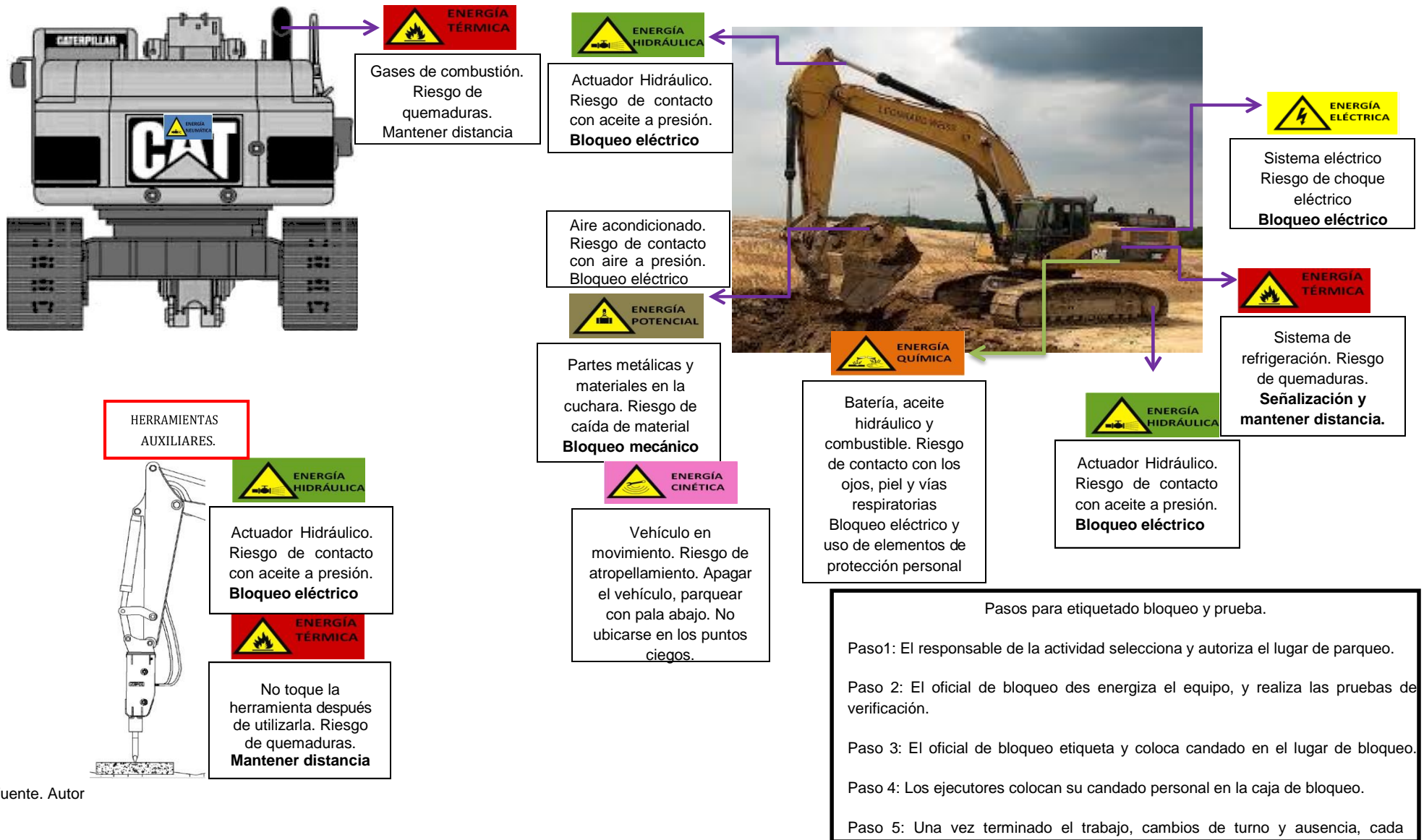
En la realización de todo mantenimiento tanto de tipo preventivo como de tipo correctivo se debe tener claridad en la identificación de energías peligrosas que pueden afectar la integridad del personal y a su vez ocasionar daños en los mismos activos.

**8.15.1 Identificación de energías.** Los equipos móviles para su funcionamiento utilizan muchos tipos de energía inicialmente energía eléctrica, hidráulica, neumática, y en su procesos se trasforman en energía termina, cinemática, potencial entre otras. El principal riesgo que se tiene con las energías es que no las vemos excepto cuando dicha energía se transforma o podemos llegar ser parte de ella.

La identificación de energías peligrosas y el conocimiento en el proceso de bloqueo funciona como método para evitar que comience a funcionar un equipo o que sea activado de forma involuntaria y este ocasione la liberación de energía de forma incontrolada, cuando se esté interviniendo produciendo accidentes y dejando grandes consecuencias.

Por lo tanto fue necesario realizar la actualización en la identificación de energías peligrosa para los grupos de equipos como lo son cargadores, camiones mineros, excavadores y perforadores como se muestra en la figuras 24, 25, 26, 27 y 28.

