

**PLAN DE MEJORAMIENTO DE ACTIVOS FIJOS DE LA FIRMA MORELCO S.A,
EN EL ÁREA DE MAQUINARIA PESADA**

JOEL PAOLO NIÑO ALEAN

WILSON ALBERTO RODRÍGUEZ PORTILLA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER "UIS"
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN ALTA GERENCIA
BUCARAMANGA
2014**

**PLAN DE MEJORAMIENTO DE ACTIVOS FIJOS DE LA FIRMA MORELCO S.A,
EN EL ÁREA DE MAQUINARIA PESADA**

JOEL PAOLO NIÑO ALEAN

WILSON ALBERTO RODRÍGUEZ PORTILLA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA
EN ALTA GERENCIA**

DIRECTOR

ORLANDO CONTRERAS
Ingeniero Industrial



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER "UIS"
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN ALTA GERENCIA
BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

A Dios, por permitirnos alcanzar una más de nuestras metas, a nuestras esposas e hijos por su paciencia y apoyo incondicional en nuestro desarrollo personal, a mis compañeros de especialización por su apoyo incondicional y en general a todas las personas que de una u otra forma ayudaron a nuestro crecimiento profesional.

JOEL PAOLO NIÑO ALEAN

WILSON RODRÍGUEZ PORTILLA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos obtener un logro más en nuestro desarrollo personal.

A todos los catedráticos que durante la especialización en alta gerencia aportaron sus conocimientos, disponibilidad y directrices para convertirnos en profesionales enfocados en la contribución de mejoramientos y gerenciamiento de aspectos relevantes de la industria en nuestra región y el país.

A los ingenieros Orlando Contreras y Néstor Ortiz quienes nos orientaron y retaron nuestras capacidades para la investigación y logro de este trabajo de monografía.

A nuestros compañeros de estudio que día a día fuimos conociendo en este camino, que hasta hoy trazamos juntos en búsqueda de superación profesional y personal.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. GENERALIDADES	24
1.1. JUSTIFICACIÓN	24
1.2. OBJETIVOS	25
1.2.1. Objetivo General	25
1.2.2. Objetivos Específicos	25
2. ALCANCE DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA	27
3. MARCO CONTEXTUAL	28
3.1. GENERALIDADES DE LA GERENCIA DEL MANTENIMIENTO	28
3.1.1 Reseña histórica.	28
3.1.2 Tipos de Mantenimiento.	30
3.1.2.1 Mantenimiento correctivo (CM)..	30
3.1.2.2 El mantenimiento preventivo (PM).	30
3.1.2.3 El mantenimiento de predictivo (PDM).	31
3.1.3 Sistemas confiables del mantenimiento	34
3.1.3.1 Confiabilidad operacional..	34
3.1.3.2 Confiabilidad humana.	34
3.1.3.3 Confiabilidad de proceso.	35
3.1.3.4 Confiabilidad de equipos.	35
3.1.3.5 Mantenimiento de equipos.	35
3.1.3.6 Indicadores de desempeño.	35
3.2. MANTENIMIENTO EN MORELCO.	36
3.2.1 Norma ISO/DIS 14224: 2004.	36
3.2.2 Control del cronograma del trabajo.	36
4. METODOLOGIA	38
4.1 METODOLOGIA	38
4.2 MÉTODO	39
4.3 FUENTE DE INFORMACIÓN	39
4.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	39
5. HALLAZGOS, ANALISIS Y RESULTADOS OBTENIDOS	41
5.1 TIEMPOS Y COSTOS	41
5.1.1 Control del tiempo, costo y otros recursos.	41
5.2 DIAGNOSTICO.	43
5.2.1 Selección adecuada de parámetros.	44
5.2.2 Recolección de datos.	44
5.2.3 Evaluación del estado del equipo.	45
5.2.4 Generación de avisos y toma de decisiones..	45

5.2.5 Órdenes de trabajo y retroalimentación.	45
5.3 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	47
5.3.1. Entrevista.	48
5.3.2 Obtención de datos mediante la entrevista.	48
5.3.3. Recopilación de datos mediante la observación	49
5.3.4. Muestreo.	49
5.3.4.1 Personal entrevistado de la empresa MORELCO S.A	49
5.4 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO EN MORELCO S.A	50
5.4.1 Identificación del trabajo.	50
5.4.2 Definición del trabajo.	53
5.4.3 Planeación.	54
5.4.4 Programación.	55
5.4.5 Alistamiento.	55
5.4.6 Ejecución.	55
5.4.7 Revisión de Hoja de vida de equipos.	56
5.4.7.1. Equipos sin catalogación y listado de repuestos	57
5.5 PROPUESTAS	59
5.5.1 Los Cambios Filosóficos y Teóricos en la organización.	59
5.5.2 El Cambio Comprensivo.	60
5.5.3 El trabajo en equipo..	60
5.5.4 Entrenamiento.	60
5.5.5 Manejo del recurso.	61
5.5.6 Compras.	61
5.5.7 La responsabilidad.	62
5.6 INDICADORES	62
5.6.1 Indicadores de la apreciación global.	62
5.6.2 Indicadores de la Estructura orgánica.	62
5.6.3 Indicadores de Control de Almacenes de Partes.	63
5.6.4 Indicadores de Mantenimiento rutinarios.	63
5.6.5 Indicadores de Desempeño del Equipo.	63
5.7 REORGANIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	64
5.7.1 Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad.	64
5.7.2 PHVA.	64
5.7.3 Mejoramiento continuo.	65
5.7.4 Ejecución del mantenimiento en el tiempo.	65
5.8. DATOS POR ESPECIALIDAD	66
5.9. PLAN DE MEJORAMIENTO	69
5.9.1 Elaboración del plan de mejoramiento del mantenimiento.	69
5.9.2 Implementación de mejoras en el proceso de mantenimiento.	71
5.9.3 Revisión de manuales mantenimiento..	76
6. CONCLUSIONES	77
7. RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	82

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Costos de equipos de maquinaria pesada	42
Tabla 2. Disponibilidad de equipo pesado de MORELCO S.A	43
Tabla 3. Modos de falla presentados en el equipo pesado	45
Tabla 4. Operadores entrevistados por puesto y escalafón	49
Tabla 5. Acompañamiento BEC	50
Tabla 6. Trabajos realizados por BEC	51
Tabla 7. Costos horas hombre por actividad mal programada	52
Tabla 8. Seguimiento al BEC	53
Tabla 9. Ordenes de trabajo planeadas	54
Tabla 10. Porcentaje de ejecución de OTs	56
Tabla 11. Plan de mejora en el mantenimiento	70
Tabla 12. Formato de entrega de un equipo a mantenimiento Protocolo para cambio de custodia	75
Tabla 13. Costo total improductivo equipo pesado y horas hombre	78

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento.	32
Figura 2. Sistema típico de mantenimiento.	33
Figura 3. Sistemas confiables de mantenimiento.....	34
Figura 4. Exposición del objetivo de la entrevista y la observación	47
Figura 5. Exposición del objetivo de la entrevista y la observación	47
Figura 6. Retroexcavadora	57
Figura 7. Side Boom 561B.....	57
Figura 8. Bulldozer.....	58
Figura 9. Side Boom 561C.....	59
Figura 10. PHVA.....	65
Figura 11. Observación en campo.....	67
Figura 12. Observacion en campo.....	67
Figura 13. Observación en campo.....	68
Figura 14. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 1	68
Figura 15. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 2	68
Figura 16. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 3	68

LISTADO DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Acompañamiento BEC	51
Grafica 2. Trabajos realizados por BEC.....	52
Grafica 3. Seguimiento al BEC	54
Grafica 4.Ots planeadas	55
Grafica 5. Porcentaje de ejecución de OTs	56

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de Inspección de actividades	82
Anexo B. Formato de Ruta inspección baterías	83
Anexo C. Formato de Ruta inspección motobomba	84
Anexo D. Formato de lista de chequeo de equipo amarillo	85
Anexo E. Formato de lista de chequeo de grúa telescópica	86
Anexo F. Manual Caterpillar 320 C	87

GLOSARIO

Causa común de falla: los fracasos de los distintos elementos resultantes de la causa directa mismo, producido en un tiempo relativamente corto, en donde estos fracasos no son consecuencias de un nuevo

NOTA Los componentes que fallan debido a una causa común que normalmente se producirá un error en el modo funcional. El término modo común a veces se utiliza, sin embargo, no considera un término preciso para la interpretación de la característica que describe una causa común de falla.

Clase de equipo: Clase de tipo similar de unidades de equipos (por ejemplo, todas las bombas)

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo desempeñe las funciones para las cuales es diseñado, durante un periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación, ambientales y de entorno.

Consecuencias de una Falla: Es el impacto de la falla en la seguridad, medio ambiente, salud de la persona y al negocio.

Datos de los equipos: Parámetros técnicos, operativos y medioambientales que caracterizan el diseño y el uso de una unidad de equipo.

Datos de mantenimiento: los datos que caracterizan la acción de mantenimiento planificado o hecho

Disponibilidad: la capacidad de un elemento para estar en un estado para llevar a cabo una función necesaria en las condiciones dadas en un instante dado del tiempo o durante un intervalo de tiempo dado, suponiendo que se proporcionan los recursos necesarios externos

Falla: Es la pérdida de la capacidad de una instalación, ducto, equipo o componente para desempeñar una función requerida.

Falla crítica: fracaso de una unidad de equipo que produce un cese inmediato de la capacidad para realizar una función requerida.

NOTA incluye los fallos que requieren medidas inmediatas que dejan un elemento sin cumplir la función, aunque en la operación puede continuar por un período corto de tiempo. Se produce una falla crítica en una reparación no programada.

Falla degradada: Falla que no produce cese de la función fundamental del elemento, sino que compromete una o varias funciones del mismo

NOTA: La falla puede ser gradual, parcial o ambas, la función puede verse comprometida por una combinación de la reducción, aumento o salidas irregulares, una reparación inmediata normalmente se puede retrasar, pero con el tiempo esas fallas pueden convertirse en una falla crítica si las medidas correctoras no se toman.

Fallo de los mecanismos proceso físico, químico o de otro tipo que ha conducido a un fracaso

Falla no crítica: fracaso de una unidad de equipo que no causa un cese inmediato de la capacidad necesaria para desempeñar sus funciones.

NOTA Fallos no críticos pueden ser categorizados como tierras degradadas o incipientes.

Falla oculta: fracaso que no es evidente de inmediato por parte del personal de operaciones y el personal de mantenimiento.

Fiabilidad: la capacidad de un elemento para realizar una función necesaria en las condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

Nota La fiabilidad a largo plazo también se utiliza como una medida del rendimiento y la fiabilidad también puede definirse como una probabilidad.

Fuga: Es la pérdida de contención de un líquido o gas debido a una falla en un equipo, ducto o componente.

Función requerida: Función o combinación de funciones de un equipo o componente que se considera necesario para proveer un servicio dado.

Horas-hombre de mantenimiento: la duración acumulada de los tiempos de mantenimiento individual, expresado en horas, usado por todo el mantenimiento de personal para un determinado tipo de acción de mantenimiento o durante un determinado intervalo de tiempo.

Nota. Como varias personas pueden trabajar al mismo tiempo, las horas-hombre no están directamente relacionadas con otros parámetros como TMPR o TMI (ver las definiciones de TMPR y el TMI).

Inspección: Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad

Mantenimiento: Combinación de todas las acciones administrativas y técnicas, incluyendo acciones de supervisión, para conservar o restaurar una instalación, ducto, equipo o componente a un estado tal que pueda llevar a cabo una función requerida.

Mantenimiento Correctivo: Actividades llevadas a cabo después de la ocurrencia de una falla que implica una pérdida completa de la función para restablecer una instalación, ducto, equipo o componente a un estado en el cual pueda desempeñar una función requerida.

Mantenimiento Predictivo: Actividades de inspección, pruebas, análisis, evaluación o medición de las condiciones de una instalación, ducto, equipo o componente, llevadas a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo a criterios prescritos para determinar su probabilidad de falla durante algún período futuro, con objeto de tomar la acción de mantenimiento apropiada para evitar las consecuencias de esa posible falla.

Mantenimiento Preventivo: Actividades llevadas a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo a criterios prescritos o como una recomendación emanada del resultado de una actividad predictiva, para reducir la probabilidad de

falla o la degradación del funcionamiento por debajo de los límites aceptables de operación, seguridad y diseño de una instalación, ducto, equipo o componente.

Mecanismo de falla: Proceso físico, químico u otro que ha conducido a una falla.

Modificación: combinación de todas las acciones técnicas y administrativas destinadas a cambiar un Ítem.

Modo de falla: Es la forma por la cual una falla es observada. Describe en forma general como la falla ocurre y su impacto en la operación de una instalación, ducto, equipo o componente.

Monitoreo de Condición: Es la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de un equipo y comparación con valores que indican si el equipo está en buen estado o deteriorado.

Performance: Es la característica descriptiva del desempeño de una unidad al inicio de su funcionamiento.

Período de vigilancia: intervalo de tiempo (tiempo calendario) entre la fecha de inicio y final de la colección RM de datos.

Redundancia: existencia de más de un medio para realizar una función necesaria de un Ítem.

Registro de mantenimiento: parte de la documentación de mantenimiento, que contiene todos los fallos, averías y mantenimiento de información relativa de un equipo.

Nota. Este registro también puede incluir los gastos de mantenimiento, disponibilidad de los equipos o el tiempo y otros datos, cuando amerite.

Rehabilitación: Actividad que consiste en restituir a las condiciones originales de funcionalidad en forma integral a una instalación, sistema, ducto, equipo o componente.

Reparación mayor (Overhaul): Reparación de un equipo dinámico con inspección de detalle, desensamble completo, reacondicionamiento y reemplazo de componentes de acuerdo a lo especificado o requerido.

Subunidad: montaje de los elementos que proporciona una función específica que se requiere para la unidad de equipo principal dentro del límite para alcanzar el rendimiento previsto

Sustitución: Es la reposición total de un equipo, ducto o componente por otro que cumpla con las funciones requeridas.

Taxonomía: clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basados en factores posiblemente común a varios de los elementos de una unidad.

Tiempo de intervalo: tiempo durante el cual un ítem se encuentra en estado de funcionamiento.

Tiempo de mantenimiento de activos: Es aquel que parte del tiempo de mantenimiento durante el cual una acción de mantenimiento se realiza en un elemento, ya sea automática o manualmente, con exclusión de los retrasos logísticos

Unidad de equipo: Unidad específica de un equipo dentro de una categoría que se define por sus límites (por ejemplo, una bomba)

Verificación: Actividades que se realizan para comparar valores de una variable, un equipo o instrumento, con el fin de encontrarlas dentro de rango.

ABREVIATURAS

BEC:	Cuidado Básico del equipo
CM:	(Condition Monitoring) Monitoreo de condición
CMMIS:	(Computerised Maintenance Management Information System) Sistema de información administrativa computarizado de Mantenimiento
CONF:	(Confiabilidad)
DISP:	(Disponibilidad)
FTA:	(Fault Tree Analysis) Árbol de análisis de falla
FMECA:	(Failure mode, Effect and Criticality Analysis) Análisis de criticidad y Efecto de modo de fallo
FMEA:	(Failure Mode Effect Analysis) Análisis de efectos de modo de falla
LCC:	(Life Cycle Cost) Costo del ciclo de vida
KPI:	(Key Performance Indicators) Indicadores claves de rendimiento
MI:	(Maintainable Item) Item mantenible
MTBF:	(mean Time between Failures) Tiempo medio entre falla
MTTF:	(Mean Time to Failure) Tiempo para fallar
MTTR:	(Mean Time to Repair) Tiempo medio para reparar
MTTM:	(Mean Time to Maintenance) Tiempo medio para el mantenimiento
PM:	(Preventive Maintenance) Mantenimiento preventivo
RA:	(Reliability and Availability) Confiabilidad y disponibilidad
RAM:	(Reliability, Availability and Maintainability) Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad
RBI:	(Risk Based Inspection) Inspección basado en el riesgo

- RCM:** (Reliability Centred Maintenance) Mantenimiento centrado en Confiabilidad
- RM:** (Reliability and Maintenance) Confiabilidad y mantenimiento
- SIL:** (Safety Integrity Leve) Nivel integrado de seguridad
- TTF:** (Time to Failure) Tiempo para fallar
- TTR:** (Time to Repair) Tiempo Para Reparar

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MEJORAMIENTO DE ACTIVOS FIJOS DE LA FIRMA MORELCO S.A. EN EL AREA DE MAQUINARIA PESADA¹

AUTORES: JOEL PAOLO NIÑO ALEAN, WILSON ALBERTO RODRIGUEZ PORTILLA².

PALABRAS CLAVE: PLANEACIÓN, PROCESOS, MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, COSTOS, PROCEDIMIENTOS.

DESCRIPCIÓN:

La empresa contratista Morelco S.A fue constituida en el año 2007, cuenta con experiencia en la construcción de obras civiles, eléctricas, instrumentación, tubería, montajes electromecánicos y puesta en marcha de estaciones y plantas de refinación con Ecopetrol a nivel Nacional

Al gestionar de forma integral los activos físicos de una empresa a lo largo del ciclo de vida, se asegura su sostenibilidad y permite la optimización de aspectos como el costo, riesgo y desempeño, los cuales se deben tener en cuenta para no comprometer en el futuro la supervivencia de la empresa. A nivel nacional, el mantenimiento preventivo es una de las herramientas más usadas para disminuir el deterioro de activos o maquinarias y agilizar procesos.

Para realizar está monografía iniciamos con una investigación, recolección de información y revisión de formatos de registros, para analizar los datos estadísticos y determinar las posibles fallas de los equipos con que cuenta la empresa, y con base a esto poder elaborar procedimientos de mantenimiento de acuerdo a los resultados obtenidos por medio de un plan de mejoramiento para cumplir con los indicadores, optimizar los tiempos y reducir los costos. Con este trabajo de Monografía se busca identificar las oportunidades de mejora en cada una de las etapas del proceso de mantenimiento de la firma Morelco S.A. en el área específica de maquinaria pesada.

¹ Monografía

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales- Especialización en Alta Gerencia.-Director: ORLANDO CONTRERAS.

ABSTRACT

TITLE: IMPROVEMENT PLAN OF FIXED ASSETS MORELCO S.A. FIRM IN THE AREA OF HEAVY MACHINERY³

AUTHORS: JOEL PAOLO NIÑO ALEAN, WILSON ALBERTO RODRIGUEZ PORTILLA⁴

KEY WORDS: PLANNING, PROCESS, IMPROVEMENT, MAINTENANCE, COST, PROCEDURE.