Figura 24. Identificación energías peligrosas excavadoras



Fuente. Autor

Figura 25. Identificación energías peligrosas perforadores

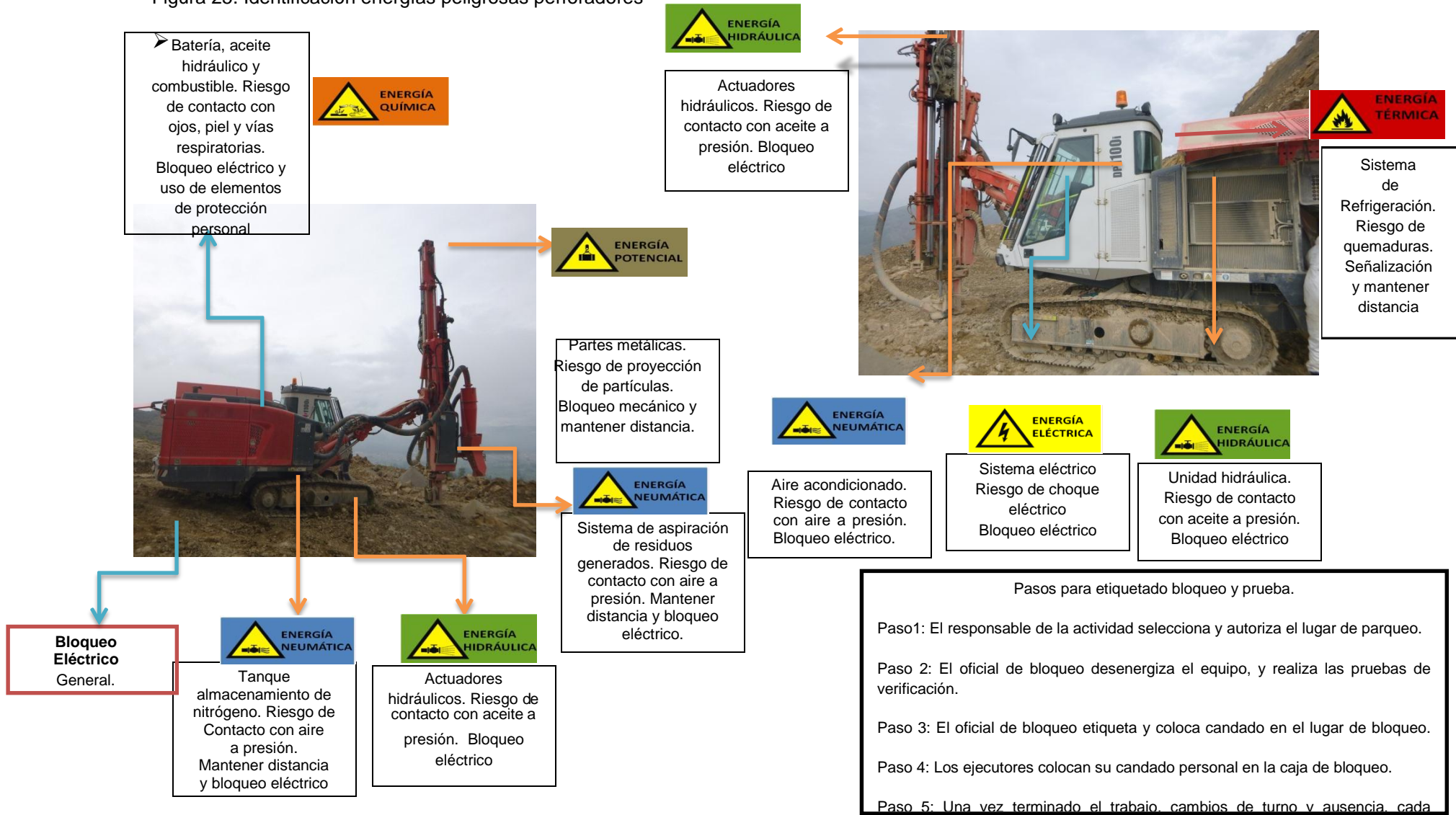
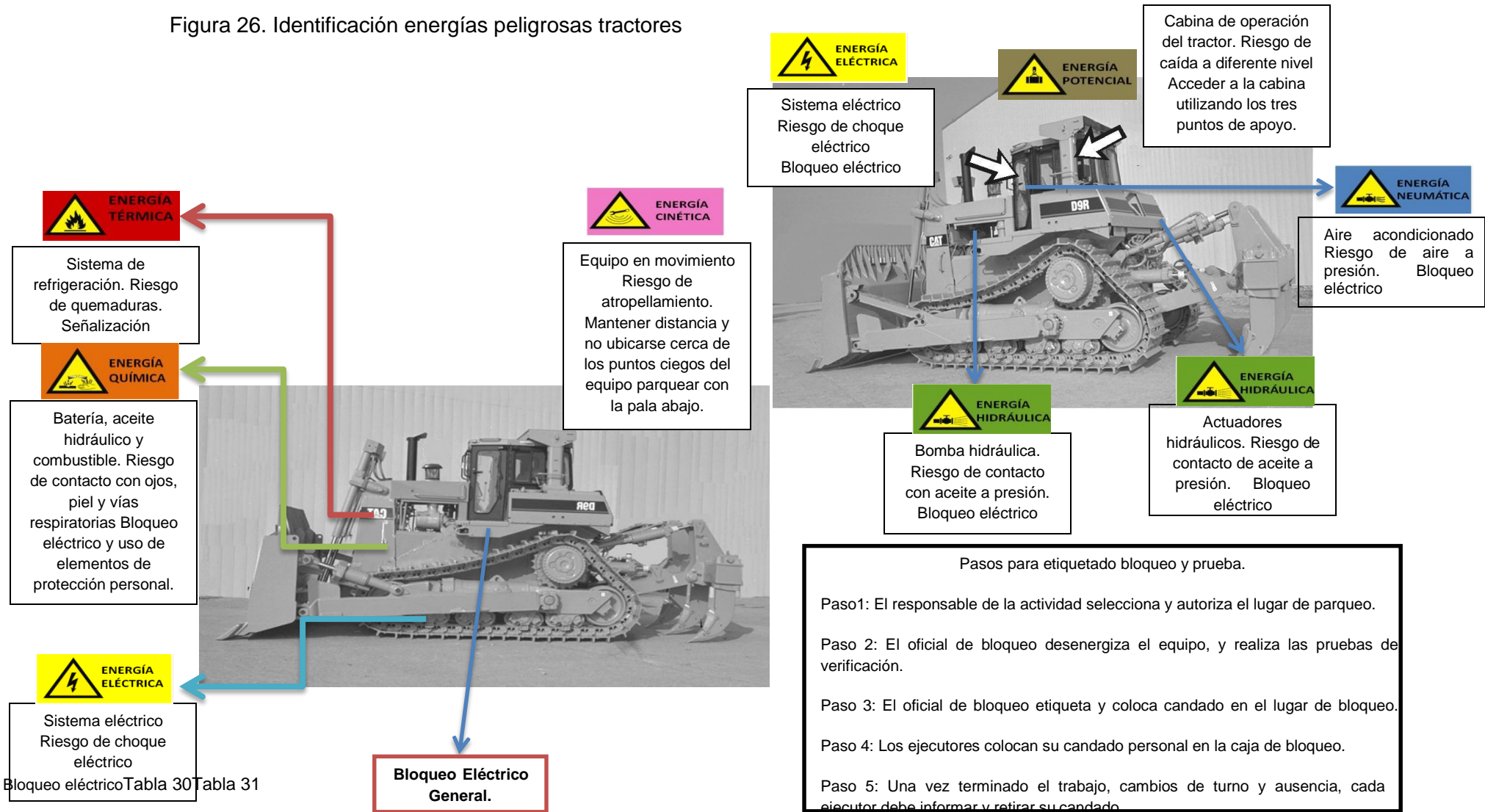


Figura 26. Identificación energías peligrosas tractores



Bloqueo eléctrico Tabla 30 Tabla 31

Fuente. Autor.