DESCRIPTION:

The contractor company Morelco S.A. was constituted in 1997; it has experience in the construction of civil works, electrical, instrumentation, piping, electromechanical assembly and commissioning of stations and refining plants with Ecopetrol at National level.

To holistically manage the physical assets of a company throughout the life cycle, ensures sustainability and allows optimization of aspects such as cost, risk and performance, which should be taken into account to avoid compromising future survival of the company. Nationwide preventative maintenance is one of the most used tools to reduce the impairment of assets and streamline processes or machinery.

For this monograph we began with an investigation, data collection and review of record formats to analyze statistical data and identify potential equipment failures available to the company, after that we were elaborated maintenance procedures according to the results obtained through an improvement plan to meet the benchmarks, optimize time and reduce costs. With this monograph we seek to identify opportunities for improvement in each of the stages of the process of maintaining of the contractor company Morelco S.A. in the specific area of heavy machinery.

³ Monograph

⁴ Faculty Physical-Mechanical Engineering's, School of Industrial and Business Studies-Specialization in High Management. Directed by ORLANDO CONTRERAS

INTRODUCCIÓN

Al gestionar de forma integral los activos físicos de una empresa a lo largo del ciclo de vida, se asegura su sostenibilidad y permite el mejoramiento de aspectos como el costo, el tiempo y los resultados, los cuales se deben tener en cuenta para generar solidez para la empresa en el futuro.

En la actualidad todos los sistemas de manufactura se ven obligados a trabajar de la mano con el mantenimiento, con el objetivo de aumentar los tiempos de trabajo productivo, alcanzando de esta forma mayor eficiencia en la construcción de un servicio o producto en general. Por ello este trabajo de monografía lleva a conocer algunas ventajas e implementar acciones relacionadas con el cuidado básico de los equipos de la empresa MORELCO, dedicada a la construcción de obras civiles, montajes electromecánicos, instrumentación industrial y mantenimiento desde el año 1977, ya que esta maquinaria y activos es usada para los trabajos de construcción en los diferentes frentes de trabajo que posee la empresa con ECOPETROL S.A y las demás industrias de la región y a nivel país.

Es indispensable identificar estrategias que garanticen una larga vida productiva de equipos y maquinaria con el fin de ofrecer servicios más duraderos y de calidad competitiva sin afectar de manera significativa el indicador de costos y gastos de la compañía.

1. GENERALIDADES

1.1. JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional, el mantenimiento preventivo es una de las herramientas más usadas para disminuir el deterioro de activos o maquinarias y agilizar procesos⁵, aunque cabe resaltar que la aplicación de este tipo de mantenimiento no siempre es la solución más adecuada, depende del enfoque o de la necesidad que requiera el servicio para la efectividad en el desarrollo del proyecto.

En ciertos sectores se aplica otro tipo de mantenimiento el correctivo, debido a que no se protege con anterioridad la vida útil de los equipos, no se cumple con los cronogramas, no se revisan los procesos efectuados por estas. Hay que tener en cuenta que este tipo de mantenimiento es obsoleto, no genera ningún beneficio ya que reduce considerablemente la vida útil de la máquina y aumenta los costos de reparación. Por este motivo se deben buscar alternativas que minimicen los correctivos en las máquinas y una opción viable es la elaboración de planes de mantenimiento.

La gestión administrativa y la ejecución del mantenimiento, se encuentran directamente relacionadas, su principio es establecer estrategias que garanticen el seguimiento de cronogramas, cumplimiento en tiempos de ejecución y entrega, garantizando a su vez un mejoramiento de la capacidad y confiabilidad de los equipos, con el fin de contribuir en el desarrollo de la calidad de productos y servicios ligados al mejoramiento continuo, la seguridad en la operación y las mejoras aplicadas al medio ambiente.

Actualmente en la gestión de mantenimiento se han evidenciado falencias en las diferentes etapas. Para el Departamento de mantenimiento de la firma MORELCO es importante el cumplimiento de los indicadores y el aseguramiento de procesos, es necesario seguir estrategias que minimicen los tiempos de paradas de equipos, actualmente en el área de maquinaria pesada se cuenta con 12 equipos que son considerados como críticos, debido a que presentan tiempos elevados de operación y se requiere estén en condiciones operacionales. Cada máquina por fuera de servicio representa alrededor de ciento diez mil pesos la hora, a estos cifras se suma el tiempo medio para reparar un equipo (TMPR) que oscila en 30

⁵ García, Palencia Oliverio. Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad, 2005.

días calendario. Operacionalmente se generan retrasos en los tiempos de entrega, aumento en los costos por alquiler de equipos, aumento en los costos por compra de repuestos y reducción en la vida útil de los equipos.

Este trabajo o propuesta motiva al especialista en alta gerencia a asociarse con los procesos productivos y contribuir con la organización del área de gestión de activos de la firma MORELCO, de acuerdo a los conocimientos teóricos adquiridos en las cátedras de Gerenciamiento de economía para ingenieros entre otras, que son enfáticas en la implementación de estrategias que permitan mejorar los indicadores, identificar tiempos usados en la corrección de fallas y una trazabilidad en todo el proceso de mantenimiento en las diferentes etapas de seguimiento en el uso de la herramienta **ISO/DIS 14224: 2004**, se logrará la optimización de las etapas identificadas con oportunidades de mejora, a continuación se determinarán las acciones para la toma de decisiones enfocadas en los equipos o activos y operarios para la optimización de todo el proceso y aprovechamiento de las horas hombre de mantenimiento asignadas en los diferentes programas desde la perspectiva normalista de clase mundial empleando normas, referencias y estrategias comunes para llevar a cabo el control y administración de elementos constituyentes de la cadena de valor de una unidad productiva.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Realizar un plan de mejoramiento de activos fijos de la firma MORELCO S.A, segmentado específicamente en el área de maquinaria pesada, verificando el estado actual de los activos y revisando el modelo de mantenimiento, para cubrir las necesidades requeridas en los diferentes frentes de trabajo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Recolectar información de las etapas del proceso por medio de formatos de registro, para analizar los datos estadísticos y determinar las principales fallas.
- Analizar las principales fallas en cada una de las etapas a través del estudio de métodos y tiempos aplicado según el nivel de criticidad y prioridad, para determinar las estrategias a seguir

- Revisar los principales indicadores de gestión en el desarrollo del mantenimiento, para verificar en cada etapa el cumplimiento de acuerdo a los tiempos establecidos, el manejo de recursos
- Elaborar procedimientos de mantenimiento de acuerdo a los resultados obtenidos por medio de un plan de mejoramiento, para cumplir con los indicadores, optimizar los tiempos y reducir costos

2. ALCANCE DEL TRABAJO DE MONOGRAFIA

Este trabajo de monografía busca identificar las oportunidades de mejora en cada una de las etapas del proceso de mantenimiento de la firma MORELCO en el área específica de maquinaria pesada, basado en la norma **ISO/DIS 14224: 2004**, que permite identificar las principales falencias en los diferentes procesos durante el desarrollo del mantenimiento que puedan generar pérdidas económicas y de tiempo en las especialidades de construcción de obras civiles, montajes electromecánicos y de instrumentación industrial, es importante el seguimiento de cronogramas para identificar los tiempos usados en el desarrollo de las actividades, como especialistas en alta gerencia se optimizarán cada una de las etapas identificadas en el proceso y gestión del mantenimiento. La información será recolectada en un tiempo de seis (6) meses, tiempo en el cual se analizarán los datos, se obtendrán resultados y se realizarán las mejoras para aumentar la eficiencia en el desarrollo del mantenimiento por medio de un plan de acuerdo a las principales fallas encontradas para los equipos.

Propende aumentar la productividad, la confiabilidad, aplicando las mejores prácticas o metodologías de otras industrias.

3. MARCO CONTEXTUAL

3.1. GENERALIDADES DE LA GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

3.1.1 Reseña histórica⁶. La evolución organizacional de la gerencia del mantenimiento a nivel mundial en todas las industrias, ha experimentado cambios significativos referenciales para la determinación actual de la gestión requerida para la mejor utilización de los recursos de una organización, los cuales generaron históricamente su evolución. Hasta la década de 1980 la industria de la mayoría de los países occidentales tenía un objetivo bien definido el monopolio del mercado y por ende la obtención de la máxima rentabilidad para una inversión dada.

Sin embargo, con la incursión de la industria oriental en el mercado occidental, el consumidor pasó a ser considerado un elemento importante en las adquisiciones, o sea, dejó de ser el cliente conformista pasando a exigir la calidad de los productos y los servicios suministrados, siendo esta demanda la que produjo que las empresas consideraran este factor, “calidad”, como una necesidad para mantenerse competitivas⁷ y en el margen mercantil, especialmente en el mercado internacional.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos ya que en 1975⁸, la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como:

Producción = Operación + Mantenimiento.

Donde al segundo factor de esta ecuación, pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la Operación.
- Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios.

⁶ Pérez, Carlos Mario. Confiabilidad y evolución del Mantenimiento, 2011.

⁷ Peñaloza, Marlene. Tecnología e innovación factores claves de la competitividad, 2007.

⁸ Tavares, Lourival. Administración moderna del Mantenimiento, 2010.

- Garantía de funcionamiento de las instalaciones y maquinarias, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo técnico industrial de la humanidad. A fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación⁹.

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, instituida por Ford, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de esto, sintieron la necesidad de formar equipos humanos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como “Mantenimiento Correctivo”. De este modo, los organigramas de las empresas presentaban la posición del mantenimiento.

Tiempo después los empresarios comenzaron a sufrir por los costos que ocasionada el mantenimiento correctivo y en aras de minimizar esta salida de dinero comienza a aparecer el mantenimiento preventivo el cual tenía la función de prevenir y evitar la fuga de dinero de los empresarios para aumentar los ingresos manteniendo a bajo los costos y los gastos.

Diez años, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevos modelos de mantenimiento para así lograr una mejor calidad y una excelencia. Estos modelos son: TPM, 5S, KAISEN y RCM¹⁰. Según autores como Dounce¹¹ y Boulcy¹² la gestión de activos es importante en el mantenimiento, pues permiten aumentar los índices de productividad.

⁹ Tavares, Lourival. Administración moderna del Mantenimiento, 2010.

¹⁰ Estos modelos se utilizan para realizar mejoras en cada una de las etapas de la organización, se implementa para incrementar los resultados.

¹¹ Dounce Villanueva, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial, 2009.

¹² DOUNCE –La productividad del mantenimiento industrial, 1999

3.1.2 Tipos de Mantenimiento.

3.1.2.1 Mantenimiento correctivo (CM)¹³. Con los recursos y partes identificadas, el mantenimiento correctivo puede llevarse a cabo en una manera más eficiente; el personal puede asignarse para satisfacer las necesidades de los diferentes equipos. Los costos son directamente asociados al centro del recurso individual, de allí deben relacionarse en las órdenes de trabajo, las cuales se encuentran cargadas al número del recurso en cuestión, para que los costos se asocien con la orden de trabajo para las partes, los materiales y labor son entonces eficazmente acumuladas, estas a su vez son usadas para el análisis del costo exacto, y para reforzar la previsión de la actuación.

La relación existente entre la producción y mantenimiento, debe ser clara; lo que está haciéndose, por quién, dónde, cuándo y cómo. Desarrollando los procedimientos escritos en conjunto para el sistema de orden de trabajo¹⁴, se asignan las responsabilidades detalladas al personal específico para la realización e información del trabajo. El uso de operadores para hacer el mantenimiento rutinario aumenta actividades como la lubricación, el ajuste menor es esencial.

La Planeación es la fase crítica en el sistema de orden de trabajo, es el Proyectista que ubica la labor esperada, material y requisitos de línea de tiempo, debe cargarse y debe ser autorizado para hacer la determinación de cuánto trabajo puede lograrse en un lapso de tiempo dado para cada centro del recurso.

El atraso debe manejarse eficazmente para que no crezca a un tamaño inmanejable.

3.1.2.2 El mantenimiento preventivo (PM)¹⁵. El programa de PM también debe sufrir una re-evaluación total para determinar su suficiencia y efectividad; el tiempo por fuera de servicio no programado y las averías de equipo frecuentes indican que ese PM no se está realizando de manera correcta y oportuna, el objetivo real del PM es reducir tiempos fuera de servicio y averías a un nivel que es aceptable y manejable por los departamentos específicos.

¹³ Palacio P., Alvaro. "Total Productive Maintenance: Implementando el TPM", 2013

¹⁴ Palacio P., Alvaro. "Total Productive Maintenance: Implementando el TPM", 2013

¹⁵ Hlatt Bruce. Las mejores prácticas en Mantenimiento, 2003.

El programa de PM eficaz debe ponerse para trabajar de forma inmediata al acontecimiento de tipo correctivo y un programa de mantenimiento predictivo que garantice la aparición de averías o corregirlas a tiempo.

Es fundamental una buena coordinación en el desarrollo de la planeación, para obtener excelentes resultados, el objetivo es la identificación de posibles fallas a presentarse, se debe hacer un análisis de situaciones; es clave contar con el stock de repuestos, personal que garantice confiabilidad, seguimiento de procedimientos y directrices establecidas.

3.1.2.3 El mantenimiento de predictivo (PDM)¹⁶. El uso eficaz de herramientas de prevención es esencial, se busca prolongar la vida operacional útil de cada equipo. A través de la aplicación apropiada de variadas herramientas disponibles al personal de mantenimiento, los diagnósticos son cada vez más precisos, permiten identificar fácilmente y son eficaces en el momento de precisar la posible falla. Las herramientas del predictivo más comunes disponibles a los departamentos de mantenimiento son: el análisis de vibración, análisis de la lubricación, termo grafías y ultrasonidos.

La aplicación correcta y los usos tempranos de esas herramientas ayudarán en la identificación de problemas inminentes antes de que estos se conviertan en catastróficos.

PDM debe volverse una parte rutinaria de cualquier Producción regular y PM por consiguiente que programa si es ser eficaz.

Estas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad¹⁷ y entregando oportunamente los pedidos a los clientes. Los sistemas de producción han sido optimizados como un sistema integral y son estudiados de manera extensa en comparación con los sistemas de mantenimiento. En la figura N° 1, se visualiza la relación entre objetivos de la organización, el proceso reproducción y el mantenimiento.

¹⁶ García Palencia Oliverio. Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad 2005.

¹⁷ Duffua, Salih. Sistemas de mantenimiento, planeación y control, 2000

Figura 1. Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento.



Fuente. Duffuaa (2000)

Desde hace mucho tiempo se ha tomado en cuenta el papel de los sistemas de mantenimiento en las empresas manufactureras; sin embargo, es claro que las funciones del mantenimiento también son esenciales en la empresa de servicios como hospitales, bancos, instituciones educativas y tiendas de departamentos.

En organizaciones como los hospitales, por ejemplo, las máquinas de rayos X y de exploración del cerebro deben mantenerse funcionando todo el tiempo debido a que son equipos fundamentales para la vida humana. Los conceptos, modelos y técnicas que se presentan en el libro Duffua, Salih (Sistemas de mantenimiento, planeación y control, 2000) en cuanto a la planeación, diseño, organización y control de los sistemas de mantenimiento; son aplicables a todas las organizaciones que realizan una función de negocios. Por lo tanto, el lector deberá estar consciente de que existe un amplio espectro para el empleo del material de este trabajo de monografía.

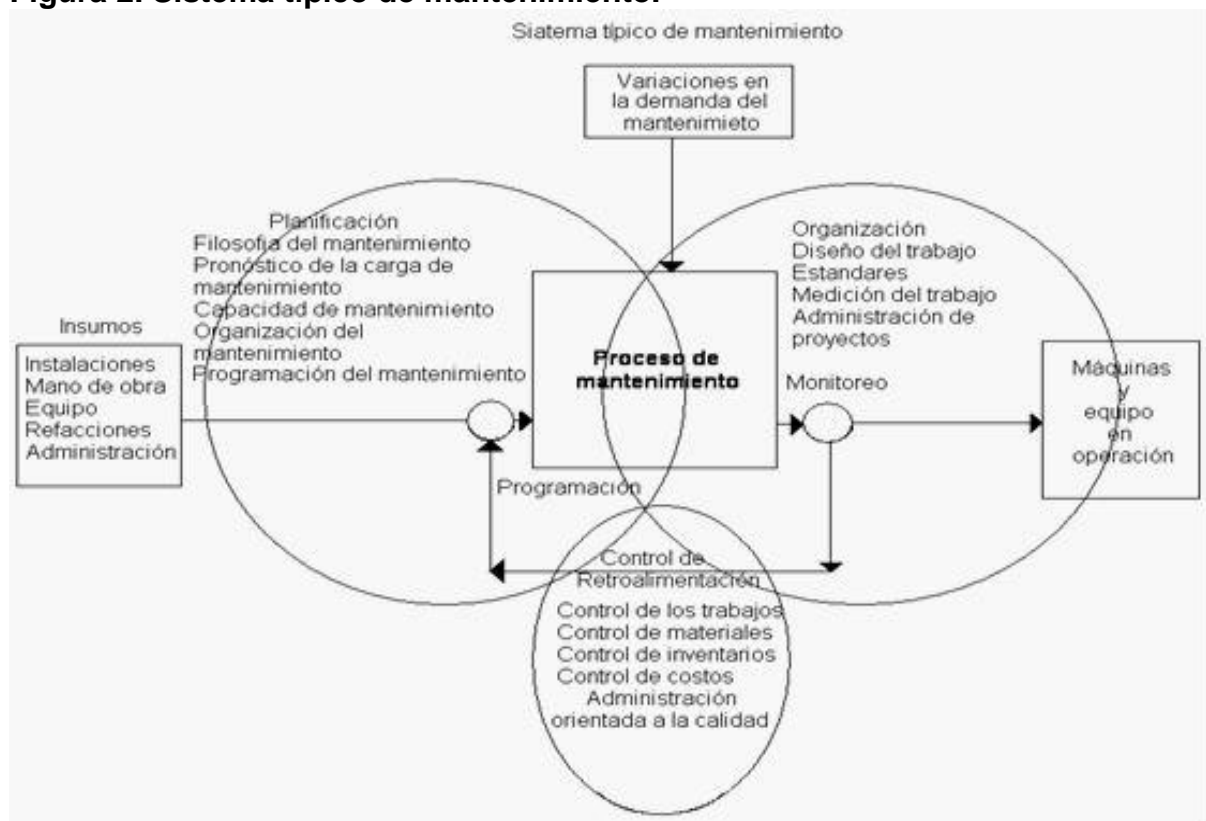
Un sistema de mantenimiento puede verse como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son de mano de obra, administración,

herramientas, refacciones, equipo, etc., y la salida es un equipo funcionando, confiable y bien configurado para lograr la operación planeada de la planta.

Esto nos permite utilizar los recursos para aumentar al máximo las salidas de un sistema de mantenimiento. En la figura N° 2 se muestra un sistema típico de mantenimiento, igualmente se evidencian las actividades necesarias para hacer que este sistema sea funcional, a saber, planeación, organización y control.

Duffuaa, (2002) presenta los componentes de un sistema de mantenimiento que necesitan planearse y organizarse a fin de incrementar sus salidas y lograr la mejor utilización de los recursos.

Figura 2. Sistema típico de mantenimiento.



Fuente. Duffuaa (2002)

3.1.3 Sistemas confiables del mantenimiento¹⁸

Figura 3. Sistemas confiables de mantenimiento



3.1.3.1 Confiabilidad operacional¹⁹. La Confiabilidad Operacional como estrategia esencial de la Gestión de Activos, se define como el desarrollo de una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistémica y sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías de mantenimiento, para la planeación, ejecución y control de la producción industrial. Lleva implícita la capacidad total de la organización (procesos, tecnología y talento), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

3.1.3.2 Confiabilidad humana²⁰. Confiabilidad humana se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de todas las personas pertenecientes a cada proceso de la organización, sin presencia de fallas o errores producto del conocimiento, en el desarrollo de su competencia laboral. Reúne varios elementos de proyección personal que tienen como objetivo la explotación de conocimientos, habilidades y destrezas para producir "Capital Humano", teniendo como resultado el incremento en la capacidad de producción desde el punto de vista de horas hombre en el seguimiento de indicadores durante el mantenimiento.

¹⁸ ACUÑA ACUÑA, Jorge. Ingeniería de confiabilidad, pág 292. 2005.

¹⁹ ARATA A. Adolfo. Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional, pág 317. 2009

²⁰ Ibid 1, pág 297

3.1.3.3 Confiabilidad de proceso²¹. Se considera confiabilidad de proceso a la capacidad de operar dentro de los rangos normales de operación los diferentes equipos que intervienen en el sistema; además se ajustan a estrictos estándares de calidad, que aseguran un buen funcionamiento de acuerdo a lineamientos que permiten generar habilidades para prevenir posibles fallas, reflejadas en optimización de tiempo en la solución de problemas.

3.1.3.4 Confiabilidad de equipos. Es el resultado de una estrategia eficaz en el mantenimiento, realizado dentro de los tiempos previstos, asegurando el buen funcionamiento de todos sus componentes, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y su uso en los parámetros operacionales; cuya finalidad es evitar el deterioro avanzado, las averías por fallas inesperadas y extender el tiempo medio entre esas fallas.

3.1.3.5 Mantenimiento de equipos. Son todas aquellas intervenciones que se realizan sobre un equipo teniendo como objetivo la mejora continua, desde diferentes perspectivas: correctivo (cuando ocurre una falla inesperada que debe ser intervenida inmediatamente, para no tener costos elevados por parada de equipos), preventivo (para evitar posibles fallas, así como el deterioro del equipo por factores del ambiente en el que opera) y predictivo (se cuenta con monitoreo constante que determina de una manera más eficaz los componentes más propensos a fallas y su intervención temprana).

3.1.3.6 Indicadores de desempeño. Los indicadores de desempeño permiten focalizar los esfuerzos de la organización a la efectividad del negocio; integran y reflejan la contribución de la disponibilidad de activos, valores de producción, y nivel de calidad, como parte relevante de la rentabilidad de los centros de trabajo.

A efecto de contar con una visión integral en la evaluación del desempeño de los activos y por consiguiente en la determinación de las principales áreas de oportunidad, se integraron bajo un mismo contexto, la disponibilidad mecánica y la utilización de las instalaciones productivas, que en primera instancia incorpora a las plantas de proceso.

²¹ Acuña Acuña, Jorge. Ingeniería de confiabilidad, pág 17. 2005.

3.2. MANTENIMIENTO EN MORELCO.

En cumplimiento de los más altos estándares de calidad exigidos actualmente en el desarrollo de los diferentes proyectos, la empresa MORELCO se encuentra certificada en todas las normas de calidad que garantizan la ejecución de todos los parámetros establecidos para alcanzar la excelencia operacional. Además de contar con avanzadas herramientas operativas que contribuyen al fortalecimiento en cada una de las áreas en las que interviene, es indispensable la implementación y el seguimiento de normas internacionales en todos los procesos entre ellas:

3.2.1 Norma ISO/DIS 14224: 2004. La Norma internacional ISO/DIS 14224 : 2004, es una herramienta administrativa aplicada por la empresa MORELCO, es usada para registrar eventos y experiencias en la construcción de obras civiles, montajes electromecánicos y de instrumentación industrial, aplicando conceptos conocidos con límites y jerarquías establecidas en la estrategia de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM, dentro de conceptos técnicos y mejores prácticas de acuerdo a las experiencias en la industria, se enfatiza en la seguridad, la confiabilidad y el mantenimiento de equipos, teniendo en cuenta los costos de su ejecución, también las facilidades y prevenciones hacia la afectación del medio ambiente; de ésta manera se logra potencializar el alcance del mantenimiento. Relacionado directamente con la producción, mostrando resultados a los clientes y orientados a la consecución de las metas establecidas, en este caso a la empresa ECOPETROL S.A o Industrias de la región y del país.

3.2.2 Control del cronograma del trabajo. Según Randolph y Posner (1993)²² un cronograma de trabajo es la organización gráfica de las diferentes actividades mediante las cuales se puede obtener la realización secuencial de un buen mantenimiento o proyecto. Estos autores sostienen la existencia de estudios que han demostrado que las personas de éxito se esfuerzan por organizar su tiempo y sus actividades, asegurando un comportamiento acorde con sus metas; y asumen que hacer lo mismo cuando se trata de proyectos ofrece algunas ventajas entre las que se pueden mencionar:

1. Se tendrá un plan más realista, una imagen más precisa de lo que puede suceder en la medida que avance el mantenimiento o proyecto.
2. Se dispondrá de una mayor capacidad para pronosticar los pasos siguientes.

²² Randolph. Organización y control de la producción, 1993.

3. Se sabrá donde concentrar atención y esfuerzos para mantener el mantenimiento o proyecto dentro del programa de trabajo y del presupuesto.
4. Se podrá anticipar los cuellos de botellas y demás problemas de coordinación antes que se presenten.
5. Es una valiosa herramienta que permite la coordinación y la comunicación.
6. Es una herramienta que permite aumentar el nivel de compromiso e identificar responsabilidades y fechas límites.
7. Permite manejar el tiempo, la calidad y el presupuesto simultáneamente. Para la realización de un cronograma de trabajo existen diferentes formas.

4. METODOLOGIA

4.1 METODOLOGIA

Al iniciar el desarrollo de la monografía es importante la planeación, la cual se puede denominar metodología; de la cual Taylor y Bodgan²³ señalan *“define la metodología es simultáneamente tanto la manera cómo enfocamos los problemas, como la forma en que le buscamos las respuestas a los mismos es el camino a seguir, donde se incluye el tipo de investigación, el método y los instrumentos para la recolección de la información.”*

Esta monografía desarrolla la siguiente metodología, la cual tiene la estructura de acuerdo a los lineamientos del programa de mantenimiento: **Identificar** la criticidad de los equipos en el momento de la realización del mantenimiento, teniendo en cuenta las principales fallas, los repuestos más usuales, estado de equipos y el tipo de mantenimiento. **Definir** los indicadores de cumplimiento, las especificaciones técnicas de equipos, el tipo de mantenimiento de acuerdo a la criticidad. **Planear** las rutinas de mantenimiento con respecto a los tiempos, costos e indicadores, relacionando el tipo de mantenimiento, la disponibilidad y confiabilidad de los diferentes equipos. **Programar** los equipos teniendo en cuenta disponibilidad de repuestos, sincronización con el cliente, equipos en stand by.

De igual forma, se apoya en los lineamientos de la investigación descriptiva; lo que se pretende es describir las diferentes etapas que conforman el mantenimiento de tipo preventivo y correctivo en el área específica de maquinaria pesada, para conseguir unos objetivos de mejora operacional teniendo en cuenta la optimización de los tiempos en la realización de las actividades, a continuación

Se ha identificado como objeto de estudio el área de maquinaria pesada en la empresa MORELCO con operaciones en la refinería de Barrancabermeja y como población al personal de mantenimiento, de operaciones y administrativo de las especialidades construcción de obra civil, montajes electromecánicos e

²³ TAYLOR Y BODGAN. Introducción a los métodos cualitativos de investigación 1992.

instrumentación industrial, los cuales tienen información importante para el desarrollo de la propuesta.

Entre las técnicas a utilizar se plantea la revisión documental, con el fin de recopilar información relacionada con el historial de planeación, cumplimiento de tiempos programados, historial de equipos por fuera de servicio, cumplimiento de órdenes de trabajo, seguimiento de horas hombre.

4.2 MÉTODO

El método permite organizar el procedimiento lógico general a seguir en el conocimiento y llegar a la observación, descripción y explicación de la realidad.

El método utilizado en la monografía es el de análisis causa- efecto, para posteriormente realizar un análisis y síntesis,, considerando que se identificarán las fallas más recurrentes que se presentan en las etapas que caracterizan el desarrollo del mantenimiento, en el área de maquinaria pesada para la firma en la refinería de Barrancabermeja, evidenciando las causas-efectos que producen las fallas a nivel técnico y administrativo, presentando alternativas de solución y mejoras significativas a los planes de mantenimiento.

4.3 FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente primaria: seguimiento a Personal técnico y administrativo de construcción de obras civiles, montajes electromecánicos e instrumentación industrial que será tratada a través de los lineamientos de la estadística.

Fuentes secundarias: Los informes que reposan en los archivos con relación a las actividades programadas, realizadas y cerradas, serán la base para recolección de información sobre los aspectos técnicos, de seguridad como resultado de la actividad.

4.4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El tratamiento de la información primaria, conformada por el seguimiento al personal técnico y administrativo de construcción de obras civiles, montajes

electromecánicos e instrumentación industrial de acuerdo a la norma **ISO/DIS 14224: 2004**; permitirá determinar si se ha realizado una correcta evaluación de los equipos, el cumplimiento de cronogramas e indicadores.

La investigación secundaria utilizara las fichas de contenido que permita recopilar información importante para el proceso investigativo y determinar un proceso de causa efecto sobre el tema a tratar, a partir de aquí se evalúan las principales características para la realización de la planeación, cabe resaltar que se tendrán en cuenta las principales fallas, para determinar el tipo de mantenimiento y el tiempo de realización.

Se elaborará un informe técnico que permita evidenciar el proceso investigativo, en forma ordenada y coherente, con el fin de concluir y desarrollar los objetivos planteados.

5. HALLAZGOS, ANALISIS Y RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 TIEMPOS Y COSTOS

5.1.1 Control del tiempo, costo y otros recursos. Se realizan estimativos de tiempo, costos y otros recursos: Para completar la estructura de división del trabajo, también debe cuantificarse el dinero, el personal, los equipos y demás recursos demandados por cada actividad; estos estimativos permiten ejecutar el plan del proyecto.

Sin embargo, estas decisiones deben tomarse teniendo una información muy limitada, ya que generalmente no se sabe cuánto costara una actividad determinada.

Una estrategia usada para determinar costos, es aquella donde se tienen en cuenta todos los aspectos relacionados en el mantenimiento, los cálculos se realizan en función de las siguientes premisas (a) Se realizan las estimaciones de las fallas más repetitivas de acuerdo a los equipos, (b) se realizan las estimaciones de los repuestos más usados, (c) Se realizan estimaciones del uso de equipos. De esta manera se puede determinar lo que realmente implica a un equipo en particular, la realización de una determinada actividad dentro de la planificación de un proyecto de ingeniería.

La siguiente gráfica especifica los costos de operación de los principales equipos con los que cuenta la empresa, se señala la cantidad de horas mensuales de operación, la tarifa básica mensual, costo mensual de operación, cantidad mensual de consumo de combustible, reparación y mantenimiento mensual y tarifa a todo costo del equipo. Los valores se toman de acuerdo a las tablas de alquiler de equipos, costos de combustible, tablas de salarios y horas de operación de los equipos.

Es importante resaltar la criticidad de los equipos para determinar estos costos, la tabla también nos permite identificar a cuales equipos resulta más costoso realizar el mantenimiento, cuales son más críticos, cuales tienen mayor consumo de combustible.

Tabla 1. Costos de equipos de maquinaria pesada

DETALLE DEL EQUIPO	TIPO	TARIFA BASICA MES	HORAS / MES	TARIFA BASICA HORA	COSTO MES OPERARIO (incluye prestaciones)	COSTO /HORA	COMBUSTIBLE			REPARACION Y MITO	TARIFA HORARIA A TODO COSTO	TARIFA HORARIA A TODO COSTO FINAL
							Galones/hora	consumo mes	COSTO HORA			
BOBCAT	HM	\$ 8.120.000	200	40.600	\$ 4.848.347	\$ 24.242	2,00	\$ 3.204.000	\$ 16.320	\$ 280.000	\$ 81.161,74	\$ 81.161,74
RETROEXCAVADORA DE LLANTAS	HM	\$ 13.920.000	200	69.600	\$ 4.848.347	\$ 24.242	2,50	\$ 4.080.000	\$ 20.400	\$ 450.000	\$ 114.241,74	\$ 114.241,74
RETROCARGADOR DE LLANTAS	HM	\$ 13.920.000	200	69.600	\$ 4.848.347	\$ 24.242	2,88	\$ 4.700.160	\$ 23.501	\$ 450.000	\$ 117.342,54	\$ 117.342,54
MOTONIVELADORA	HM	\$ 18.838.400	200	94.192	\$ 5.425.168	\$ 27.126	4,35	\$ 7.069.200	\$ 35.496	\$ 1.500.000	\$ 156.813,84	\$ 156.813,84
BULLDÓZER D6H	HM	\$ 24.360.000	200	121.800	\$ 5.425.168	\$ 27.126	7,00	\$ 11.424.000	\$ 57.120	\$ 950.000	\$ 206.045,84	\$ 206.045,84
VOLVO 15 M3	HM	\$ 17.980.000	200	89.900	\$ 4.299.218	\$ 21.496	8,00	\$ 13.068.000	\$ 65.280	\$ 800.000	\$ 176.676,09	\$ 176.676,09
VIBROCOMPACTADOR DE 10 T.	HM	\$ 16.820.000	200	84.100	\$ 4.848.347	\$ 24.242	2,50	\$ 4.080.000	\$ 20.400	\$ 500.000	\$ 128.741,74	\$ 128.741,74
EXCAVADORA 320	HM	\$ 18.838.400	200	94.192	\$ 5.425.168	\$ 27.126	5,50	\$ 8.976.000	\$ 44.880	\$ 720.000	\$ 166.197,84	\$ 166.197,84
CAMIÓN GRÚA	HM	\$ 12.760.000	200	63.800	\$ 5.128.702	\$ 25.644	2,50	\$ 4.080.000	\$ 20.400	\$ 800.000	\$ 109.843,51	\$ 109.843,51

Fuente. MORELCO S.A


5.2 DIAGNOSTICO.

Se realiza un inventario de equipos por medio de un listado de máquinas e instalaciones que van a incluirse en el programa de mantenimiento predictivo.

En una primera etapa de la implantación del sistema predictivo, es muy conveniente tener bajo control predictivo solo un pequeño grupo de los equipos más representativos, e ir trabajando sobre ellos hasta consolidar las técnicas aplicadas. Con posterioridad, el programa se extenderá progresivamente al resto de equipos hasta incluir todos los del inventario.

Tabla 2. Disponibilidad de equipo pesado de MORELCO S.A

 CUADRO RESUMEN EQUIPOS DISPONIBLES		
ITEM	DESCRIPCION EQUIPOS	CANTIDAD
1	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 320CU	4
2	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 312C	3
3	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 320D	5
4	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 320DL	5
5	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 336DL	3
6	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 323DL	4
7	MOTONIVELADORA CATEPILLAR 120E	2
8	MOTONIVELADORA CATEPILLAR 120G	2
9	BULLDOZER CATERPILLAR D6N	4
10	BULLDOZER CATERPILLAR D6R	4
11	BULLDOZER CATERPILLAR D9TX	3
12	RETROCARGADORA CATERPILLAR 416	5
13	RETROCARGADORA CATERPILLAR 420E	5
14	RETROCARGADORA CATERPILLAR 420E	4
15	VIBROCOMPACTADOR DINAPAC 12 TON	4
16	SIDE BOOM 583K	5
17	SIDE BOOM 594K	5
18	SIDE BOOM 56ID	6
19	VOLQUETA SENCILLA 4X2 CHEVROLET	6
20	VOLQUETA DOBLE TROQUE 6X4 INTERNACIONAL	4
21	CAMION GRUA SENCILLO 4X2 INTERNACIONAL	6
22	CAMION GRUA DOBLE TROQUE 6X4 INTERNACIONAL	4
23	GRUA LINK BELT 60 TON	4
24	GRUA TEREX T30 30 TON	4
25	CAMION TURBO 4.5 TON CHEVROLET	5

 CUADRO RESUMEN EQUIPOS DISPONIBLES		
ITEM	DESCRIPCION EQUIPOS	CANTIDAD
Continuación Tabla 2.		
26	TRACTO CAMION KENWORTH T800 FULL FILTERS	1
27	MANLIFT JLG 600AJ	3
28	MANLIFT JLG 120AJ	3
28	MANLIFT JLG 600AJ	3
TOTAL		116

Fuente. MORELCO S.A

Para **MORELCO S.A**, la información de disponibilidad de equipos de maquinaria pesada y utilización se integró a partir de 2008; respecto al índice de paros no programados, la medición se realizó a nivel de equipo crítico.

5.2.1 Selección adecuada de parámetros. Una vez recopilada la información técnica disponible de cada máquina se procede a la selección de los puntos y parámetros de medida. Se seleccionarán en cada punto las direcciones de medida más adecuadas, que dependerán de los tipos de problemas que se pretendan detectar; por último se deberán definir unos límites de condición aceptables, si estos están muy bajos, habrá muchas falsas alarmas, reduciendo la confianza de los resultados del analista, mientras que si los límites de alarma están establecidos muy altos, muchas averías pasarán desapercibidas.

5.2.2 Recolección de datos. Se realiza un seguimiento de los datos obtenidos, los cuales sirven como referencia de la condición de cada uno de los equipos. Se debe garantizar que los datos sean de la máxima calidad. Es conocida la frase "entra basura, sale basura" y describe claramente, lo que sucede, si los datos recogidos no corresponden fielmente a lo que ocurre en la máquina.