Figura 27. Identificación energías volquetas

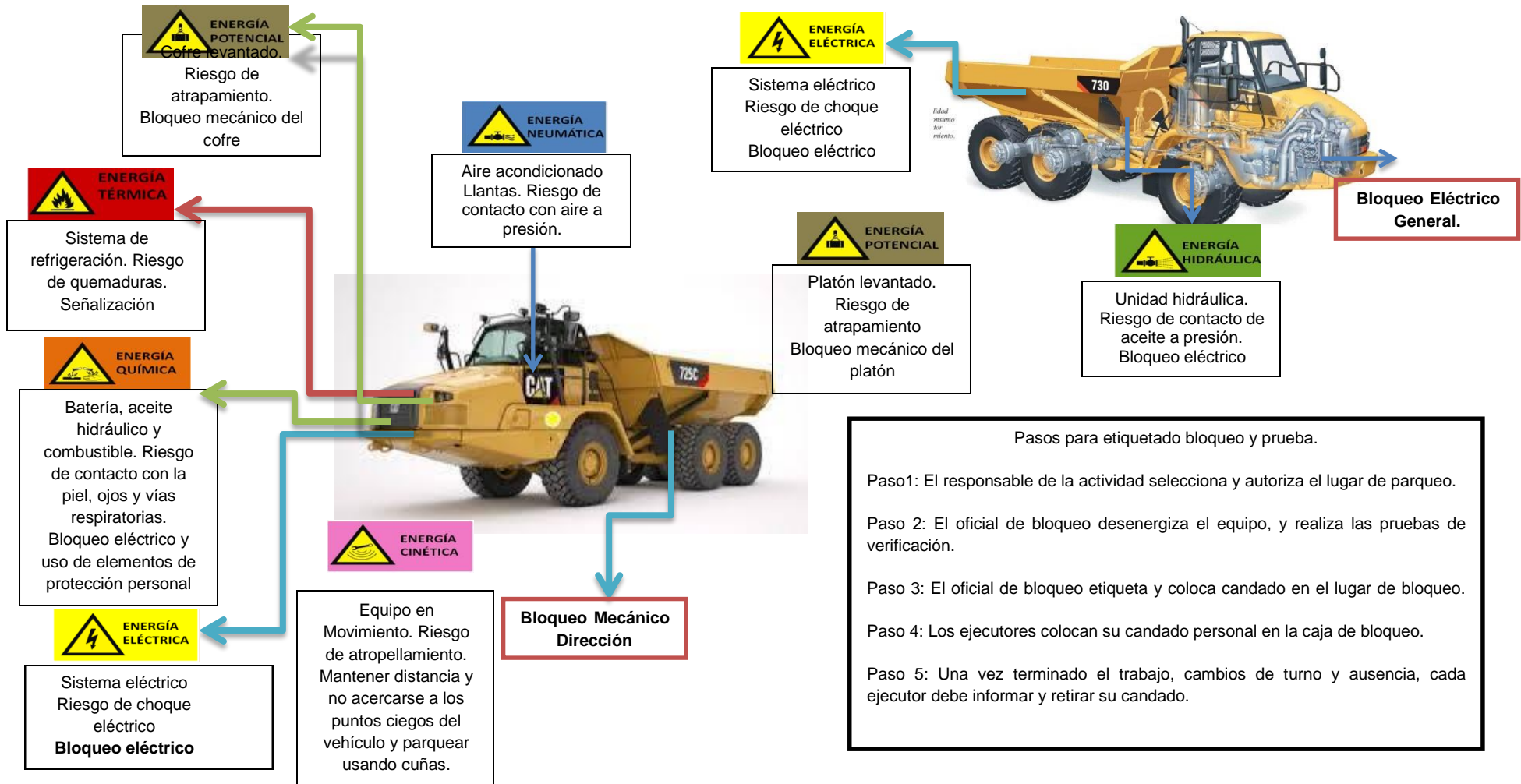
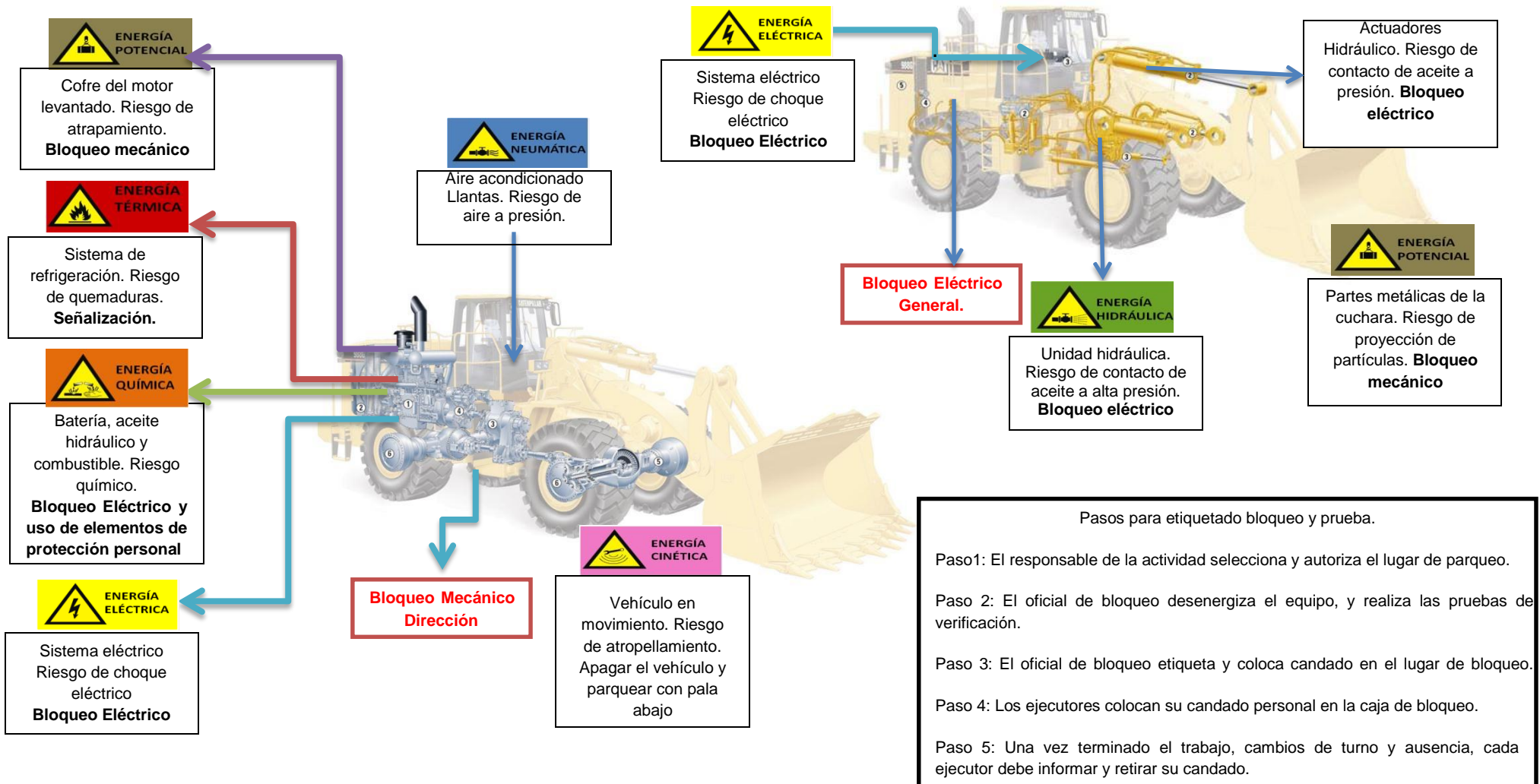


Figura 28. Identificación energías peligrosas cargadores



Fuente. Autor.

**8.15.2 Procedimientos seguros.** Las actividades de mantenimiento bien sean simples o complejas son generadoras de diferentes tipos de peligros. El bloqueo de energías consiste en cerrar el suministro de energías que puedan poner en movimiento el equipo o parte del equipo con el potencial de generar un accidente.






Debido a que los trabajos de mantenimiento están inmersos en distintos entornos de trabajo se establecen los procedimientos de bloqueo LOTOTO (Bloqueo, etiquetaje y prueba) tanto para la ejecución de mantenimientos que requieren que los equipos no se encuentren energizados como para equipos que requieren estar energizados para desarrollar pruebas ajustes y calibraciones y poder entregar el mejor resultado en la ejecución de un mantenimiento.

Por lo tanto se deben ejecutar los siguientes procesos tanto en mantenimientos preventivos como en mantenimientos correctivos. En la tabla 30 se encuentra el procedimiento de trabajo seguro para equipos que requieren no estar energizados, en la tabla 31 se evidencia el procedimiento seguro para equipos que requieren estar energizados.

Tabla 32 Intervención a equipos que requieren no estar energizados.