Formes es filtrar la gran cantidad de información adquirida en campo, de forma que nos permita reducir el número de puntos que vamos a analizar en profundidad, ya que sería inviable estudiar toda la información punto por punto. Los programas informáticos especializados ayudan en gran medida y reducen el tiempo necesario para emitir un diagnóstico, lo que hace el computador una herramienta imprescindible.

5.2.3 Evaluación del estado del equipo. El análisis de frecuencias, es sin duda, la técnica más utilizada para determinar el estado de las máquinas. Permite determinar las posibles averías en los equipos; La tabla 3 nos muestra los análisis que indican las frecuencias asociadas a los principales problemas presentes en cada equipo, su repetición y el lapso de tiempo. Además es importante para determinar el stock de repuestos y la secuencia en el momento de la planeación.

5.2.4 Generación de avisos y toma de decisiones. La información obtenida del sistema, deberá estar al alcance de todo el personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta. La toma de decisiones oportuna marcará la gran diferencia que hay entre: que una avería progrese, su reparación sea costosa y se convierta en un riesgo para la operación del equipo o proceso, o que se actúe con rapidez, para evitar que la avería o averías avancen y se logre ahorrar grandes cantidades de recursos, económicos y materiales como humanos.

En la tabla 3 muestra los modos de falla identificados en el equipo pesado en la empresa MORELCO S.A.

Tabla 3. Modos de falla presentados en el equipo pesado


N°	TIPOS DE FALLA	RECURRENCIA
1	APAGADA DEL EQUIPO EN MEDIO DE LA OPERACIÓN	208 VECES X AÑO
2	DEFORZAMIENTO DEL EQUIPO	104 VECES X AÑO
3	PERDIDA DE FLUIDOS ACEITE- REFRIGERANTE, ETC	208 VECES X AÑO
4	FALLA EN REPUESTOS CRITICOS	52 VECES X AÑO
5	FALLAS EN LOS EJES DELANTEROS DEL EQUIPO	2 VECES X AÑO
6	FALLA EN LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO, VIGAS DE SOPORTE, SOLDADURAS	2 VECES X AÑO
7	FALLA EN LAS POLEAS POR ABRASION	4 VECES X AÑO
8	FALLA EN LAS BOMBAS HIDRAULICAS DE VOLQUETAS	2 VECES X AÑO
9	FALLA EN LAS BOMBAS HIDRAULICAS DEL EQUIPO DE IZAJE	1 VEZ X AÑO
10	FALLA EN LAS SERVO TRANSMISION DE LA GRUA	1 VEZ X AÑO
11	FALLA EN LOS PASADORES DE VALDE	4 VECES X AÑO
12	FUGAS EN EL SISTEMA DE AIRE EN EL EQUIPO	52 VECES X AÑO
13	FALLA EN EL WINCHE	1 VEZ X DOS AÑOS
14	FALLA EN TREN DE RODAJE DE ORUGA	2 VECES X AÑO

Fuente. MORELCO S.A

5.2.5 Órdenes de trabajo y retroalimentación. Una vez realizado el diagnóstico de un problema, se emite una orden de trabajo en la que conviene especificar el nombre del equipo, la anomalía detectada y la intervención que debe realizarse, así como un código de prioridad de la intervención.

Tras la ejecución del trabajo es muy importante la retroalimentación del sistema, que consiste en comprobar el estado de los elementos o partes del equipo sustituidas y hacer una medición posterior a la reparación; para ello se utiliza una lista de chequeo, diseñada por el área de calidad para determinar si el trabajo realizado cumple con los estándares, es usado por los operarios y supervisores de maquinaria pesada. En la figura 4 se puede ver uno de los modelos de lista de chequeo aplicada.

Figura. 4. Lista de chequeo de grúa telescópica

		CHECK LIST DE GRÚA TELESCOPICA						CODIGO					
								Revisión:	Fecha:	Página:	1 de 1		
Procedencia:		Destino:										Fecha Recepción:	
Cedula:		Modelo:											
Marca:		Motor:											
Kilometraje / Horómetro:													
Motor													
Funcionamiento de motor(ruidos ,golpeteo)	B	M	R	F	NA	PE							
Guardas de motor													
Turbo alimentador													
Respiradero de cárter													
Dumper de volante de motor													
Tipo de humo de escape													
Estado de freno motor													
Tapa de llenado de aceite de motor													
Variilla de medición de nivel de aceite													
Soportes de motor													
Fugas de aceite? (NO)													
RPM alta en vacío													
RPM en mínimo													
Sistema de combustible													
Nivel de sistema de combustible	B	M	R	F	NA	PE							
Bomba de inyección													
Inyectores													
Bomba de transferencia													
Cañerías de combustible y sus soportes													
Filtro de Combustible													
Filtro / separador de agua de combustible													
Fugas de combustible? (NO)													
Tapa de tanque de combustible (con llave? Si)													
Medidor del nivel de combustible.													
Estado de tanque y sus soportes													
Sistema de lubricación													
Filtros de aceite	B	M	R	F	NA	PE							
Estado y nivel del aceite													
Consumo de aceite? (NO)													
Estado de mangueras y cañerías													
Presión de aceite ()													
Sistema Electromotriz													
Estado del Alternador	B	M	R	F	NA	PE							
Correa de alternador													
Baterías y sus bornes													
Cables de batería													
Soporte de baterías													
Cableado del circuito en general													
Faros y luces en general													
Estado de luces direccionales													
Estado de luces de parada													
Estado de faro pirata(Licudora)													
Limpia parabrisas, plumillas limpia parabrisas y surtidores de agua													
Claxon													
Alarma de retroceso													
Motor de Arranque													
Switch													
Switch Maestro													
Eficiencia de arranque													
Integridad Estructural													
Estado de Soldaduras.Ubicacion..	B	M	R	F	NA	PE							
Estado de Persiana													
Estado de Panoramicos. Cual?()													
Estado de paneles Estructurales. Cual?()													
Estado del bastidor (Parte estacionaria)													
Estado de los plumes													
Estado del Boom													
Estado de pasteca y gancho auxiliar													
Lengüeta de seguridad del gancho													
Estado del cable principal y el auxiliar													
Estado de las graseras													
Estado de vastagos de actuadores													
Estado de las vigas													
Estado de estribos y guardafangos													
Sistema de admisión y escape													
Filtro de aire primario	B	M	R	F	NA	PE							
Filtro de aire secundario													
Indicador de restricción de aire													
Ductos de múltiple de admisión													
Mangueras y sellos de múltiple de admisión													
Ductos de múltiple de escape y escape													
Soportes de tuberías de escape													
Silenciador													
Tubo flexible de escape													
Enfriador de aire del turbo alimentador													
Fugas de gases de escape? (.....)													
Sistema de refrigeración													
Radiador y su tapa	B	M	R	F	NA	PE							
Guardas y soportes de radiador													
Soportes de radiador													
Ventilador y sistema de embrague del mismo.													
Correa de ventilador (Tipo: "V")													
Termostato													
Bomba de agua													
Estado del agua o Líquido refrigerante													
Fugas de agua? (NO)													
Enfriador de aceite de motor													
Indicador de temperatura													
Embrague y caja de cambios													
Disco de embrague	B	M	R	F	NA	PE							
Mandos y articulaciones													
Caja de cambios mecánica													
Estado y nivel de aceite													
Ruidos de la caja interiormente? (NO)													
Cambios de marcha de caja de cambios													
Soportes													
Fugas de aceite? (NO)													
Tapón de drenaje													
Acoples de transmisión													
Cardanes	B	M	R	F	NA	PE							
Crucetas													
Soportes de cardán													
Cadena de seguridad de cardán													
Ejes estriadados de cardán													
Graseras de cardán y cruceta													
Sistema de freno													
Estado de los frenos	B	M	R	F	NA	PE							
Bandas de freno													
Fugas de aire? (NO)													
Estado de diafragmas de freno													
Accionamiento de pulmones de freno													
Estado de freno de emergencia / Estacionamiento													
Estado de la compresora de aire													
Estado de tanques de aire y su purgador													
Pase de aceite al sistema de aire de compresor? (NO) (purgar)													
Estado del regulador de presión													
Estado de mangueras													
Sistema hidráulico													
Cilindro(s) hidráulico de levante (Boom)	B	M	R	F	NA	PE							
Cilindros hidráulicos de extensión del Boom													
Cilindros hidráulicos de los cilindros estabilizadores													
Palanca de mando (Joystick)													
Motor hidráulico de giro(swing)													
Fugas internas de cilindros hidráulicos (corrimento, caída)													
Fugas externas de cilindros hidráulicos													
Estado de mangueras y acoples													
Fugas de aceite del sistema hidráulico.													
Bombas hidráulicas principales.cant()													
Bombas hidráulicas piloto													
Acumuladores de presión													
Embrague de emergencia de bombas hidráulicas													
Válvulas de alivio													
Temperatura de trabajo													
Tanque hidráulico - Mirilla de nivel													
Tabla de carga visible													

Fuente. MORELCO S.A

5.3 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas que se utilizaron para recopilar la información fueron entrevistas, cuestionario, inspección de registros y observación. Adicionalmente se sostuvieron conversaciones con el personal de mantenimiento y operadores de equipo pesado para que fueran lo más transparente posible y lograr el éxito del estudio que se lleva a continuación, se explica que no se trata de una evaluación personal sino una evaluación del modelo de mantenimiento que se está llevando en MORELCO S.A en el Departamento de mantenimiento para analizar e identificar en las diferentes etapas del modelo las falencias que se tengan, las cuales no están permitiendo una buena gestión y ejecución del mantenimiento causando aumento en los costos.

Identificando estas etapas se implementaría el plan de mejora en donde ayudaría a la optimización para el mejoramiento en la gestión y planeación del mantenimiento en beneficio de la compañía.

Figura 4. Exposición del objetivo de la entrevista y la observación



Figura 5. Exposición del objetivo de la entrevista y la observación



Se informa al personal de mantenimiento el objetivo de las entrevistas y de las observaciones que se van a realizar para el mejoramiento de las etapas del proceso de mantenimiento en la empresa MORELCO S.A.

5.3.1. Entrevista. Se realizaron entrevistas al personal que trabaja en la empresa MORELCO S.A en diferentes fases:

- **Primera fase:** Se realizan entrevistas a 5 operarios de equipo pesado, 5 trabajadores de mantenimiento y 10 trabajadores normales, para verificar si en la etapa del proceso de mantenimiento que se lleva en la empresa MORELCO S.A, existían falencias en la toma de decisión para la recuperación confiable de un equipo pesado.
- **Segunda fase:** Se realizan charlas informales al personal de mantenimiento para verificar si la ejecución de las órdenes de trabajo requerían personal especializado o se pueden solucionar con el personal propio o contratado.

5.3.2 Obtención de datos mediante la entrevista. Al analizar las características de los sistemas o de cada una de las etapas del proceso de mantenimiento que se está llevando a cabo en la empresa MORELCO S.A, surgen varias anotaciones interesantes con el personal de equipo pesado y otras con el personal de mantenimiento.

Se reúne información cualitativa y cuantitativa de la gestión de mantenimiento en la parte mantenedora. La información cualitativa está relacionada con opiniones, políticas y descripciones, trata aquellas acciones que generan pérdida de tiempo o de retrasos en el desarrollo del mantenimiento.

Principales características:

- Falta de repuestos en las bodegas de materiales.
- Falta de acompañamiento en la identificación de la falla por parte de los supervisores de mantenimiento.
- Recurso automotor escaso para las necesidades programadas.
- Falta de catalogación en repuestos de algunos equipos.
- No hay cuadros de reemplazo para el personal que asiste capacitación.
- No terminación del programa de mantenimiento completo a un equipo en falla
- Mayores alcances de mantenimiento por mal direccionamiento.
- Altos costos de mantenimiento.

5.3.3. Recopilación de datos mediante la observación

- Se realizó observación a la forma cómo el operario de equipo pesado identifica y registra una orden de trabajo.
- Se realizó visita a los talleres de mecánica para que por medio de la observación, se identifican las acciones o escenarios donde se pueden mejorar las condiciones de trabajo para optimizar el mantenimiento en el taller
- Se realizó visita al Departamento de planeación de mantenimiento para identificar la forma de trabajar, como están organizados, la importancia de las órdenes de trabajo hasta lograr cerrarla y el seguimiento de procedimientos.

5.3.4. Muestreo. Para realizar este punto se tomaron una población de 30 técnicos de equipo pesado dentro de su categoría y rangos.

Los técnicos entrevistados tienen un tiempo de antigüedad entre 7 y 10 años de servicio a la empresa.

Los niveles de escalafón donde se encuentran enmarcados el personal técnico, operaciones y mantenimiento de la firma MORELCO S.A, son las siguientes:

5.3.4.1 Personal entrevistado de la empresa MORELCO S.A

Tabla 4. Operadores entrevistados por puesto y escalafón

DESCRIPCION	CANTIDAD	ESCALAFON
OPERADORES DE EQUIPO PESADO	10	D9
MANTENEDORES	10	D7
TRABAJADORES	10	C6

Con la tabla anteriormente descrita podemos apreciar que se entrevistaron un total de 30 técnicos de la empresa MORELCO S.A, estos técnicos están clasificados en los diferentes niveles de escalafón donde operan de acuerdo al flujo promocional que la empresa MORELCO S.A sostiene a la fecha.

5.4 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO EN MORELCO S.A

5.4.1 Identificación del trabajo. En esta etapa de la herramienta se identifican las oportunidades de mejora en la empresa MORELCO S.A para el equipo pesado.

Para esta etapa se escogió la población de órdenes de trabajo del segundo semestre del año 2013 en estado abierto en el portal de la herramienta o base de datos, el cual nos dio una totalidad de 720 órdenes abiertas para planear y ejecutar durante el periodo de seis meses.

De las 720 órdenes el 8% correspondiente a un total de 58 órdenes no se ejecutaron debido a que la falla reportada no era real en la parte mecánica del equipo identificado, correspondiendo a falla en la operación la cual estaba siendo mostrado por el instrumento y se hubiese podido solucionar con el cuidado básico o mantenimiento primario realizado por el operador del equipo, ver tabla 5.

En esta etapa es muy importante el papel de acompañamiento del supervisor de equipo pesado, debido a que es la persona de mayor experiencia el cual puede brindar un apoyo técnico al operario.

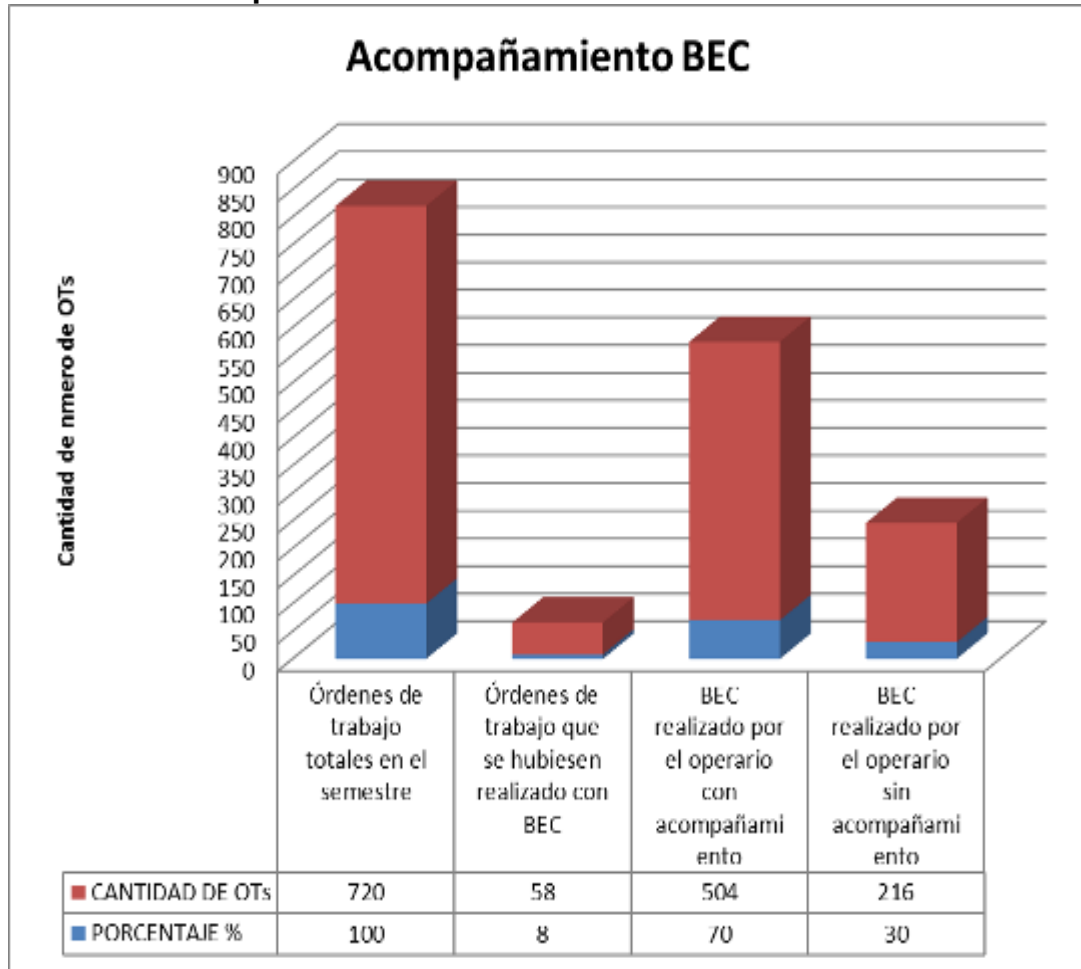
Para esta etapa la metodología implementa una intervención **BEC** (cuidado básico de equipos), relacionado con el Mantenimiento Autónomo, que es la intervención de primera mano que realiza el operario para el cuidado, mantenimiento y operación confiable del equipo a su cargo.

Al realizar entrevistas de campo con los técnicos sobre el acompañamiento que debe realizar el supervisor o los técnicos de la unidad, enfatizan que es muy débil el acompañamiento que estos les hacen teniendo que definir el técnico la opción a seguir, de esto depende en gran medida los malos diagnósticos.