N°	SECUENCIA DE PASOS BÁSICOS	PELIGRO/ RIESGO	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO
1	Identificar energías peligrosas 	Energía eléctrica, energía mecánica, energía neumática, energía cinética, atropellamiento.	<p><b>Jefe responsable:</b> prepare la actividad, identifique las energías peligrosas aliste la documentación y dispositivos de bloqueos necesarios.</p> <p><b>Oficial de bloqueo</b> antes de iniciar realice una reunión con el equipo de trabajo designado, inspeccione el área, evalúe los riesgos presentes y revise que todas las fuentes de energía hayan sido identificadas y bloqueadas</p>
2	Desenergizar equipos y diligenciar tarjeta de bloqueo 	Energía eléctrica, energía mecánica. Energía neumática / corto circuito, arco eléctrico, electrocución.	<p><b>Técnico competente:</b> Desenergice el equipo, realice las pruebas de verificación de la desenergización y/o bloqueo mecánico. Para energía eléctrica verifique la ausencia de tensión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para energía neumática y/o hidráulica verifique ausencia de presión.</li> <li>- Para energía mecánica verifique que los aditamentos de bloqueo garanticen que no va a ser liberada la energía y que no existan energías residuales; Identifíquese y firme la tarjeta de punto de bloqueo del equipo, previamente diligenciada por el responsable de la actividad.</li> </ul>

Tabla 30. (Continuación).

N°	SECUENCIA DE PASOS BÁSICOS	PELIGRO/ RIESGO	<u>PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO</u>
3	Etiquetar y bloquear en punto de bloqueo 	Energía eléctrica, mecánica / golpes, machucones, caídas mismo nivel.	<b>Oficial de bloqueo:</b> Instale el candado de bloqueo de color amarillo en el punto de bloqueo junto con la tarjeta correspondiente, Deposite la llave en la caja de bloqueo y confínela con su candado de color verde.
4	Bloquear caja auxiliar de bloqueo 	Machucones, golpes caídas mismo nivel.	<b>Oficial de bloqueo:</b> coloque en la caja de bloqueo la tarjeta de permiso de bloqueo y el grupo de trabajo autorizado. De esta manera autoriza a los ejecutores para que coloquen su candado personal de bloqueo en la caja de bloqueo. <b>Ejecutor:</b> coloque su candado personal en la caja de bloqueo. Cada candado personal de bloqueo debe estar claramente identificado con el nombre y número de celular del propietario.
5	Realizar tarea 	Energía eléctrica, mecánica /caídas mismo nivel, golpes, machucones, aplastamientos	Realizando la verificación de energía CERO el ejecutor procede a realizar la tarea. No permita que personal que no ha realizado LOTOTO intervenga en la tarea.
6	Desbloquear y energizar 	Caídas mismo nivel, golpes, machucones.	<b>Oficial de bloqueo:</b> cuando la labor está concluida, revise que el equipo esté en condiciones de operación, que no hay candados personales en la estación de bloqueo, retire su candado verde de la caja, proceda a retirar cada candado del punto de bloqueo.
7	Restaurar las condiciones del área de trabajo 	Energía cinética energía mecánica, energía neumática, golpes, machucones, caídas mismo nivel.	<b>Ejecutor:</b> una vez terminado el trabajo, cambios de turno y ausencias, retire su candado e informe al oficial de bloqueo que ha finalizado la intervención en el equipo Oficial de bloqueo retire los candados de los puntos de bloqueo y entregue el equipo al operador.

Fuente: Autor.

Tabla33 Intervención a equipo energizado:







N°	SECUENCIA DE PASOS BÁSICOS	PELIGRO/RIESGO	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO
1	<p>Emitir el permiso de trabajo.</p> 	<p>Suelo irregular, caídas mismo nivel, espasmos.</p>	<p><b>Oficial de bloqueo:</b> inspeccione el área de trabajo, e identifique y evalúe los riesgos, haga el análisis de tarea segura o ATS. Seleccione el sitio dónde se procederá a parquear el equipo, autorizando el posterior estacionamiento de éste. Identifique todas las energías a bloquear y el punto de bloqueo.</p>
2	<p>Delimitar las áreas de trabajo</p> 	<p>Suelo irregular, caídas mismo nivel, golpes, machucones.</p>	<p><b>Ejecutor:</b> Aislé el área de trabajo, esto debe hacerse en cualquier sitio dónde se intervenga el equipo, ya sea en cantera y/o taller Automotores.</p>
3	<p>Diligenciar la tarjeta de bloqueo</p> 	<p>Espasmos.</p>	<p><b>Responsable de la actividad:</b> coloque la tarjeta NARANJA en el breaker que da energía al equipo y en los selectores de campo que actúan el equipo.</p> <p><b>Oficial de bloqueo:</b> coloque las tarjetas que identifican los bloqueos realizados y el grupo de trabajo autorizado.</p>
4	<p>Realizar protocolo de comunicación</p> 	<p>Energía cinética, energía mecánica, atropellamientos, atrapamientos, golpes, machucones.</p>	<p><b>Oficial de bloqueo:</b> Haga pruebas y ponga en marcha el protocolo de comunicación entre el Operario, El técnico y el Oficial de Bloqueo, dando a conocer las fallas notorias del equipo vistas desde tres puntos diferentes. EI OPERADOR DEL EQUIPO MOVIL NO DEBE dejar la cabina del equipo en ningún momento.</p>
5	<p>Supervisión de oficial de bloqueo en la actividad</p> 	<p>Energía cinética, energía mecánica, atropellamiento, aplastamiento, golpes, machucones, caídas mismo nivel.</p>	<p><b>Oficial de Bloqueo:</b> Supervise continuamente la actividad. En caso de requerirse un ayudante para pruebas, dicho ayudante debe portar chaleco de alta visibilidad y estar en contacto visual con el operador de la máquina. Bajo ninguna circunstancia el ayudante debe ubicarse en puntos ciegos o estar en el rango de operación o movimiento del equipo.</p>

Tabla 31. (Continuación).

N°	SECUENCIA DE PASOS BÁSICOS	PELIGRO/RIESGO	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO
6	Restaurar las condiciones del área de trabajo 	Energía cinética, energía mecánica, atropellamiento, aplastamiento, golpes, machucones.	Una vez terminado del trabajo y/o Actividad, retire la tarjeta naranja e informe al oficial de bloqueo el final de la intervención.

Fuente: Autor.

## 8.16 NOTIFICACIÓN DE MANTENIMIENTOS

La notificación de órdenes de mantenimiento consiste en la actualización y finalización de órdenes de trabajo de forma precisa según las actividades de mantenimiento desarrolladas.

Para las notificaciones de las órdenes de mantenimiento se debe tener el siguiente flujo en el proceso.

- Notificación de valores medidos y puntos de medida.

Se introducen por medio de las transacciones Ik11, Ik18 los valores medidos en forma de documentos de medición, es decir, se registra el valor del horómetro con el cual fue ejecutado el trabajo de mantenimiento.

Con el documento de medición se puede agregar la hora exacta con la que se realizó el trabajo de mantenimiento, un texto general sobre el documento de medición, el nombre del responsable de la toma del punto de medida y el status del punto de medida.

- Notificación de material utilizado

La notificación de materiales consiste en definir el tipo y la cantidad de materiales empleados para ejecutar un trabajo de mantenimiento. En esta notificación se introduce las devoluciones de materiales no empleado en cada una de las actividades.

Los materiales que se emplea pueden estar en materiales planificados que particularmente son tomados del almacén de stocks y los no planificados que son aquellos materiales que no estaban incluidos en la orden de trabajo pero que fueron necesarios para completar los trabajos de mantenimiento.

➤ Notificación técnica.

Los datos técnicos que se registran sirven para evaluar el servicio del mantenimiento ya que los trabajos en algunos de los casos pueden estar por prestación de servicios. La notificación técnica contempla los datos como la causa de avería, el trabajo y o actividades realizadas, el registro de datos (presiones, desgastes, temperaturas) disponibilidad del activo.

La notificación técnica se realiza por medio de la transacción IW38 dando la opción de cierre técnico que se presenta en el entorno principal de SAP

## **8.17 ANÁLISIS DE MANTENIMIENTOS**

El análisis de los trabajos de mantenimiento ejecutados tiene la finalidad de revisar y verificar los trabajos realizados para establecer oportunidades de mejora. En el análisis de mantenimientos se debe realizar la socialización de las inspecciones realizadas durante la ejecución de los trabajos y plantear la gestión de mejora para solucionar las anomalías encontradas.

En esta etapa se debe estudiar el tiempo empleado en la ejecución del trabajo la cual no debe tener desviaciones en tiempo planeado y que esta no se encuentre con una desviación mayor a la planeada, se identifica nuevas tareas de tipo rutinario para ser registradas con la creación de hojas de ruta, se reportan incidentes ocasionados y se determina los costos reales que no deben tener un desviación mayor a los planeados

Para el análisis de mantenimientos el área de automotores implemento una reunión ampliada cada semana en donde se realiza los días viernes sin excepción alguna. Esta reunión participa personal Holcim y contratista del área véase la figura 29.

Figura 29. Socialización trabajos de mantenimiento



Fuente: Autor.

El planeador de mantenimientos tiene la función de revisar los análisis de aceite enviados a laboratorio y determinar si se encuentra anomalías que requieran procesos de reparación en tiempos inmediatos

### **8.18 ESTADO FINANCIERO DE ACTIVOS**

En la gestión de mantenimiento se establece un modelo que permite que toda actividad de mantenimiento tenga un proceso de identificación, aceptación, planeación, programación y ejecución. En la etapa de planeación es de vital importancia la identificación de los costos de mantenimiento preventivo para poder estimar presupuestos de mantenimiento para años siguientes. A continuación se especifican los costos de los mantenimientos preventivos de las hojas de ruta creadas basadas en las recomendaciones de los fabricantes Caterpillar, Volvo, Tam rock, Sandvick y la experiencia del personal competente del área de automores. La estimación del costo de mantenimiento preventivo de cada frecuencia se realiza por medio de las transacciones del módulo de SAP IW47 e IW3M la cual determina los costos teniendo en cuenta los componentes y horas

hombre (H/H) que se asignan por frecuencia de mantenimiento. En la tabla 32 se evidencian los costos de los mantenimientos preventivos por equipo.

Tabla 34 Costo mantenimientos preventivos

N°	HRuta	Texto Breve	Costo MP según frecuencia (Pesos)			
			250 Horas	500 Horas	1000 Horas	3000 Horas
1	773FV	VOLQUETA CATERPILLAR 773F	854,992	1,682,462	3,952,214	5,020,267
2	349D2L	EXCAVADORA CATERPILLAR 349D2L	547,407	1,316,656	4,182,449	N/A
3	374DL	EXCAVADORA CATERPILLAR 374DL	671,769	1,165,855	5,014,356	N/A
4	772GV	VOLQUETA CATERPILLAR 772G	601,115	1,545,391	3,577,458	5,122,849
5	988H	CARGADOR CATERPILLAR 988H	598,217	1,868,572	6,604,555	N/A
8	769D	VOLQUETA CATERPILLAR 769D	606,268	1,304,536	3,540,916	N/A
9	L350F	CARGADOR VOLVO L350F	247,449	1,342,021	1,447,449	5,392,368
10	D9R	TRACTOR CATERPILLAR D9R	367,657	608,503	2,572,143	N/A
11	700- 2PER	PERFORADOR SANDVICK 700-2	417,400	1,348,022	5,995,855	N/A
13	DP1100I	PERFORADOR SANDVICK DP110I	1,935,552	2,604,318	5,941,677	N/A

Fuente: Autor.

Los costos de mantenimiento preventivos para el año 2019 a la fecha del 23 de septiembre de 2019 son los siguientes:

Tabla 35 Costo mantenimientos 2019

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVOS</b>			
ITEM	Equipo	EQUIPO	Costo mantenimiento COP
1	Volqueta CAT 773F	NO.191-4K1	\$ 30,234,207
2	Volqueta CAT 773F	NO.191-4K2	\$ 28,285,292
3	Volqueta CAT 773F	NO.191-4K3	\$ 32,266,017

ITEM	Equipo	EQUIPO	Costo mantenimiento (Pesos)
4	Volqueta CAT 773F	NO.191-4K4	\$ 28,362,258
5	Volqueta CAT 730	NO.191-4K4	\$ 26,456,258
6	Volqueta CAT 772G	NO.191-4K6	\$ 16,411,513
7	Volqueta CAT 769D	NO.191-435	\$ 24,411,513
8	Cargador CAT 988H	NO.191-426	\$ 24,103,047
9	Cargador VOLVO L350F	NO.191-427	\$ 23,065,791
10	Excavadora CAT 345C	NO.111-4B1	\$ 9,859,367
11	Excavadora CAT 374 DL	NO.111-4B2	\$ 16,896,111
12	Excavadora CAT 324 D	NO.111-4B3	\$ 13,152,395
13	Excavadora CAT 349D2L	NO.111-4B4	\$ 20,983,145
14	TRACTOR CAT D9R	NO.111-4D1	\$ 13,910,187
15	TRACTOR CAT D9N	NO.111-415	\$ 13,910,187
16	Perforador Tam Rock 700-2	NO.111-445	\$ 19,214,708
17	Perforador SANDVIK DP 11000	NO.111-446	\$ 22,898,646
	TOTAL COSTO MANTENIMIENTOS 31/09-2019		\$ 311,196,286

Fuente: Autor.

Con la incorporación de los planes de mantenimiento preventivos con estrategia de mantenimiento basada en frecuencias de tiempos fijos se logra optimizar y tener control directo en los costos de cada frecuencia de mantenimiento identificando las desviaciones que se pueda presentar en cada uno de los planes.

La información obtenida de los análisis de costos es de utilidad para ajustar las estrategias de mantenimiento que se emplean y poder realizar análisis de rentabilidad de cada uno de los equipos en base a la inversión de los recursos monetarios empleados. Con las proyecciones de los mantenimientos y los parámetros empleados en SAP se obtiene la planificación de mantenimientos en un término de un año, de modo que ya teniendo estandarizados los montos económicos de cada frecuencia de mantenimiento se puede establecer los recursos de inversión para los mantenimientos preventivos. A continuación se muestra la tabla 36 a la tabla 52 los mantenimientos proyectados para los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2019.

Tabla 36 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K1

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K1	03/11/2019	14 20 29	12,078,262
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K1	19/11/2019	14	854,992
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K1	06/12/2019	14 20	1,682,462
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K1	22/12/2019	14	3,952,214
<b>TOTAL (COP)</b>				18,567,930

Fuente: Autor.

Tabla 37 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K2

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K1	03/11/2019	14	854,992
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K2	19/11/2019	14 20 29	6,489,668
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	06/12/2019	14	854,992
4K1PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	22/12/2019	14 20	2,537,454
<b>TOTAL (COP)</b>				10,737,106

Fuente: Autor.

Tabla 38 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K3

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	23/10/2019	14	1,682,462
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	08/11/2019	14 20	5,634,676
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	25/11/2019	14	1,682,462
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	12/12/2019	14 20 29	11,223,270
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K3	28/12/2019	14	1,682,462
<b>TOTAL (COP)</b>				21,905,332

Fuente: Autor.