Tabla 5. Acompañamiento BEC

DESCRIPCION	PORCENTAJE %	CANTIDAD DE OTs
Órdenes de trabajo totales en el semestre	100	720
Órdenes de trabajo que se hubiesen realizado con BEC	8	58
BEC realizado por el operario con acompañamiento	70	504
BEC realizado por el operario sin acompañamiento	30	216

Grafica 1. Acompañamiento BEC



De acuerdo a la gráfica 1 muestra la totalidad de las órdenes de trabajo equivalentes a 720 OTs, no se realizan el 8% de las actividades planeadas equivalentes a (58 en total), que se hubiese podido realizar por BEC y no requería recurso especializado. Para lo cual se identifica en la siguiente tabla:

Tabla 6. Trabajos realizados por BEC

DESCRIPCION DE FALLAS	CANTIDAD DE OTs
MANGUERAS SISTEMA DE COMBUSTIBLE	15
CORREA DE ACCESORIOS	15
ALTERNADOR	18
FILTROS	10

Grafica 2. Trabajos realizados por BEC



En la gráfica 2 se describen las diferentes fallas de acuerdo a las órdenes de trabajo no ejecutadas por el grupo de mantenimiento, que equivalen a 58 órdenes no ejecutadas durante ese periodo, las cuales se componen de 15 órdenes de trabajo por falla de mangueras de combustible, 15 órdenes de trabajo en correas de accesorios, 18 órdenes de trabajo por falla del alternador y 10 órdenes de trabajo por cambio de filtros.

En segundo plano, se evidencia falta de mantenimiento primario o BEC, lo cual está generando que los equipos entren en un estado de anomalía operacional, creando órdenes de trabajo, gastando un tiempo de recurso y planeación sin llegar a una ejecución, debido a que se encontraron mal programadas. Ver tabla 7.

Tabla 7. Costos horas hombre por actividad mal programada

Especialidad	CANT OTs	H.H PROGRAMADA	VALOR H.H OFICIAL	VALOR H.H AYUDANTE	COSTO TOTAL DE H.H POR ESPECIALIDAD
mantenimiento	15	60	27000	17000	\$2.640.000
	15	60	27000	17000	\$2.640.000
	18	72	27000	17000	\$3.168.000
	10	20	27000	17000	\$880.000
COSTO TOTAL H.H					\$10.208.000

5.4.2 Definición del trabajo. En esta etapa de la herramienta el operario toma la decisión de definir si el trabajo lo puede hacer el mismo por metodología BEC o requiere personal especializado por medio de la priorización del mantenimiento.

En esta etapa del proceso, se evidencia falta de capacitación a primera vista según las entrevistas realizadas con el personal de operaciones en los casos donde el operador tenga que decidir si el trabajo lo puede realizar sin correr riesgos a la salud y al equipo, o si requiere recurso especializado.

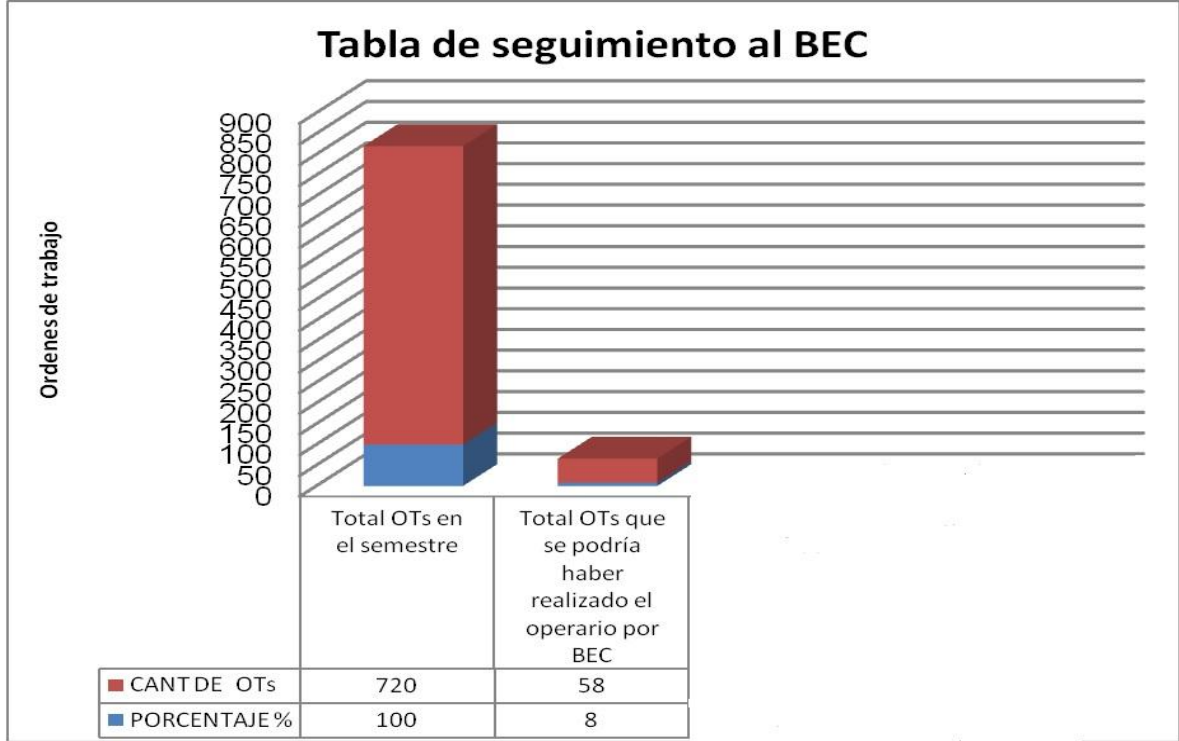
Por otra parte se consultó con el personal administrativo de la unidad el cual aseguró y garantizó que la capacitación en el mantenimiento primario o BEC fue dada a todo el personal de la empresa MORELCO S.A.

De las 720 órdenes de trabajo abiertas en el portal de la empresa MORELCO S.A, un buen número de órdenes de trabajo era posible de realizar por el funcionario ver tabla 8.

Tabla 8. Seguimiento al BEC

DESCRIPCION	PORCENTAJE %	CANTIDAD DE OTs
Total órdenes de trabajo en el semestre	100	720
Total órdenes de trabajo que se podría haber realizado el operario por BEC	8	58

Grafica 3. Seguimiento al BEC



De acuerdo a la gráfica 3 podemos evidenciar que se realizaron 720 órdenes de trabajo de las cuales 58 se pudieron realizar de acuerdo al BEC para tener un porcentaje del 8%

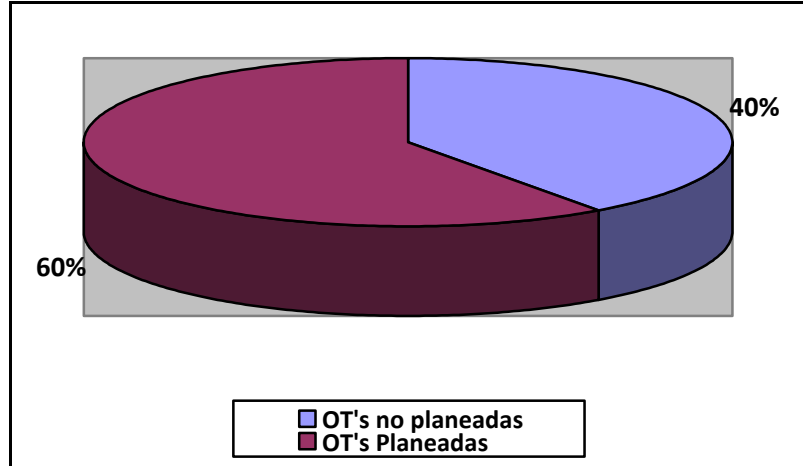
5.4.3 Planeación. En esta etapa de la herramienta se revisa el “como” y que “procedimientos” se deben implementar para poder realizar el trabajo de forma ágil y segura para las personas y para los activos de la empresa MORELCO S.A, ver tabla 9.

Se asegura todas las herramientas requeridas (repuestos, recurso humano competente, herramientas menores y mayores).

Tabla 9. Ordenes de trabajo planeadas

DESCRIPCION	PORCENTAJE	CANT DE OTs
OTs solicitadas	100%	720
OTs planeadas	60%	432

Grafica 4.Ots planeadas



En la gráfica 4 se puede observar que de las 720 órdenes de trabajo solicitadas que se identifican en el periodo, solo 432 órdenes de trabajo fueron planeadas, equivalentes al 60 % esto se da debido a que muchos equipos de la empresa MORELCO S.A no están catalogados y no tiene listado de repuestos.

5.4.4 Programación. Se acuerda una fecha entre planeador, mantenedor y proceso para la ejecución de la actividad priorizada y debidamente planeada con el objetivo de que todos los ejecutores e implicados estén concentrados en la misma actividad. En este paso se puede reprogramar la actividad para una fecha diferente si en el transcurso de la etapa no está asegurado algún recurso o si la herramienta o equipo tiene alguna barrera para cumplir con la fecha programada inicialmente.

5.4.5 Alistamiento. Se preparan todos los requeridos que fueron identificados en la etapa de planeación. En este paso se garantiza que esté disponible el personal y el equipo pesado o herramientas, materiales a utilizar están en buen estado y en perfectas condiciones mecánicas, disponibles para el ejercicio de la actividad.

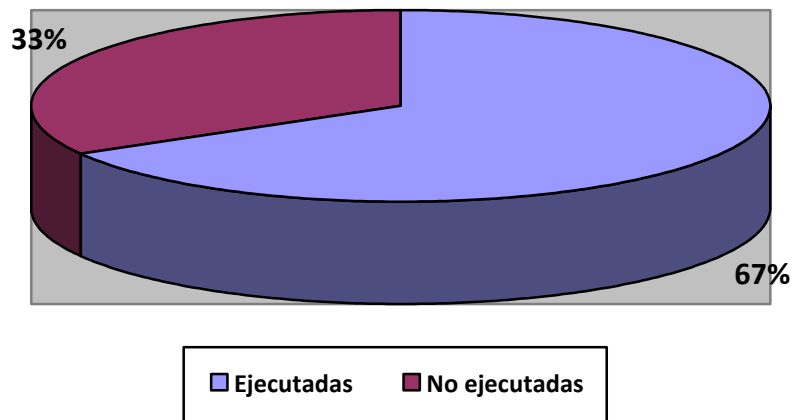
5.4.6 Ejecución. Se materializa todo el proceso realizado anteriormente, en este momento se espera el buen desarrollo de la actividad, garantizando la confiabilidad del sistema intervenido.

En esta etapa según las órdenes de trabajo planeadas en el periodo el cual corresponde a un 60%, solo se ejecuta el 40%, el 20% faltante no se ejecuta. Ver tabla 10.

Tabla 10. Porcentaje de ejecución de OTs

DESCRIPCION	PORCENTAJE %	CANT DE OTs
OTs planeadas	60%	432
OTs ejecutadas	40%	288
OTs no ejecutadas por falta de repuestos	20%	144

Gráfica 5. Porcentaje de ejecución de OTs



Fuente. Los autores

En la gráfica 5 podemos apreciar una muy baja efectividad en la ejecución de la totalidad de órdenes de trabajo planeadas para el segundo semestre, correspondiendo a un 67% de órdenes de trabajo ejecutadas y un 33% sin ejecución.

5.4.7 Revisión de Hoja de vida de equipos. Se realizó la inspección de todo el equipo pesado de la empresa MORELCO S.A, encontrándose una población de 120 equipos de los cuales 25 no tienen catalogación y listado de repuesto, lo que conlleva a que este sea un punto importante en la falla de la planeación de mantenimiento en algún equipo de este listado.

5.4.7.1. Equipos sin catalogación y listado de repuestos

Figura 6. Retroexcavadora



EQUIPO: RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 320CU s/n CAT0320CCFBB00737			
	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	ESTADO
1.Reemplazo de empaquetadura en banco de valvulas piloto	06/05/2013	09/05/2013	EN PROCESO (demora en repuesto)
2.Reemplazo de empaquetadura en banco de valvulas principales	10/05/2013	13/05/2013	EN PROCESO
3.Reparacion de ajuste axial del balde	08/05/2013	15/05/2013	ATRASADO
4.Mantenimiento preventivo de 250 hrs	06/05/2013	06/05/2013	EN PROCESO
5.Reemplazo de dientes del balde	08/05/2013	20/05/2013	ATRASADO

Figura 7. Side Boom 561B



Continuación figura 7

EQUIPO: SIDE BOOM CATERPILLAR 561B s/n 62A00079	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	ESTADO
1.Cambio de silla operador	14/05/2013	24/05/2013	ATRASADO
2.Reparar Winche trasero	17/06/2013	27/06/2013	EN PROCESO

Figura 8. Bulldozer



EQUIPO: BULLDOZER CATERPILLAR D6R WRG00670	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	ESTADO
Reemplazo de carril superior derecho	09/05/2013	30/05/2013	TERMINADO
Reemplazo de empaquetadura de cilindros gemelos de pala	09/05/2013	30/05/2013	TERMINADO
Reemplazo de empaquetadura de banco de valvulas contrabalance de pala	09/05/2013	30/05/2013	TERMINADO
Latoneria y Pintura general	09/05/2013	15/06/2013	TERMINADO
Mantenimiento preventivo de 1000 hrs	09/05/2013	30/05/2013	TERMINADO
Reparacion de winche	14/06/2013	30/06/2013	EN PROCESO

Figura 9. Side Boom 561C



EQUIPO:			
SIDE BOOM CATERPILLAR 561Cs/n 92J00791	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	ESTADO
	15/05/201	30/06/20	
1.Mantenimiento de Winche trasero PA56	3	13	TERMINADO
	16/05/201	01/07/20	
2.Mantenimiento de 1000Hrs	3	13	TERMINADO
	17/05/201	02/07/20	
3.Pintura general	3	13	TERMINADO
	18/05/201	03/07/20	
4.Cambio de silla de operador	3	13	EN PROCESO
	19/05/201	04/07/20	
5.Mantenimiento de motor de arranque	3	13	TERMINADO
	20/05/201	05/07/20	
6.Mantenimiento de Alternador	3	13	TERMINADO
	21/05/201	06/07/20	
7.Revision a embrague izquierdo de translacion.(CAMBIO DE BANDAS)	3	13	EN PROCESO

5.5 PROPUESTAS

5.5.1 Los Cambios Filosóficos y Teóricos en la organización. En MORELCO, para lograr las mejores prácticas, dentro del mantenimiento y la organización de la producción, debe generarse cambios en lo tecnológico y en lo filosófico-organizacional sobre la manera que los especialidades manejan sus actividades diarias. Los cambios técnicos y de organización deben ocurrir en tiempos diferentes, para que el ciclo de cambio pueda sostenerse.

5.5.2 El Cambio Comprensivo. Las personas de la organización en su mayoría sin importar su nivel jerárquico, están abiertas a las oportunidades de mejora, con el fin de encontrar solución a problemas; realizar cambios constantes en los procesos para ir de la mano con la globalización. Es mediante los cambios que se pueden alcanzar éxitos reales. A medida que las áreas de mantenimiento y de producción trabajen en conjunto, desarrollando un plan disciplinado y objetivo se obtendrán mejores resultados. Este plan de acción debe contar con el apoyo y la aprobación de la Alta Gerencia, posteriormente implementarlo para hacer los cambios necesarios en cada área y evaluar los resultados.

5.5.3 El trabajo en equipo. Todo el personal de la planta perteneciente a la organización entre ellos operativos y de apoyo necesita estar informado del plan y su efecto positivo de manera oportuna, se requiere que ellos participen en los procesos de re-ingeniería y mejoras en general para que pueda ser positivo. El trabajo en equipo a lo largo del proceso de reorganización es crítico para lograr el éxito, todos necesitan sentirse parte de la solución.

5.5.4 Entrenamiento. El programa de entrenamiento específico debe desarrollarse teniendo en cuenta todos los aspectos de cambio que se han propuesto en el plan. Varias sesiones de entrenamiento y reuniones de avance serán necesarias para introducir las nuevas ideas, deben presentarse los métodos básicos para que el personal los entienda con facilidad. Las sesiones deben limitarse a una hora cada día y deben cubrirse todos los aspectos del nuevo plan. Pueden hacerse talleres interactivos para enfocar en los problemas actuales y los nuevos que se presenten, en todo este proceso es importante que todos sientan que se toma en cuenta su creatividad, conocimiento y experiencia.

El personal necesita ser entrenado en habilidades de resolución de problemas usando una metodología formal, las personas necesitan este tipo de entrenamiento para que puedan aprender cómo analizar la información constructivamente. Todos los involucrados traerán un método uniforme en la perspectiva de cómo resolverán los problemas, desarrollarán las tareas y recomendaciones. Cuando los problemas ocurran se observará la tendencia de reducción y la compañía puede ahora avanzar usando equipos de trabajo multinivel, y de participación multifuncional que resuelven las situaciones con efectividad.

Una vez se tiene la metodología, los grupos pueden necesitar el apoyo de un facilitador calificado, un individuo dentro de la organización (generalmente entrenador del personal) necesita ser asignado para recibir entrenamiento especializado y satisfacer esas necesidades. Tener un facilitador interno es ideal

para los equipos de trabajo mientras los grupos se familiarizan con el proceso. Al paso del tiempo, ellos podrán trabajar cada vez más y mejor sin requerir la ayuda del facilitador. El facilitador debe poder proporcionar el apoyo en dinámicas de grupo para que todos las aprendan. Se deben establecer grupos como sea necesario y deben componerse de personal de las especialidades pertenecientes a los diferentes departamentos dentro de la organización.

5.5.5 Manejo del recurso. En MORELCO el centro del recurso es un grupo diseñado para conseguir los objetivos con el recurso necesario, o componentes para el cumplimiento de las metas, cada uno de los centros del recurso constituirá los centros del costo individuales. Asociando todo el costo, equipo, personal y material asociados al funcionamiento de los costos de grupo, para cada uno los costos el centro debe realizarse seguimiento y supervisión de los factores importantes para proporcionar la información exacta y viable al personal de dirección sobre costos y al área específica a la que se está cargando. La clasificación de los costos permitirá establecer el alcance del mantenimiento. Posteriormente con las órdenes de trabajo pertinentes y sus costos asociados se cobra al centro del coste específico.

5.5.6 Compras. Este aspecto también juega un papel importante en la organización del mantenimiento. Para su uso se cuenta con un sistema automatizado para activar órdenes de compra que se diseñan para facilitar las órdenes de salida con respecto a las órdenes de entrada y así evitar cuellos de botella. La planificación y la adquisición adecuada de los trabajos a ejecutarse y herramientas, piezas e insumos requeridos para cada actividad de acuerdo al tiempo del suministro y a su uso pueden prevenir pérdidas de tiempo por paradas de los equipos en espera de las mismas.