Tabla 39 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K4

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	23/10/2019	14	1,682,462
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	08/11/2019	14 20	5,634,676
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	25/11/2019	14	1,682,462
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	12/12/2019	14 20 29	11,223,270
4K3PREV-773F	MP. VOLQ. 4K4	28/12/2019	14	1,682,462
<b>TOTAL (COP)</b>				21,905,332

Fuente: Autor.

Tabla 40 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K5

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
435PREV-769D	MP. VOLQ. 4K5	24/10/2019	14 20 29	5,451,720
435PREV-769D	MP. VOLQ. 4K5	10/11/2019	14	606,268
435PREV-769D	MP. VOLQ. 4K5	26/11/2019	14 20	1,910,804
435PREV-769D	MP. VOLQ. 4K5	13/12/2019	14	606,268
435PREV-769D	MP. VOLQ. 4K5	29/12/2019	14 20 29 42	6,756,256
<b>TOTAL (COP)</b>				<b>15,331,316</b>

Fuente: Autor.

Tabla 41 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 4K6

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4K6PREV-772G	MP. VOLQ. 4K6	01/11/2019	14 20	2.146.506
4K6PREV-772G	MP. VOLQ. 4K6	18/11/2019	14	601.115
4K6PREV-772G	MP. VOLQ. 4K6	04/12/2019	14 20 29	5.723.964
4K6PREV-772G	MP. VOLQ. 4K6	21/12/2019	14	601.115
<b>TOTAL (COP)</b>				<b>9.072.700</b>

Fuente: Autor.

Tabla 42 Proyección mantenimientos preventivos volqueta 435

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
435PREV-769D	MP. VOLQ. 435	24/10/2019	14 20 29	5,451,720
435PREV-769D	MP. VOLQ. 436	10/11/2019	14	606,268
435PREV-769D	MP. VOLQ. 437	26/11/2019	14 20	1,910,804
435PREV-769D	MP. VOLQ. 438	13/12/2019	14	606,268
435PREV-769D	MP. VOLQ. 439	29/12/2019	14 20 29 42	5,451,720
<b>TOTAL (COP)</b>				<b>14,026,780</b>

Fuente: Autor.

Tabla 43 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B1

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4B1PREV-345C	MP. EXC. 4B1	31/10/2019	14 20	1,837,624
4B1PREV-345C	MP. EXC. 4B1	16/11/2019	14	671,769
4B1PREV-345C	MP. EXC. 4B1	03/12/2019	14 20 29	6,851,980
4B1PREV-345C	MP. EXC. 4B1	20/12/2019	14	671,769
<b>TOTAL (COP)</b>				10,033,142

Fuente: Autor.

Tabla 44 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B2

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4B2PREV-374D	MP. EXC. 4B2	05/11/2019	14	671.769
4B2PREV-374D	MP. EXC. 4B3	21/11/2019	14 20	1.837.624
4B2PREV-374D	MP. EXC. 4B4	08/12/2019	14	671.769
4B2PREV-374D	MP. EXC. 4B5	25/12/2019	14 20 29	6.851.980
<b>TOTAL (COP)</b>				10.033.142

Fuente: Autor.

Tabla 45 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B3

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4B3PREV-324D	MP. EXC. 4B3	24/10/2019	14 20 29	5,451,720
4B3PREV-324D	MP. EXC. 4B3	10/11/2019	14	606,268
4B3PREV-324D	MP. EXC. 4B3	26/11/2019	14 20	1,910,804
4B3PREV-324D	MP. EXC. 4B3	13/12/2019	14	606,268
<b>TOTAL (COP)</b>				10,485,864

Fuente: Autor.

Tabla 46 Proyección mantenimientos preventivos excavadora 4B4

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4B4PREV-349D	MP. EXC. 4B4	24/10/2019	14	671.769
4B4PREV-349D	MP. EXC. 4B4	10/11/2019	14 20 29	6.851.980
4B4PREV-349D	MP. EXC. 4B4	26/11/2019	14	671.769
4B4PREV-349D	MP. EXC. 4B4	13/12/2019	14 20	1.837.624
4B4PREV-349D	MP. EXC. 4B4	30/12/2019	14	671.769
<b>TOTAL (COP)</b>				10.704.911

Fuente: Autor.

Tabla 47 Proyección mantenimientos preventivos cargador 426

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
426PREV-988H	MP. CARG. 426	28/10/2019	14	598.217
426PREV-988H	MP. CARG. 426	07/11/2019	14 20 29 42	9.071.344
426PREV-988H	MP. CARG. 426	18/11/2019	14	598.217
426PREV-988H	MP. CARG. 426	28/11/2019	14 20	2.466.789
426PREV-988H	MP. CARG. 426	09/12/2019	14	598.217
426PREV-988H	MP. CARG. 426	20/12/2019	14 20 29	9.071.344
<b>TOTAL (COP)</b>				22.404.128

Fuente: Autor.

Tabla 48 Proyección mantenimientos preventivos cargador 427

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
427PREV-L350	MP. CARG. 427	25/10/2019	14	247.449
427PREV-L350	MP. CARG. 427	04/11/2019	14 20 29 42	8.429.288
427PREV-L350	MP. CARG. 427	15/11/2019	14	247.449
427PREV-L350	MP. CARG. 427	25/11/2019	14 20	1.589.470
427PREV-L350	MP. CARG. 427	05/12/2019	14	247.449
427PREV-L350	MP. CARG. 427	16/12/2019	14 20 29	3.036.919
427PREV-L350	MP. CARG. 427	26/12/2019	14	247.449
<b>TOTAL (COP)</b>				14.045.473

Fuente: Autor.

Tabla 49 Proyección mantenimientos preventivos perforador 446

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
446PREV-700	MP. PERF. 445	03/11/2019	14 20 29	10.481.547
446PREV-700	MP. PERF. 445	20/11/2019	14	1.935.552
446PREV-700	MP. PERF. 445	06/12/2019	14 20	4.539.870
446PREV-700	MP. PERF. 445	23/12/2019	14	1.935.552
<b>TOTAL (COP)</b>				18.892.521

Fuente: Autor.

Tabla 50 Proyección mantenimientos preventivos perforador 445

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
445PREV-700	MP. PERF. 445	03/11/2019	14	417.400
445PREV-700	MP. PERF. 445	20/11/2019	14 20 29	7.761.277
445PREV-700	MP. PERF. 445	06/12/2019	14	417.400
445PREV-700	MP. PERF. 445	23/12/2019	14 20	1.765.422
<b>TOTAL (COP)</b>				10.361.499

Fuente: Autor.

Tabla 51 Proyección mantenimientos preventivos tractor 415

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
415PREV-D9N	MP. TRAC.D9N	07/11/2019	14	367,657
415PREV-D9N	MP. TRAC.D9N	23/11/2019	14 20	976,160
415PREV-D9N	MP. TRAC.D9N	10/12/2019	14	367,657
415PREV-D9N	MP. TRAC.D9N	26/12/2019	14 20 29	3,548,303
<b>TOTAL (COP)</b>				5,259,777

Fuente: Autor.

Tabla 52 Proyección mantenimientos preventivos tractor 4D1

Plan mant. Preventivo	Descripción posición de mantenimiento	Fecha planificada	Paquetes	Costo (Pesos)
4D1PREV-D9R	MP. TRAC.D9R	03.11.2019	14	367,657
4D1PREV-D9R	MP. TRAC.D9R	20.11.2019	14 20	976,160
4D1PREV-D9R	MP. TRAC.D9R	07.12.2019	14	367,657
4D1PREV-D9R	MP. TRAC.D9R	23.12.2019	14 20 29	3,548,303
<b>TOTAL (COP)</b>				5,259,777

Fuente: Autor.