Se debe tener a mano sólo los artículos requeridos para las emergencias, permitiendo a un proveedor ser el punto accionario principal, un método es encontrar a un proveedor que garantice el suministro adecuado de todos los artículos para satisfacer las necesidades, esto puede lograrse por la compra selectiva. La compra selectiva puede hacerse estando de acuerdo en comprar todos sus suministros de un solo proveedor. Es importante contar con la disponibilidad de repuestos para garantizar al mantenimiento eficiencia en el proceso y reducción de tiempos de parada de equipos.

El historial de los equipos es importante porque muestra de manera detallada los repuestos más necesarios, este proceso debe ser lo más exacto posible para ellos

se usa el programa de PAM²⁴, que se encarga de llevar finalmente a un plan de aplicación oportuno. Además se encarga de proporcionar a la gerencia un medio para crear una reducción eficaz en el tiempo perdido de mantenimiento total, mientras se aumenta al máximo la fiabilidad de producción de equipo y vida útil.

5.5.7 La responsabilidad. Se requiere en la organización para asignar y asumir necesidades que deben ser atendidas en el tiempo conveniente y necesario, las actividades se trazan durante el desarrollo de planes detallados según el impacto, de acuerdo a los indicadores y el impacto en las medidas importantes, los indicadores se usan para resaltar el éxito del plan y sirven para reforzar esas acciones tomadas.

5.6 INDICADORES

5.6.1 Indicadores de la apreciación global. Estos son normalmente valiosos para la dirección buscan la forma más eficaz de conseguir resultados, la reducción de costos, cada uno de acuerdo al cumplimiento de para un verdadero análisis. Los indicadores necesitan ser compartidos con todos los empleados. Algunos de los indicadores son:

- De gestión.
- Disponibilidad de equipos
- Costos de operación
- Cumplimiento
- Calidad

5.6.2 Indicadores de la Estructura orgánica. Reflejan proporciones de posiciones diferentes o funciones, muestran si la organización está entrando el fortalecimiento. Algunos de los indicadores son:

- Horas extras
- Tiempo medio entre fallas
- Confiabilidad de equipos

²⁴ Rico, Rubén Roberto; Doria, Evaristo. El nuevo marketing para el negocio, 2003.

- Horas de operación

5.6.3 Indicadores de Control de Almacenes de Partes. El uso de los indicadores para reflejar la habilidad del almacén de proporcionar disponibilidad alta de partes. Los siguientes indicadores:

- Rotaciones del inventario.
- Stock de repuestos
- El porcentaje de crecimiento en el número de proveedores.

5.6.4 Indicadores de Mantenimiento rutinarios. Pueden usarse para evaluar la consistencia en la actuación de actividades de mantenimiento. Adherir a las prácticas de mantenimiento reflejará resultados positivos financieramente y en las actuaciones de equipo. Los ejemplos son:

- Cumplimiento de tiempos en la planeación.
- Disponibilidad de equipos
- Cierres de Ordenes de Trabajo
- Horas hombre por orden de Trabajo.

5.6.5 Indicadores de Desempeño del Equipo. Los indicadores de actuación del equipo son los más valiosos de todos los indicadores, cuando ellos solo reflejará el "valor real del plan" y éxitos de actividad de empleado o fracasos. Estas medidas enfocan específicamente en:

- La fiabilidad.
- El Tiempo fuera de servicio del Equipo.
- La Capacidad del Equipo
- Los costos mensuales para cada tipo de equipo pesado, reflejados para cada centro de recurso.

Para lograr el éxito, integre estas medidas en la visión de la compañía global y estrategia. Crear un proceso para asegurar los indicadores se actúa en de una manera inteligente.

5.7 REORGANIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.7.1 Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad. RCM es la fase final de programa de reordenación de mantenimiento. RCM integra los tipos de mantenimiento existentes con el objetivo de garantizar en cada equipo el funcionamiento ideal, evitando pérdidas de tiempo, garantizando que el equipo trabaje de manera continua, bajo las especificaciones técnicas y parámetros operacionales.

5.7.2 PHVA. La metodología PHVA25 nos brinda una forma de seguimiento y control y análisis la cual realmente nos permite mantener en seguimiento todo el proceso o ciclo siempre enfocado a la competitividad de nuestros productos y servicios, mejorar la calidad, reducir los costos, aumento en la productividad, aumenta la participación en el mercado, supervivencia de la empresa, provee nuevos puestos de trabajo, aumento de la rentabilidad de la empresa.

Su aplicación se enfoca de la siguiente forma:

P: Es el primer paso del ciclo el cual se basa en la planeación o en el “que se va hacer”

H: Es el segundo paso del ciclo, el cual se basa en el hacer o en el “como lo va hacer”

V: Es el tercer paso del ciclo, el cual se basa en la verificación del proceso.

A: Es el último paso del ciclo, el cual se basa en el aseguramiento de las mejoras del proceso.

²⁵ DEMING, W. Edwards. El método Deming en la práctica, Pag. 18. 1992

Figura 10. PHVA



Fuente. El método Deming en la práctica.

5.7.3 Mejoramiento continuo. La empresa MORELCO en la búsqueda convertirse en una empresa competitiva a nivel mundial enfoca su principal objetivo en realizar un plan de mejora en un segmento de activos fijos, específicamente maquinaria pesada, verificando el estado actual de los activos a disposición y revisando el modelo de mantenimiento que se está llevando a cabo en la actualidad con el objetivo de cubrir las necesidades requeridas en los diferentes frentes de trabajo.

El personal de mantenimiento se formará en un entrenamiento de liderazgo y aseguramiento de las mejores prácticas en las cuales se fortalecen los procedimientos; se asegura la información y el aprendizaje en equipo de trabajo desde una metodología básica hasta llegar a un dominio en el entendimiento de la herramienta y divulgación por medio de talleres de trabajo. Logrando así un lineamiento global de los empleados y por ende la confiabilidad mecánica de sus áreas de proceso.

5.7.4 Ejecución del mantenimiento en el tiempo. Encierra una serie de variables de tipo cuantitativo, que tienen como objetivo determinar la duración de las diferentes actividades; además permite caracterizar los principales conceptos en el conjunto de datos a tratar.

Mantenimiento Rutinario²⁶. Está relacionado con las tareas de mantenimiento regulares o de carácter diario.

²⁶ MEYERS, Fred E. Estudios de tiempos y movimientos, pág 281. 2000

Mantenimiento Programado²⁷. Está relacionado con los trabajos recurrentes y periódicos de valor sustancial.

Tiempo medio entre fallas:

$$MTBF = \frac{Hr. En\ marcha}{Hr. Periodo}$$

Tiempo medio para reparar:

$$MTTR = \frac{\sum Hr. De\ reparacion}{Cantidad\ de\ mttos\ correctivos}$$

Disponibilidad:

$$DISP. = \frac{Hr. Periodo - \sum Hr. Todos\ los\ mttos}{Hr. Periodo}$$

Confiabilidad

$$CONF. = \frac{Hr. Periodo - \sum Hr. mttos\ correctivos}{Hr. Periodo}$$

5.8. DATOS POR ESPECIALIDAD

Se realizó con base en la observación asistiendo a los talleres de mantenimiento dentro de las instalaciones de la empresa MORELCO S.A. Se visita el Departamento de planeación para observar la organización de la planeación y programación del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Se visita el Departamento de equipo automotor y se observa la calidad, cantidad del parque automotor que se tiene disponible para cubrir los requerimientos o

²⁷ García Garrido, Santiago. Mantenimiento programado. 2012

solicitudes generadas dependiendo de la demanda o capacidad de respuesta, en el área de Barrancabermeja.

De igual manera se observa la forma y metodología que aplican los trabajadores de mantenimiento para llevar a cabo su trabajo desde el inicio hasta lograr el cierre de la orden de trabajo.

Figura 11. Observación en campo



Figura 12. Observacion en campo



Figura 13. Observación en campo



Hipótesis: En la empresa MORELCO S.A existen diferentes falencias que impiden el normal desarrollo de la gestión, planeación y ejecución del mantenimiento, esto genera incidencia en la reducción de la confiabilidad en el segmento del parque automotor más exactamente el equipo pesado. Estos problemas se hacen mayores debido a que en el área, existe demora en el tiempo de respuesta por parte del Departamento de equipo automotor, en el traslado de equipos a las áreas que los requieren, hay tiempos muertos o improductivos durante la realización de la programación de mantenimiento lo que hace que las horas hombre de trabajo para la empresa MORELCO S.A no se cumple con la productividad programada.

Experimentación: De los 116 equipos que forman parte de la firma MORELCO S.A, se identificaron 45 equipos sin la catalogación y listado de repuestos asegurados, parte la necesidad de priorizar la catalogación y aseguramiento del listado de repuestos requeridos para cubrir esta población, para esto se necesitaría un ingeniero mecánico por un periodo de 6 meses con el cual se llegaría a catalogar todos los equipos faltantes, con esto el tiempo de entrega de repuestos se reduciría.

Teoría: En MORELCO S.A se está aplicando el mantenimiento de los equipos de acuerdo a la tasa de falla, la cual es una forma reactiva de hacer mantenimiento, generando sobre costos en los indicadores anuales de la compañía.

5.9. PLAN DE MEJORAMIENTO


5.9.1 Elaboración del plan de mejoramiento del mantenimiento. Después de revisar detenidamente los procedimientos de mantenimiento establecidos por la empresa MORELCO S.A, donde se determina el mantenimiento correctivo y preventivo como los necesarios para llevar a cabo un programa de gestión de mantenimiento eficaz y adecuado para el equipo pesado, el cual está sujeto al cumplimiento de indicadores como calidad, disponibilidad y cumplimiento. Siguiendo los parámetros establecidos, que implican verificación de estado, tiempos de mantenimiento, vida útil y horas de operación, se busca crear una serie de rutinas semanales, mensuales, trimestrales y semestrales, que garanticen además del buen funcionamiento del equipo, el menor desgaste en repuestos, la reducción de las horas hombre, la reducción del Tiempo medio entre fallas y la confiabilidad en el equipo.

De acuerdo al plan a seguir y teniendo en cuenta las principales fallas correspondientes a los equipos se ha realizado el siguiente plan de mejoramiento, que permitirá reducir costos, ahorrar tiempo por equipos fuera de servicio, aumentar la confiabilidad de los mismos.

La tabla 11 muestra el plan de mejora que aplica para los equipos ya que se componen de los mismos sistemas descritos a continuación, como primer ítem se tiene el área al cual pertenece el equipo en este caso maquinaria pesada; después el proceso al que ingresa el equipo que es mantenimiento; como tercer ítem se tiene el sistema que va a ser intervenido; el cuarto ítem es el tiempo de realización del mantenimiento; el quinto ítem es la tarea con la cual se va a realizar la actividad y que va a permitir llevar un control y una secuencia operacional; el sexto ítem es la descripción de la tarea que se va a realizar, debe ser muy concreta; el séptimo ítem muestra el frente encargado de realizar la actividad; el octavo ítem pertenece a las horas hombre en cada tarea de acuerdo a la complejidad de la actividad y por último el tipo de mantenimiento en este caso preventivo.

Los sistemas se han tomado de acuerdo a las fallas más recurrentes, los tiempos de acuerdo a la operación del sistema, las tareas para centralizar en la prevención y las horas hombre con respecto a la duración de la actividad. Es importante el stock de repuestos y la disponibilidad de los equipos de esto depende el éxito del mantenimiento.

Tabla 11. Plan de mejora en el mantenimiento

		PLAN DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS MAQUINARIA PESADA						
AREA	PROCESO	DESCRIPCION EQUIPO_NO	DESCRIPCIÓN OT	TAREA	DESCRIPCIÓN TAREA	FRENTE	HH	TIPO MTTC
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION ARRANQUE	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR MONITOREO	MDDEEL	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION ARRANQUE	RUTINA TRIMESTRAL	002	REALIZAR PRUEBA FUNCIONAL	MDDEEL	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION ARRANQUE	RUTINA SEMESTRAL	001	VERIFICACION/CAMBIO MECANISMOS INTERNOS	MDDEEL	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION MOTOR	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR LUBRICACION	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION MOTOR	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR TENSION DE CORREAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION MOTOR	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR MONITOREO	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION MOTOR	RUTINA TRIMESTRAL	002	REALIZAR PRUEBA FUNCIONAL	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION MOTOR	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO REPUESTOS	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION EJES, ENGRANAJES	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO TEMPERATURAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION EJES, ENGRANAJES	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR MONITOREO NIVEL ACEITE	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION EJES, ENGRANAJES	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR PRUEBA FUNCIONAL	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION EJES, ENGRANAJES	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO ACEITE 5000 HR	MDDEME	6,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION EJES, ENGRANAJES	RUTINA SEMESTRAL	002	REALIZAR METROLOGIA	MDDEME	48,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR MONITOREO NIVEL ACEITE BOMBA	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMANAL	003	REALIZAR VERIFICACION DE MANGERAS Y LINEAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR/CAMBIO MECANISMOS INTERNOS BOMBA	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO CHEQUES	MDDEME	3,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMESTRAL	002	REALIZAR METROLOGIA PANELES DE DISTRIBUCION	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION LUBRICACION	RUTINA SEMESTRAL	003	REALIZAR CAMBIO DE MECANISMOS INTERNOS PAN	MDDEME	6,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO TEMPERATURAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO NIVEL DE AGUA	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR TENSION DE CORREAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR MONITOREO DE EJES Y SINCRONIZACION	MDDEME	8,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA TRIMESTRAL	002	REALIZAR PRUEBA FUNCIONAL	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO REPUESTOS	MDDEME	24,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA ENFRIAMIE	RUTINA SEMESTRAL	002	REALIZAR PRUEBA HIDROSTATICA	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA NEUMATIC	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA NEUMATIC	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR MONITOREO PRESIONES	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA NEUMATIC	RUTINA SEMANAL	003	REALIZAR VERIFICACION DE MANGERAS Y LINEAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA NEUMATIC	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR/CAMBIO MECANISMOS INTERNOS CILINDR	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA NEUMATIC	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO CHEQUES	MDDEME	3,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA HIDRAULIC	RUTINA SEMANAL	001	REALIZAR MONITOREO	MDDEME	2,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA HIDRAULIC	RUTINA SEMANAL	002	REALIZAR MONITOREO PRESIONES Y NIVELES	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA HIDRAULIC	RUTINA SEMANAL	003	REALIZAR VERIFICACION DE MANGERAS Y LINEAS	MDDEME	1,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA HIDRAULIC	RUTINA TRIMESTRAL	001	REALIZAR/CAMBIO MECANISMOS INTERNOS CILINDR	MDDEME	4,00	PV
EQUIPO PES	MTTO	VERIFICACION SISTEMA HIDRAULIC	RUTINA SEMESTRAL	001	REVISION/CAMBIO CHEQUES	MDDEME	3,00	PV

El anterior plan de mejoramiento se realizó teniendo en cuenta la reducción de las fallas más frecuentes; entre ellas: que se apaguen repentinamente los equipos, pérdida de fluidos, deforzamiento del equipo, fugas en el sistema de aire, fallas en repuestos críticos; se tiene en cuenta la regularidad de la rutina, la actividad a realizar, el número de la tarea, la duración de horas hombre y el tipo de mantenimiento que se realiza. Los siguientes son los principales items a tener en cuenta sistema de arranque, motor, lubricación, ejes, engranajes, sistema de enfriamiento, sistema hidráulica y sistema neumático, siendo estos los más críticos dentro del programa establecido.

Se estima que la eliminación de las fallas pueda ser de un 90%, siguiendo los tiempos establecidos.

5.9.2 Implementación de mejoras en el proceso de mantenimiento. Para la implementación del plan de mejoramiento se han tenido en cuenta todos los aspectos relacionados con el plan de mejoramiento, para su desarrollo cuenta con tres etapas:

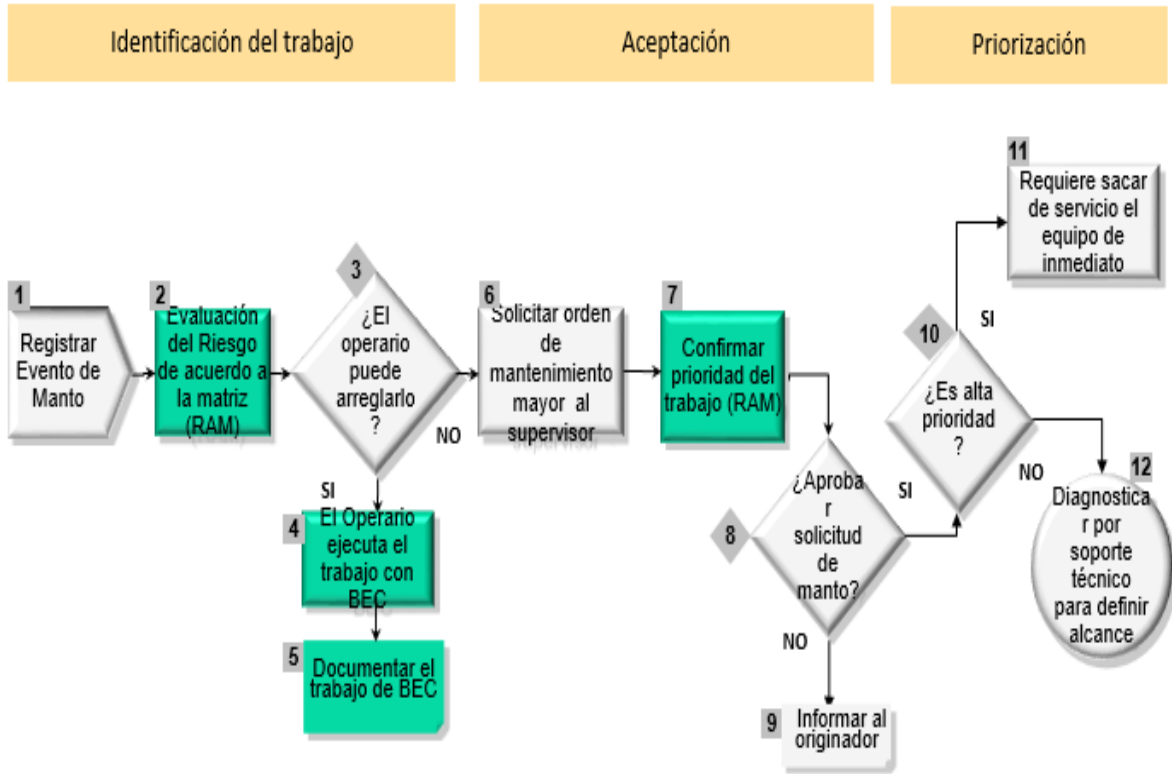
Etapas 1. Reúne tres aspectos:

a) Identificación del trabajo, este se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: 1) Se toma registro del evento, 2) Se evalúa el riesgo mediante la matriz (RAM) y 3) Se toma la decisión si el operario ejecuta el trabajo a través del cuidado básico del equipo, si lo realiza debe quedar documentado de lo contrario continuar en b.

b) Aceptación de mantenimiento mayor, este se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: 1) Se solicita la orden de mantenimiento mayor al supervisor, 2) Se confirma prioridad del trabajo de acuerdo al resultado de la matriz (RAM), 3) Se espera aprobación del mantenimiento, si no es aprobada se informa inmediatamente a la persona que generó el evento, si es aprobada continuar en c.

c) Priorización del mantenimiento, este se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: 1) Se prioriza la actividad de acuerdo a la criticidad, si no es de alta prioridad se diagnostica por soporte técnico para definir el alcance, si es de alta prioridad y se requiere sacar el equipo de servicio de inmediato, se ejecuta la solicitud de trabajo emergente, si no continuar en etapa 2. Ver figura 14.