➤ Reparaciones mayores

En base a las horas de trabajo y los últimos registros de reparación de cada uno de los equipos de la cantera Nobsa se realiza la proyección de las reparaciones de componentes mayores como, motor, convertidor, mandos finales, motores de giro entre otros según recomendaciones de proveedores. Las reparaciones mayores garantizaran que los indicadores de mantenimiento se mantengan en porcentajes altos. (Véase el cuadro 53, 54, 55, 56, 57,58, 59)

Tabla 53 Proyección reparaciones mayores de volquetas

EQUIPO	Costo 2019 (Pesos)	Costo 2020 (Pesos)	Costo 2021 (Pesos)	Costo 2022 (Pesos)
VOLQUETA NO.191-4K1	Frenos y mandos finales		Motor y convertidor	
	Platón		Transmisión	
	Diferencial			
	\$ 299,000,000	\$ -	\$ 292,000,000	\$ -
VOLQUETA NO.191-4K2	Frenos y mandos finales		Motor y convertidor	
	Platón		Transmisión	
	Diferencial			
	\$ 379,000,000	\$ -	\$ 292,000,000	\$ -
VOLQUETA NO.191-4K3	Platón	Frenos y mandos finales	Motor y convertidor	
	Diferencial		Transmisión	
	\$ 265,000,000	\$ 114,000,000	\$ 292,000,000	\$ -
VOLQUETA NO.191-4K4	Platón		Frenos y mandos finales	Motor y convertidor
	Diferencial			Transmisión
	\$ 185,000,000	\$ -	\$ 114,000,000	\$ 292,000,000
VOLQUETA NO.191-4K5	Platón	Motor y convertidor	Diferencial	
		Transmisión		
		Frenos y mandos finales		
	\$ 65,200,000	\$ 315,000,000	\$ 62,600,000	\$ -
VOLQUETA NO.191-4K6			Motor y convertidor	
			Transmisión	
			Frenos y mandos finales	
			Platón	
			Diferencial	
	\$ -	\$ -	\$ 471,000,000	\$ -
VOLQUETA NO.191-435	Motor y convertidor	Transmisión		
	Platón	Frenos y mandos finales		
	Diferencial			
	\$ 355,002,019	\$ 179,002,020	\$ -	\$ -
<b>TOTAL POR AÑO (Pesos)</b>	<b>\$ 1,548,202,019</b>	<b>\$ 608,002,020</b>	<b>\$ 1,523,600,000</b>	<b>\$ 292,000,000</b>
<b>TOTAL REPARACIONES MAYORES HASTA 2022 (Pesos)</b>				<b>\$ 3,971,804,039</b>

Fuente: Autor.

Tabla 54 Proyección reparaciones mayores de excavadoras.

EXCAVADORA	Costo 2019 (Pesos)	Costos 2020 (Pesos)	Costos 2021 (Pesos)	Costos 2022 (Pesos)	Costos 2023 (Pesos)
EXCAVADORA NO.111-481	Motor de giro		Motor		
	Cadenas		Bomba Hidráulica		
	Mandos finales				
	\$ 223,177,510	\$ -	\$ 130,000,000	\$ -	\$ -
EXCAVADORA NO.111-482	Motor		Bombas de giro	Piñones tornamesa	
	Mandos finales		Motores de giro		
	\$ 171,000,000	\$ -	\$ 125,883,000	\$ 88,000,000	\$ -
EXCAVADORA NO.111-483	Mando final izquierdo			Motor	Mando Final derecho
	Bomba hidráulica				
	\$ 38,000,000	\$ -	\$ -	\$ 75,000,000	\$ 18,000,000
EXCAVADORA NO.111-484			Motor		
			Mandos finales		
			Motores de giro	Bomba hidráulica	
	\$ -	\$ -	\$ 224,000,000	\$ 35,000,000	\$ -
<b>TOTAL (Pesos)</b>	<b>\$ 432,177,510</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 479,883,000</b>	<b>\$ 198,000,000</b>	<b>\$ 18,000,000</b>
<b>TOTAL REPARACIONES MAYORES HASTA 2022 (Pesos).</b>					<b>\$ 1,128,060,510</b>

Fuente: Autor.

Tabla 55 Proyección reparaciones mayores de cargadores

EQUIPO	Costos 2019 (Pesos)	Costo 2020 (Peos)	Costo 2021 (Pesos)	Costo 2022 (Pesos)	Costo 2023 (Total)
CARGADOR NO.191-426	Convertidor		Transmisión		
	Diferencial delantero				
	\$ 103,000,000	\$ 342,000,000	\$ 55,000,000	\$ -	\$ -
CARGADOR NO.191-427		Motor yu convertidor	Diferencial delantera		
		Transmisión	Diferencial trasero		
		Mandos finales			
	\$ -	\$ 435,000,000	\$ 114,000,000	\$ -	
<b>TOTAL (Pesos)</b>	<b>\$ 103,000,000</b>	<b>\$ 777,000,000</b>	<b>\$ 169,000,000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL REPARACIONES MAYORES HASTA 2023 (Pesos)</b>					<b>\$ 1,049,000,000</b>

Fuente: Autor.

Tabla 56 Proyección reparaciones mayores de tractores

EQUIPO	Costo 2019 (Pesos)	Costo 2020 (Pesos)	Costo 2021 (Pesos)	Costo 2022 (Pesos)	Costo 2023 (Pesos)
TRACTOR NO.111- 415		Cañon y bastidor	Mandos finales	Motor	Transmisión
				Convertidor	Mandos finales
	\$ -	\$ 150,000,000	\$ 40,000,000	\$ 255,000,000	\$ 125,000,000
TRACTOR No.111-4D1	Cadenas	Motor	Transmisión		
		Convertidor	Mando final izq.		
		Bomba sistema hid.			
		Mando final der.			
	\$ 140,000,000	\$ 365,000,000	\$ 145,000,000		
<b>TOTAL (Pesos)</b>	<b>\$ 140,000,000</b>	<b>\$ 515,000,000</b>	<b>\$ 185,000,000</b>	<b>\$ 255,000,000</b>	<b>\$ 125,000,000</b>
<b>TOTAL REPARACIONES MAYORES HASTA 2023 (Pesos)</b>					<b>\$ 1,220,000,000</b>

Fuente: Autor.

Tabla 57 Proyección reparaciones mayores de perforadores

<i>EQUIPO</i>	<i>Costo 2019 (Pesos)</i>	<i>Costo 2020 (Pesos)</i>	<i>Costo 2021(Pesos)</i>	<i>Costo 2022 (Pesos)</i>	<i>Costo 2023 (Pesos)</i>
PERFORADOR NO.111-445	Compresor	Cadenas	Motor		
	Martillo				
	Bombas hidráulicas				
	Torre				
	Cadenas				
	\$ 265,000,000	\$ 75,000,000	\$ 75,000,000	\$ -	\$ -
PERFORADOR NO.111-446	Martillo	Cadenas	Motor		
			Mandos finales		
			Compresor		
			Bombas hidráulicos		
		\$ 50,000,000	\$ 75,000,000	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 315,000,000</b>	<b>\$ 150,000,000</b>	<b>\$ 75,000,000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 195,000,000</b>

Fuente: Autor.