Figura 14. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 1
PROCESO DE MANTENIMIENTO
MORELCO S.A ETAPA 1

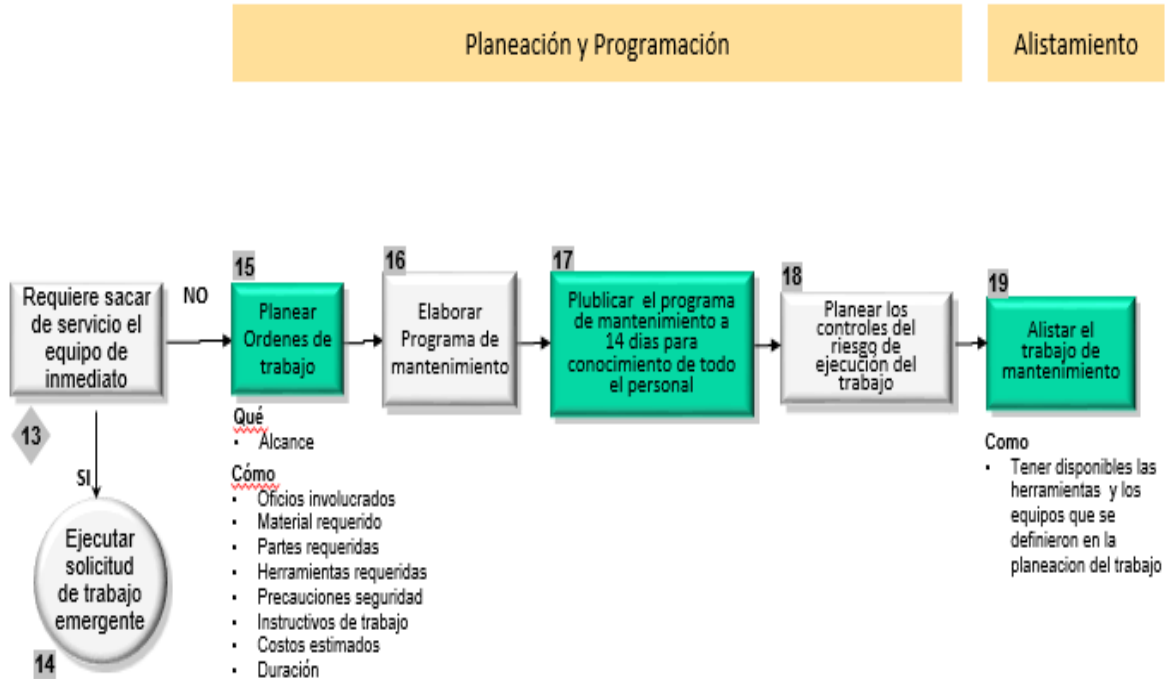


Etapa 2. Reúne dos aspectos:

a) Planeación y programación de las órdenes de trabajo, este se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: 1) Se verifica cual va a ser el alcance y como se va a realizar la actividad (materiales, herramientas, instructivos, costos, etc), 2) Se elabora el programa de mantenimiento para la actividad, 3) Se publica el programa de mantenimiento a 14 días para conocimiento de todo el personal, 4) Se planean los controles de riesgo de la ejecución de la actividad y se continúa en b.

b) Alistamiento de herramientas y equipos, Se coordina el trabajo de mantenimiento, teniendo en cuenta disponibilidad de herramientas y equipos definidos en la planeación. Se continúa en etapa 3. Ver figura 15.

Figura 15. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 2
PROCESO DE MANTENIMIENTO
MORELCO S.A ETAPA 2



Etapa 3. Reúne tres aspectos:

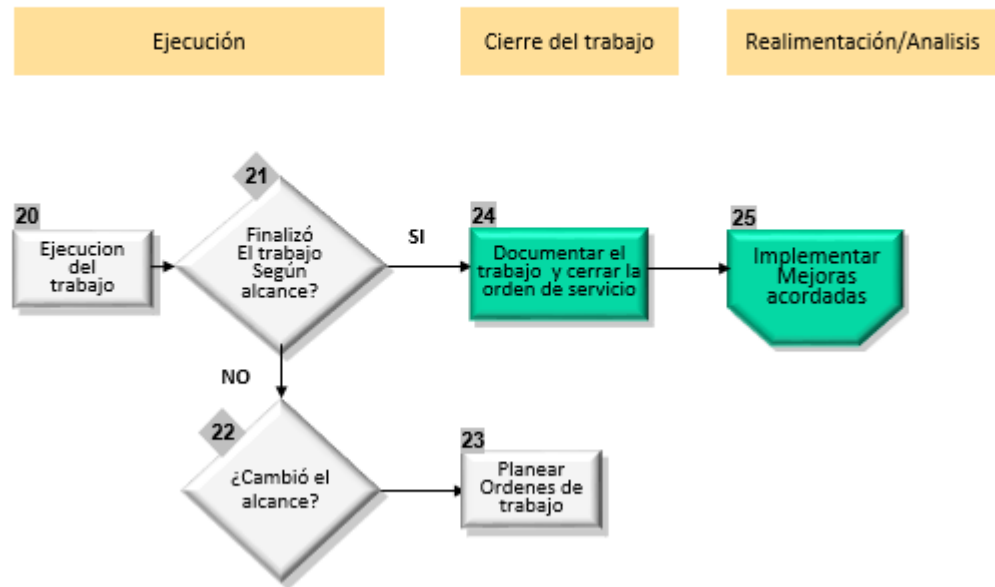
a) Ejecución de la orden de trabajo, este se realiza de acuerdo a los siguientes pasos: 1) Se realiza la ejecución de la actividad, 2) Se verifica si se realizó la actividad según el alcance, si cumple continuar en b; si no verificar si el alcance cambio y planear órdenes de trabajo.

b) Cierre del trabajo, se documenta la actividad realizada y se cierra la orden de servicio, continuar en c.

c) Realimentación/Análisis, se implementan las mejoras acordadas. Ver figura 16.

Figura 16. Proceso de mantenimiento en MORELCO S.A. Etapa 3

PROCESO DE MANTENIMIENTO MORELCO S.A ETAPA 3



Adicionalmente se registra la entrega a custodia de operaciones a mantenimiento y de mantenimiento a operaciones, seguimiento que se debe realizar, basados en los sistemas de gestión de la calidad. Ver figura 6.

Con la creación de estos formatos, se lleva una mejor vitacora de cómo ingresa el equipo a mantenimiento y cuáles son las anomalías que presenta para ser corregidas por el equipo mantenedor, de igual forma es una manera de que el operario lo llene conjuntamente con el mantenedor para que ambos acuerden las necesidades y lo reciban a satisfacción.

Tabla 12. Formato de entrega de un equipo a mantenimiento Protocolo para cambio de custodia

	CHECK LIST DE EQUIPO AMARILLO					CODIGO
						Revisión:
						Fecha:
					Página:	1 de 1
Procedencia:					Destino:	
Cedula:					Modelo:	
Marca:					Motor:	
Kilometraje / Horómetro:						
Motor	B	M	R	F	NA	PE
Funcionamiento de motor						
Guardas de motor						
Turbo alimentador						
Respiradero de cárter						
Dumper de volante de motor						
Tipo de humo de escape						
Tapa de llenado de aceite de motor						
Varilla de medición de nivel de aceite						
Soportes de motor						
Fugas de aceite? (NO)						
RPM alta en vacío						
RPM en mínimo						
Sistema de combustible	B	M	R	F	NA	PE
Nivel de sistema de combustible						
Bomba de inyección						
Inyectores						
Bomba de transferencia						
Cañerías de combustible y sus soportes						
Filtro de Combustible						
Filtro / separador de agua de combustible						
Fugas de combustible? (NO)						
Tapa de tanque de combustible (con llave? SI)						
Medidor del nivel de combustible.						
Estado de tanque y sus soportes						
Sistema de lubricación	B	M	R	F	NA	PE
Filtros de aceite						
Estado y nivel del aceite						
Consumo de aceite? (NO)						
Estado de mangueras y cañerías						
Presión de aceite ()						
Sistema Electromotriz	B	M	R	F	NA	PE
Estado del Alternador						
Correa de alternador						
Baterías y sus bornes						
Cables de batería						
Soporte de baterías						
Cableado del circuito en general						
Faros y luces en general						
Estado de luces direccionales						
Estado de luces de parada						
Estado de faro pirata (Licuadora)						
Limpia parabrisas, plumillas limpia parabrisas y surtidores de agua						
Claxon						
Alarma de retroceso						
Motor de Arranque						
Switch						
Switch Maestro						
Eficiencia de arranque						
Sistema de admisión y escape	B	M	R	F	NA	PE
Filtro de aire primario						
Filtro de aire secundario						
Indicador de restricción de aire						
Ductos de múltiple de admisión						
Mangueras y sellos de múltiple de admisión						
Ductos de múltiple de escape y escape						
Soportes de tuberías de escape						
Silenciador						
Tubo flexible de escape						
Enfriador de aire del turbo alimentador						
Fugas de gases de escape? (.....)						
Sistema de refrigeración	B	M	R	F	NA	PE
Radiador y su tapa						
Guardas y soportes de radiador						
Soportes de radiador						
Ventilador y sistema de embrague del mismo.						
Correa de ventilador (Tipo: "V")						
Termostato						
Bomba de agua						
Estado del agua o Líquido refrigerante						
Fugas de agua? (NO)						
Enfriador de aceite de motor						
Indicador de temperatura						
Embrague y caja de cambios	B	M	R	F	NA	PE
Disco de embrague						
Mandos y articulaciones						
Caja de cambios mecánica						
Estado y nivel de aceite						
Ruidos de la caja interiormente? (NO)						
Cambios de marcha de caja de cambios						
Soportes						
Fugas de aceite? (NO)						
Tapón de drenaje						
Acoples de transmisión	B	M	R	F	NA	PE
Cardanes						
Crucetas						
Soportes de cardán						
Cadena de seguridad de cardán						
Ejes estriados de cardán						
Graseras de cardán y cruceta						
Sistema de freno	B	M	R	F	NA	PE
Estado de los frenos						
Bandas de freno						
Fugas de aire? (NO)						
Estado de diafragmas de freno						
Accionamiento de pulmones de freno						
Estado de freno de emergencia / Estacionamiento						
Estado de la compresora de aire						
Estado de tanques de aire y su purgador						
Pase de aceite al sistema de aire de compresor? (NO) (purgar)						
Estado del regulador de presión						
Estado de mangueras						

Fuente. MORELCO

Las necesidades que no esten escritas en este protocolo , no las realizara el equipo mantenedor, por eso es de suma importancia el trabajo en equipo operaciones y mantenimiento.

5.9.3 Revisión de manuales mantenimiento. De acuerdo a los documentos del fabricante y registros establecidos, se recopila toda la información obtenida en un folder impreso como soporte para la realización de las actividades durante la gestión de mantenimiento implementada.

Estos manuales están descritos en un paso a paso donde se describe cada parte del equipo, su acción en él y las holguras que debe mantener para garantizar el estándar; de esta forma estos manuales son muy didácticos y ayudan a la objetividad en el armado de un equipo. Por ser tan robustos no se han incluido completamente en la monografía, se muestran los detalles básicos en cuanto a partes principales.

6. CONCLUSIONES

En las diferentes etapas del proceso de gestión, planeación y ejecución del mantenimiento de equipo pesado realizado por la empresa MORELCO se determinó lo siguiente:

- Poco acompañamiento por parte de los supervisores al personal operativo que ingresa, sobre todo cuando estos deben definir si la falla identificada puede ser corregida de forma inmediata o requiere personal especializado.
- Se observa que el personal capacitado con la herramienta BEC corresponde solo a un 30% de la totalidad del personal de mantenimiento, a pesar de ser tan prioritario el uso de la misma durante el desarrollo de las actividades.
- Según cifras el 70% del personal de mantenimiento cuenta con capacitación de la herramienta BEC, pero falta fortalecimiento por medio de nuevas capacitaciones o refuerzos en la misma.
- Se evidencian actividades que están mal definidas en las órdenes de trabajo durante la planeación, lo que genera pérdidas por valor de \$10.800.000 correspondientes a 232 horas hombre de trabajo a la semana, que puede ser usadas en otras actividades de mantenimiento generando mayor productividad y reduciendo las órdenes de trabajo abiertas.
- Baja efectividad en la planeación con un 70% de órdenes de trabajo sin realizar, debido a que un gran número de estas órdenes hacen referencia a equipo pesado de la empresa MORELCO S.A (25 en total) y no tienen catalogación y listado de repuestos, lo que genera un aumento en el TMRP (Tiempo Medio Para Reparar).
- En las etapas de Identificación del trabajo y ejecución semanalmente se está generando un tiempo improductivo de 484 horas hombre con un costo de \$11.733.128, equivalentes al 3% de horas hombre totales del segundo semestre del año 2013. (17.280 H.H).
- Durante la ejecución, el costo total de 232 horas de mantenimiento semanalmente, creadas en las órdenes de trabajo mal definidas es de \$28.257.600, afectando notablemente los indicadores.
- En la etapa de ejecución el costo total por las 484 horas improductivas es de \$58.951.200 pesos, las cuales se ven reflejadas en el desarrollo de las actividades.

- Según el datasheet muchos de los equipos ya cumplieron su vida útil, la cual para la mayoría de ellos es de 5 años, esto aumenta la probabilidad de falla.

La tabla 12 muestra la relación del costo total improductivo de equipo pesado y de las horas hombre, siendo de 179.566.072 pesos en una semana.

Tabla 13. Costo total improductivo equipo pesado y horas hombre

DESCRIPCION	HORAS SEMANA	VALOR HORA	VALOR TOTAL
Improductividad durante la planeación	484	121.800	58.951.200
Mala definición durante la planeación	232	121.800	28.257.600
Improductividad durante la ejecución	484	24.242	11.733.128
Mala definición durante la ejecución	232	24.242	5.624.144
Transporte cama baja	360		75.000.000
COSTO TOTAL IMPRODUCTIVO			\$179.566.072

7. RECOMENDACIONES

Para optimizar la programación, gestión, planeación y ejecución del mantenimiento en la empresa MORELCO S.A, se hacen las siguientes recomendaciones las cuales se identificaron como acciones que no están aseguradas y están generando tiempos improductivos al mantenimiento en las etapas del proceso IDENTIFICACION DEL TRABAJO, DEFINICION DEL TRABAJO, PLANEACION y EJECUCION.

Mejorar la comunicación entre los operadores de los equipos y el personal que realiza el mantenimiento y organizarse como un equipo de trabajo, sincronizado, de forma interdisciplinaria que permita identificar fallas, para lo cual se sugiere talleres de trabajo en equipo y liderazgo a todo el personal de la empresa MORELCO S.A.

Crear y desarrollar un programa de entrenamiento, por lo menos trimestral dirigido a todo el personal para fortalecer sus conocimientos en la herramienta BEC.

Asegurar que la dirección realice el acompañamiento al personal de mantenimiento de equipo pesado en campo, sobre las acciones a seguir, cumplimiento de estándares, seguimiento en los procedimientos y evaluaciones de manera objetiva.

Garantizar un parque automotor mínimo de equipo pesado el cual pueda cubrir las necesidades programadas para el cumplimiento de la programación de mantenimiento.

Realizar un seguimiento de los equipos para garantizar que sean reemplazados en el cumplimiento de su vida útil, esto garantiza ahorro de tiempo y dinero por fallas.

Contar con un stock mínimo de los repuestos más utilizados, con el fin reducir los tiempos y costos por mantenimiento correctivo.

Estandarizar los equipos a un solo proveedor, por ejemplo Caterpillar, esto facilita las compras de repuestos, técnicos especializados y capacitados.

Garantizar las visitas de campo por parte del planeador cada semana, para conocer con certeza que equipos está operado correctamente, cuáles de ellos requieren mantenimiento según su orden y prioridad.

Con las recomendaciones sugeridas para el proceso de mantenimiento de la empresa MORELCO S.A se lograra optimizar cada una de las diferentes etapas identificadas con oportunidades de mejora lo que conllevaría a:

- Mejoramiento continuo y sostenible de los indicadores.
- Reducción de costos de operación y mantenimiento.
- Minimizar tiempos muertos o improductivos.
- Disminuir el TMPR (Tiempo Medio Para Reparar)
- Ampliar el TMBF (Tiempo Medio Entre Falla)
- Aumentar el tiempo de respuesta en el mantenimiento programado.
- Incrementar la confiabilidad en los equipos.
- Aumento en la producción

BIBLIOGRAFÍA

AMENDOLA, Luis. Modelos mixtos de confiabilidad, su implementación y gestión. Publicación Digital en internet por Datastream. 2002

CESPEDES Pedro y TORO Juan. Metodología para medir Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad en Mantenimiento, Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica) Universidad EAFIT. Medellín Colombia 2001.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique; LOPEZ DE LEON, Carlos; DOUNCE PEREZ Tagle. Productividad en el Mantenimiento Industrial. Compañía Editorial Continental, México. 2002.

ECOPETROL S.A Coordinación planeación del mantenimiento. 2011.

KNEZEVIC, Jezdimir, Mantenimiento. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, Primera edición. Isdefe 1996

LUDWIN SWARD, Fredick. Mantenimiento de las Máquinas Herramientas. Editorial Blume, Barcelona. 1992.

Manual de procedimientos e instructivos proceso de mantenimiento. ECOPETROL S.A 2011.

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios y/o industriales. Primera edición. AMG 2005.

NACHLAS, Joel A. Fiabilidad. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, Primera edición. Isdefe 1995.

PROYECTO DE NORMA INTERNACIONAL ISO/DIS 14224, Industrias del petróleo y gas-obtención e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento de los equipos, Segunda edición, ISO 14224 : 2004

TORRES, Leandro Daniel. "Mantenimiento, su implementación y gestión", Segunda edición. Isdefe 1996

ANEXOS

Anexo A. Formato de Inspección de actividades

CHECK LIST PARA APROBACIÓN DE PERMISOS DE TRABAJO		QUIEN VERIFICA ?	NOMBRE Y REGISTRO DE QUIEN APRUEBA
1	Se encuentra programado para ejecutar el día__ del mes_____ año_____	Coord. HSE	
2	Cuántas personas van a ejecutar la actividad ? _____	Sup. Ejecutor	
3	Se verificó el procedimiento de la actividad a realizar y se anexa en el permiso de trabajo?. _____	Sup. Ejecutor	
4	Se anexa el plan de trabajo detallado (PDT) aprobado por el Planeador de Mantenimiento ? _____	Sup. Ejecutor	
5	Se verificaron las competencias certificadas de los ejecutores para realizar el trabajo y no tienen restricciones medicas para laborar ? _____	Coord. HSE	
6	Se verificó el paso a paso descrito directamente para realizar el trabajo? _____	Sup. Ejecutor	
7	Se recivio por parte del operador del area los riesgos asociados al sitio de trabajo? _____	Coord. HSE	
8	Los ejecutores realizaron reconocimiento al sitio de trabajo para identificar riesgos y controles asociados a la ejecucion y al sitio ? _____	Coord HSE	
9	Se realizó el conversatorio HSE con los ejecutores por parte del Lider de OPERACIONES del area para identificar nuevas inquietudes HSE por parte de las personas de mantenimiento? _____	Coord. HSE	
10	El Ejecutor verifica que el sitio de trabajo se encuentra limpio y en orden ? _____	Coord. HSE	
11	El guardia operacional verifica que el trabajo se puede realizar seguro el día de hoy? _____	Coord. HSE	
12	El Supervisor verifica que el trabajo se puede realizar seguro el día de hoy ? _____	Sup. Ejecutor	

nota. Esta lista de chequeo aplica para los permisos de trabajo VH,H, M y L y los controles deben estar aprobados por el Jefe de Departamento (VH y H), Supervisor HSE (M y L)

Anexo C. Formato de Ruta inspección motobomba

RUTA INSPECCIÓN MOTOBOMBA	FO-1013
	REV. 2
	01/05/2013 Pág. ___ de ___

Obra: _____
 Fecha: _____
 Técnico: _____
 Orden de trabajo: _____

Cedula	MOTOR				BOMBA		
	Nivel Aceite	Funcionamiento o Inyector	Limpieza Filtro principal	Revisión fugas	Giro Libre Impulsor	Limpieza filtro succión	Ajuste carcasas


OBSERVACIONES _____

Sistema	Condiciones	DESCRIPCIÓN
Inspección funcionamiento Inyector	OK	Inyector OK
	HN	HUMO NEGRO (exceso combustible)
	HC	HUMO OLIVADO (falta combustible)
	HA	HUMO AZUL (falta de aceite)
Filtro principal	OK	Filtro revisado y reemplazado
Revisión fugas	OK	Garantizar que no haya fugas
Ajustes del equipo	OK	Garantizar ajuste estructura general

Anexo D. Formato de lista de chequeo de equipo amarillo

CHECK LIST DE EQUIPO AMARILLO		CODIGO	
		Revisión:	
		Fecha:	
		Página:	1 de 1
		Fecha de expedición:	
Procedencia:		Destino:	
Cedula:		Modelo:	
Marca:		Motor:	
		B M R F NA PE	
Kilometraje / Horómetro:			
Motor			
Funcionamiento de motor			
Guardas de motor			
Turbo alimentador			
Bomba de volante de motor			
Respiradero de cárter			
Tapas de llenado de aceite de motor			
Varilla de medición de nivel de aceite			
Soportes de motor			
Fugas de aceite? (NO)			
RPM alta en vacío			
RPM en mínimo			
Sistema de combustible			
Nivel de sistema de combustible			
Bomba de inyección			
Inyectores			
Transferencia			
Carteras de combustible y sus soportes			
Filtro / separador de agua de combustible			
Fugas de combustible? (NO)			
Tapas de tanque de combustible (con llave? SI)			
Medidor del nivel de combustible.			
Estado de tanque y sus soportes			
Sistema de lubricación			
Filtros de aceite			
Estado y nivel del aceite			
Consumo de aceites? (NO)			
Estado de mangueras y canerías			
Presión de aceite ()			
Sistema Electromotriz			
Estado del Alternador			
Correa de alternador			
Baterías y sus bornes			
Cables de batería			
Soporte de baterías			
Cableado del circuito en general			
Faros y luces en general			
Estado de luces direccionales			
Estado de luces de parada			
Estado de luces (Luznadora)			
Limpia parabrisas y lumbrillas limpiaparabrisas			
Claxon			
Alarma de retroceso			
Motor de Arranque			
Switch Maestro			
Eficiencia de arranque			
Sistema de admisión y escape			
Filtro de aire primario			
Filtro de aire secundario			
Indicador de restricción de aire			
Ductos de múltiple de admisión			
Mangueras y sellos de múltiple de admisión			
Soportes de múltiple de escape			
Soportes de tuberías de escape			
Silenciador			
Tubo flexible de escape			
Enfriador de aire del turbo alimentador			
Fugas de gases de escape? (.....)			
Sistema de refrigeración			
Radiador y su tapa			
Guardas y soportes de radiador			
Soportes de radiador			
Ventilador y sistema de embrague del mismo.			
Correa de ventilador (Tipo: V)			
Torre de agua			
Bomba de agua			
Estado del agua o líquido refrigerante			
Fugas de agua? (NO)			
Enfriador de aceite de motor			
Indicador de temperatura			
Embrague y caja de cambios			
Discos de embrague			
Mandos y articulaciones			
Caja de cambios mecánica			
Estado y nivel de aceite			
Cuidos de la caja internamente? (NO)			
Samanos de marcha de caja de cambios			
Fugas de aceite? (NO)			
Tapón de drenaje			
Acoples de transmisión			
Cardanes			
Cruceatas			
Soportes de cardán			
Cadena de seguridad de cardán			
Ejes estrizados de cardán			
Graseras de cardán y cruceta			
Sistema de freno			
Estado de los frenos			
Bandas de freno			
Fugas de aire? (NO)			
Estado de diafragmas de freno			
Accionamiento de pulmones de freno			
Estado de freno de emergencia / Estacionamiento			
Estado de la compresora de aire			
Estado de tanques de aire y su purgador			
Pase de aceite al sistema de aire de compresor? (NO) (purgar)			
Estado del regulador de presión			
Estado de mangueras			

Anexo E. Formato de lista de chequeo de grúa telescópica

		CHECK LIST DE GRÚA TELESCÓPICA										CODIGO			
												B	M	R	F
Procedencia:												Revision:			
Cedula:												Fecha:			
Marcá:												Página: 1 de 1			
Destino:												Persona Reception:			
Modelo:															
Motor:															
Kilometraje / Horómetro:															
Motor															
Funcionamiento de motor(ruidos,golpeteo)															
Turbocompresor															
Turbo alimentador															
Respiradero de cárter															
Dumper de volantes de motor															
Estado de freno motor															
Tapa de llenado de aceite de motor															
Vanilla de medición de nivel de aceite															
Fugas de aceite															
RPM alta en vacío															
RPM en mínimo															
Sistema de combustible															
Nivel de sistema de combustible															
Bomba de inyección															
Inyectores															
Línea de alimentación															
Cerañas de combustible y sus soportes															
Filtro de combustible															
Filtro / separador de agua de combustible															
Tapa de tanque de combustible															
Medidor del nivel de combustible (con llave? Si)															
Estado de tanque y sus soportes															
Sistema de lubricación															
Filtros de aceite															
Estado y nivel del aceite															
Consumo de aceite (NO)															
Fugas de aceite (NO)															
Presión de aceite (NO)															
Sistema Electromotriz															
Corriente de arranque															
Corriente de alternador															
Baterías y sus bornes															
Cables de batería															
Estado de los cables															
Cableado del circuito en general															
Faros y luces en general															
Estado de luces direccionales															
Estado de luces de parada															
Estado de luces de marcha															
Limpia parabrisas, plumillas limpia parabrisas y surtidores de agua															
Claxon de retroceso															
Motor de Arranque															
Switch Maestro															
Estado de la bomba															
Eficiencia de arraque															
Integridad Estructural															
Estado de soldaduras, Ubicación..															
Estado de los cables															
Estado de los cables. Cual? ()															
Estado del bastidor (parte estacionaria)															
Estado de los plumbos															
Estado de la pasteca y gancho auxiliar															
Lengüeta de seguridad del gancho															
Estado del cable principal y el auxiliar															
Estado de los cables de los actuadores															
Estado de las vigas															
Estado de estribos y guardafangos															
Estado de los platos de nivelación															
Estado de pasamanos															
Estado de potencia y control															
Estado de cables															
Estado de pintura															
Sistema de admisión y escape															
Filtro de aire primario															
Filtro de aire secundario															
Indicador de restricción de aire															
Ductos de múltiple de admisión															
Mangueras y sellos de múltiple de admisión															
Mangueras de escape															
Soportes de tuberías de escape															
Silenciador															
Tubo flexible de escape															
Fugas de aire del tubo alimentador															
Fugas de gases de escape? ()															
Sistema de refrigeración															
Radiador y su tapa															
Soportes de radiador															
Ventilador y sistema de embrague del mismo.															
Correas de ventilador. (Tipo: "V")															
Bomba de agua															
Estado del agua o líquido refrigerante															
Fugas de agua? (NO)															
Fugas de aceite del motor															
Indicador de temperatura															
Embrague y caja de cambios															
Mando de embrague															
Mando y sincronizaciones															
Caja de cambios mecánica															
Estado y nivel de aceite															
Ruidos de la caja interiormente? (NO)															
Soportes de marcha de caja de cambios															
Fugas de aceite? (NO)															
Tapón de drenaje															
Atornillos de transmisión															
Crujetas															
Cadenas															
Estado de cadena															
Cadena de seguridad de cardán															
Ejes estrizados de cardán															
Graseras de cardán y cruceta															
Sistema de freno															
Estado de los frenos															
Bandas de freno															
Estado de los tambores (NO)															
Estado de diafragmas de freno															
Accionamiento de pulmones de freno															
Estado de freno de emergencia / Estacionamiento															
Estado de la bomba de freno															
Estado de tanques de aire y su purgador															
Pase de aceite al sistema de aire de compresor? (NO) (purgar)															
Estado del regulador de presión															
Estado de mangueras															
Sistema hidráulico															
Cilindro(s) hidráulico de levante (Boom)															
Cilindro(s) hidráulico de extensión del boom															
Cilindros hidráulicos de los cilindros estabilizadores															
Palancas de mando (Joystick)															
Motor hidráulico de giro (swing)															
Fugas internas de cilindros hidráulicos (corrimiento, caída)															
Fugas externas de cilindros hidráulicos															
Estado de mangueras y acoples															
Fugas de aceite del sistema hidráulico.															
Bombas hidráulicas principales, cant()															
Bombas hidráulicas auxiliares															
Acumuladores de presión															
Embrague de emergencia de bombas hidráulicas															
Válvulas de alivio															
Bombas hidráulicas de reserva															
Tanque hidráulico															
Mirilla de nivel															
Tabla de carga visible															

Anexo F. Manual Caterpillar 320 C



Excavadora
Hidráulica

320C
320C L



Motor		
Modelo de motor	Motor diesel Cat® 3066T	
Potencia en el volante	103 kW	138 hp

Mando		
Máxima tracción en la barra de tiro	196 kN	44.040 lb
Máxima velocidad de desplazamiento	5,5 km/h	3,4 mph

Pesos		
Peso en orden de trabajo – Tren de rodaje largo	21.000 kg	46.300 lb
<ul style="list-style-type: none"> • pluma de 5,68 m (18'7") con cadena de 800 mm (32") 		

Motor

Modelo de motor	Motor diesel Cat 3066T	
Potencia en el volante	103 kW	138 hp
ISO 9249	103 kW	138 hp
SAE J1349	103 kW	138 hp
EEC 80/1269	103 kW	138 hp
Calibre	102 mm	4,02 pulg
Carrera	130 mm	5,12 pulg
Cilindrada	6,37 L	389 pulg ³

- Las 320C/320C L cumplen con los requisitos de emisiones US Tier 2 y EU Stage II.
- La potencia neta publicada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.
- No se requiere de reducción de potencia del motor a altitudes inferiores a 2.300 m (7.500 pies)

Pesos

Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje largo	21.000 kg	46.300 lb
Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje estándar	19.700 kg	43.400 lb

- pluma de 5,68 m (18'7") con cadena de 800 mm (32")
- pluma de 5,68 m (18'7") brazo de 2,9 m (9'7") con cadena de 600 mm (24")

Capacidades de llenado

Capacidad del tanque de combustible	400 L	106 gal
Sistema de enfriamiento	30 L	7,9 gal
Áceite de motor	30 L	7,9 gal
Mando de rotación	8 L	2,1 gal
Mando final (cada uno)	10 L	2,6 gal
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	200 L	53 gal
Tanque hidráulico	120 L	32 gal

Sonido

- El nivel Leq (nivel equivalente de presión del ruido) de exposición al ruido por parte del operador, medido de acuerdo con los procedimientos de ciclo de trabajo especificados en ANSI/SAE J1166 OCT98, es de 74 dB(A) para la cabina proporcionada por Caterpillar una vez que está bien instalada y mantenida, cuando la prueba se hace con las puertas y ventanas cerradas.

Normas

Frenos	SAE J1026 APR90
Cabina/FOGS	SAE J1356 FEB88 ISO 10262

Sistema Hidráulico

Sistema del implemento principal – Flujo máx. (2x)	205 L/min	54,2 gal/min
Presión máxima – Implementos (Tiempo completo)	34.300 kPa	4.980 lb/pulg ²
Presión máx. – Desplazamiento	34.300 kPa	4.980 lb/pulg ²
Presión máx. – Rotación	25.000 kPa	3.625 lb/pulg ²
Sistema piloto – Flujo máximo	41 L/min	10,8 gal/min
Sistema piloto – Presión máxima	4120 kPa	600 lb/pulg ²
Cilindro de la pluma – Calibre	120 mm	5 pulg
Cilindro de la pluma – Carrera	1260 mm	52 pulg
Cilindro del brazo – Calibre	140 mm	5,5 pulg
Cilindro del brazo – Carrera	1430 mm	56 pulg
Cilindro del cucharón de la Familia B – Calibre	120 mm	5 pulg
Cilindro del cucharón de la Familia B – Carrera	1030 mm	41 pulg
Cilindro del cucharón de la Familia C – Calibre	130 mm	5 pulg
Cilindro del cucharón de la Familia C – Carrera	1150 mm	46 pulg

Mando

Máxima tracción en la barra de tiro	196 kN	44.040 lb
Máxima velocidad de desplazamiento	5,5 km/h	3,4 mph

Mecanismo de rotación

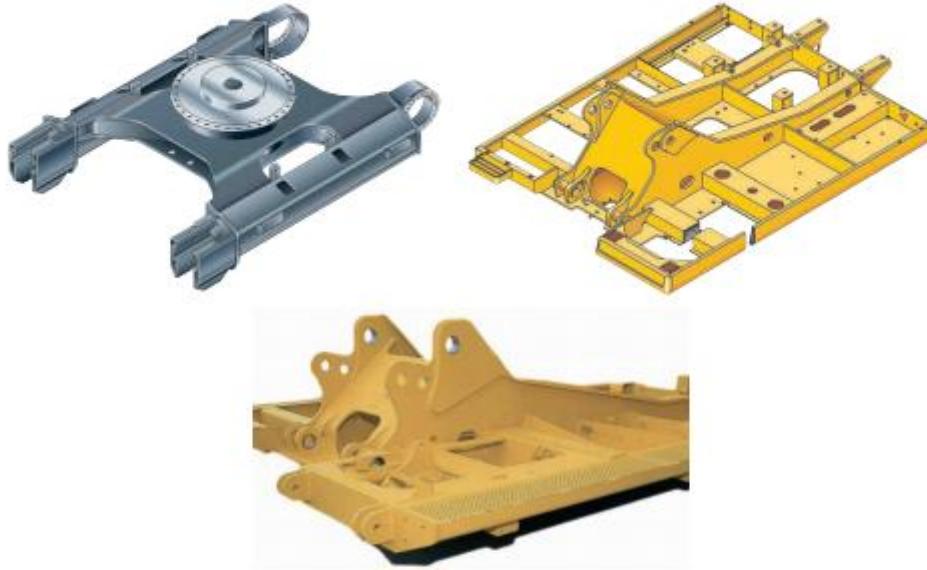
Velocidad de rotación	11,5 rpm	
Par de rotación	61,8 kN·m	45.611 lb·pie

Cadena

Estándar con tren de rodaje estándar	600 mm	24 pulg
Estándar con tren de rodaje largo – Triple garra	800 mm	32 pulg
Óptativo	600 mm	24 pulg
Óptativo	700 mm	28 pulg
Óptativo	800 mm	32 pulg

Estructuras

Los componentes estructurales y el tren de rodaje de la 320C son los cimientos de la durabilidad de la máquina.



Estructuras. Las ya probadas técnicas de fabricación de las estructuras aseguran una larga vida útil de estos componentes importantes.

Diseño del bastidor principal y bastidores de rodillos inferiores.

El bastidor principal en forma de X, de sección en caja, proporciona excelente resistencia a la torsión. Los bastidores de rodillos inferiores son unidades pentagonales armadas a presión que son de excepcional fortaleza y duración.

Bastidor principal. El sólido bastidor principal ha sido diseñado para obtener máxima duración y hacer uso eficiente de los materiales.

Tren de rodaje. El duradero tren de rodaje Cat absorbe las cargas de tensión y proporciona excelente estabilidad.

Rodillos y ruedas guía. Los rodillos inferiores, los rodillos superiores y las ruedas guía, sellados y lubricados, son de larga duración, lo cual mantiene la máquina en la obra durante más tiempo.

Opciones de tren de rodaje.

Dos opciones de tren de rodaje, estándar (STD) y largo (L), le permiten escoger la mejor configuración para su aplicación.

Tren de rodaje estándar. El tren de rodaje estándar está bien adaptado para aplicaciones que requieren reposicionamiento frecuente de la máquina, tienen espacio de trabajo restringido y terreno disparejo o rocoso.

Tren de rodaje largo. El tren de rodaje largo (L) optimiza la estabilidad y la capacidad de levantamiento. Un tren de rodaje largo, ancho y resistente ofrece una plataforma de trabajo estable.