## 9. CONCLUSIONES

Se determinó que con la gestión de mantenimiento que el área de Automotores tenía implementada para el mantenimiento del equipo móvil de la cantera Nobsa, no se daba cumplimiento a la ejecución de los mantenimientos preventivos, por lo tanto el no tener definido las rutinas de mantenimiento y las actividades con las frecuencias de tiempo recomendadas por los fabricantes se encontraban órdenes de trabajo sin la asignación de componentes, se realizaban los mantenimientos antes de tiempo o en el peor de los casos con exceso de horas, teniendo como producto final el desgaste de componentes y paradas de los equipos no planificadas.

La deficiencia en la gestión de mantenimiento ha tenido como producto el no cumplimiento de los presupuestos proyectados para cada año, ya que no se tenía conocimiento del costo real de cada rutina de mantenimiento preventivo. Con la implementación de los planes de mantenimiento y por medio de la transacción IW47 y la transacción IW3M se obtienen los costos de cada plan de mantenimiento de forma en que SAP genera un informe donde se especifica el costo de los componentes y el costo de horas hombre en conjunto o de forma detallada cada uno.

Con la implementación de los planes de mantenimiento preventivo se logró incrementar en el mes de octubre el indicador de disponibilidad a un 74,7% y el cual tiene que subir paulatinamente hasta lograr una estabilización. Para lograr mantener el indicador de disponibilidad se logrará con la realización de las reparaciones mayores proyectadas (Transmisión, mandos finales, motor, convertidor, etc.) de forma que se garantice que los equipos operen en condiciones y parámetros próximos a los de fabricación.

Con la identificación de las actividades y la descripción paso a paso en los textos modelos para realizar cada trabajo de mantenimiento, se logra dar inicio a la implementación de procedimientos estándar. Los textos modelos deberán estar sujetos a cambios y modificaciones de forma que se ajusten a las necesidades y a los escenarios de trabajo que se presentan día a día en el área de automotores.

En la programación de los planes de mantenimiento preventivo la fecha de anterioridad con la que se debe lanzar las órdenes de trabajo, es decir la configuración del horizonte de apertura en el módulo de SAP por medio de la transacción IP15 debe ser del 65% ya que este porcentaje garantiza que el lanzamiento de la orden de mantenimiento se realice con siete días de

anterioridad, siendo este el tiempo mínimo para que se pueda realizar la planificación y programación de la orden de trabajo en el plan semanal. Para establecer el horizonte de apertura se tomó un plan preventivo 4K1PREV-773F y se realizó la simulación, en donde se identificó que con valores superiores al 65% la orden de mantenimiento no puede ser subida en los planes de mantenimiento lo que afecta de manera significativa los indicadores que el módulo de mantenimiento calcula y con los que la planta califica a los planeadores de mantenimiento.

El éxito de los planes de mantenimiento establecidos para la flota está en la actualización frecuente de los puntos de medida denominados contadores. Se recomienda que los horómetros registrados no tengan diferencias en horas superiores a un valor de 72 horas o tres días, ya que el módulo PM de SAP realiza con su algoritmo interno la reprogramación de las fechas de cada orden de trabajo. Es por eso que los planes de mantenimiento quedaron sujetos a conclusión, es decir, que no se realiza el lanzamiento de una nueva orden de trabajo hasta que la orden anterior haya sido notificada y cerrada técnicamente y comercialmente.

Los trabajos de mantenimiento que se realizan deben tener como base fundamental la supervisión y la inspección del estado actual del equipo, con la finalidad de encontrar fallas o anomalías que requieran de la intervención de con mantenimientos correctivos planificados.

## BIBLIOGRAFÍA

ALMERCOS, Torres; YOEL, Alex. Optimización de la gestión del mantenimiento en una planta concentradora polimetálica teniendo como herramienta el módulo de mantenimiento del SAP, [online]. 2012. Vol. 2, [cited 2019-05-22], pp. 11-23. Available from Internet:< <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/13391> >

BRAVO, Héctor. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en FMECA para la línea melanina SIEMPELKAMP, integrada a sistema SAP, modulo PM para la planta de paneles Arauco SA. [online], 2017. Vol 1, [cited 2019-05-29], pp. 9-24. Available from Internet: <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/11492>

CASTILLO, Gladys. Gestión de procesos de apoyo en el área minera ganímedes código 401696 con la automatización del proceso mantenimiento de maquinarias. [Online], 2016. Vol 1, no 1, [cited 2019-05-20], pp. 5-9. Available from Internet:< <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5519> >

DIEZ, Juan. Sistema de mejora en la gestión de los procesos mineros de planta (Chancado y Molienda). [online], 2015. Vol 1, [cited 2019-05-27], pp. 11-19. Available from Internet: < <http://hdl.handle.net/10757/620718>>

ELIZONDO, Milagro. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos críticos de la unidad estratégica de negocios (UEN) agregados de Constructora Meco SA. [online], 2016. Vol 1, [cited 2019-05-27], pp. 5-17. Available from Internet: < <http://hdl.handle.net/2238/6857> >

GARCIA, Alfonso, PIÑAGO Tonny. Manual SAP PM. 6 ed. España. Elearning ,2011. 430p. ISBN 978-84-16360-13-0

GONZALEZ, Francisco. Indicador de disponibilidad. 2 ed. España.: FC ,2015. 63p. ISBN 84-96169-49-9

LAURA, Gonzalo. Implementación de módulo SAP mantenimiento en una minera de 3000 TMD[online], 2009. Vol. 1, [cited 2019-05-17], pp. 34-45. Available from Internet:< <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/13583>>

PARRA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. 2 ed. España.: INGEMAN ,2012. 27p. ISBN 978-84-95499-67-7

PURIHUAMAN, Bernilla. Propuesta De Implementación De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Disponibilidad De La Maquinaria Pesada (Volquetes) De La Empresa Bazher SRL, Chiclayo, [online], 2016. Vol. 2, no 1.

[cited 2019-05-17], pp. 110-149. Available from Internet:<  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5519> > ISSN 2893-0940

SUÁREZ, Ángel. Programación y control del mantenimiento de maquinaria pesada en Mina Atacocha. [online], 2002 Vol. 1, [cited 2019-05-16], pp. 3-37. Available from Internet:< <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/16724> >

SÁNCHEZ, Juan. Mantenimiento preventivo de equipos y procesos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras. 4 ed. España.: Elearning ,2015. 430p. ISBN 978-84-16360-13-0

VENTURA, Manuel. Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, [online], 2016, vol. 18, no 1, [cited 2019-05-10], pp. 57-67. Available from Internet: < <http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v18i1.1087> >. ISSN 2409-2045

ZEGARRA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo* [online], 2016, vol. 19, no 1, [cited 2019-05-8], pp. 25-37. Available from Internet: < <http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>>. ISSN 2409-2045

## **ANEXOS**

Los anexos se presentan en formato digital por medio de un CD

### **Contenidos del CD**

- Anexo A. Identificación de excavadoras.
- Anexo B. Identificación de volquetas.
- Anexo C. Identificación de cargadores.
- Anexo D. Identificación de perforadores.
- Anexo E. Identificación de tractores.
- Anexo F. Ficha técnica equipos.
- Anexo G. Texto modelo volqueta 772G.
- Anexo H. Texto modelo volqueta 769D.
- Anexo I. Texto modelo excavadora 349D y 345C.
- Anexo J. Texto modelo excavadora 374D y 324.
- Anexo K. Texto modelo cargador 988H y L350.
- Anexo L. Texto modelo perforadores 445 y 446.