

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MEJORA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE EQUIPOS
PESADOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

JOSE RODOLFO CONDORE SALINAS

PROMOCION 2003-II

LIMA-PERU

2009

TABLA DE CONTENIDOS

PROLOGO	1
CAPITULO I. INTRODUCCION	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Alcances.....	6
1.5 Limitaciones.....	6
 CAPITULO II GENERALIDADES SOBRE EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	
2.1 Tipos de mantenimiento en el tiempo.....	7
2.2 Descripción general de equipos de movimiento de tierras.....	9
2.3 Principales componentes de equipos.....	17
2.4 Particularidades de este tipo de mantenimiento.....	24
 CAPITULO III. VISION GENERAL DEL TPM Y DEL MCC	27
3.1 Definición del TPM.....	27
3.2 Desarrollo del TPM.....	28
3.2.1 Fase de preparación.....	28
3.2.2 Fase de introducción.....	29
3.2.3 Fase de implementación.....	30
3.2.4 Fase de consolidación.....	30
3.3 Actividades fundamentales para desarrollo del TPM.....	30
3.3.1 Mejora orientada.....	30
3.3.2 Mantenimiento autónomo.....	31
3.3.3 Mantenimiento planeado.....	32
3.3.4 Capacitación y entrenamiento.....	32
3.3.5 Fundamentos adicionales para el apoyo de la gestión.....	33
3.4 Maximización de la eficacia de la producción.....	34
3.4.1 Eficiencia global de la planta OEE.....	34
3.4.2 Filosofía de cero fallas en equipos.....	35
3.5 Definición del MCC.....	37
3.6 Metodología del MCC.....	38
3.6.1 Flujo grama de implantación.....	39
3.6.2 Equipos de trabajo.....	39
3.6.2 Contexto operacional.....	40
3.6.3 Análisis de modos y efectos de falla A M E F.....	40
 CAPITULO IV. SITUACION DEL MANTENIMIENTO ANTES DE LA MEJORA	45

III

Sistema computarizado de gestión de mantenimiento.....	47
Áreas de apoyo (planeamiento,logística y almacenes).....	51
Organigrama funcional y gestión de personal	53
Infraestructura.....	53
Área de comunicaciones (Informes de rendimientos).....	55
Control de costos	59
Sistema integrado de gestión del mantenimiento(Calidad y medio ambiente).....	61
Tipo de mantenimiento implementado.....	63
CAPITULO V. PROGRAMA DE MEJORAS DEL MANTENIMIENTO.....	74
5.1 Mejora de la filosofía de las cinco “S” como base de gestión.....	77
5.2 Mejora en la aplicación del mantenimiento autónomo.....	78
Diagnostico preliminar donde aplicar mejoras.....	67
5.2.1 Operador Mantenedor.....	79
5.2.2 uso de check list especializados.....	81
5.3 Mejora en mantenimientos de calidad (Procedimientos e instructivos)	
5.4 Mejora en uso de herramientas predictivas.....	83
5.5 Mejora en la implementación del cálculo de la OEE en áreas de producción	93
5.6 Mejora en la aplicación de índices de performance KPI.....	99
5.7 Mejora en el monitoreo de condiciones del estado de la maquina...	102
CAPITULO VI. RESULTADOS OBTENIDOS.....	108
6.1 ROI de las mejoras aplicadas.....	109
6.2 Evolución de los indicadores de gestión	110
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFIA	
APENDICE	

PROLOGO

El movimiento de tierras es un negocio que se encuentra muy influenciado por la globalización y se desarrolla en un ambiente muy competitivo lo que obliga a estar siempre atento a las nuevas tecnologías de los equipos y maquinas de movimiento de tierras.

El mantenimiento de los equipos es fundamental para conseguir la disponibilidad y confiabilidad que son necesarias para obtener la productividad y rentabilidad en las empresas que se dedican al movimiento de tierras por lo tanto es primordial para que las empresas alcancen sus metas y objetivos trazados.

Cosapi SA es una empresa que se dedica a los negocios de construcción, ingeniería y gerencia de proyectos, como parte fundamental de sus procesos constructivos utilizan equipos pesados de movimientos de tierras, los cuales se agrupan en flotas que trabajan en los diversos proyectos en construcción y minería.

El objeto principal del presente informe es la elaboración de un programa de mejoras al sistema de mantenimiento de equipos utilizando las nuevos tipos y estrategias de mantenimiento, para efecto de mostrar los resultados se comparan la flota de equipos

que trabajo en el proyecto Yanacocha año 2000 con la flota de equipos que se encuentra trabajando en el proyecto Antamina año 2008.

En el *primer capítulo* se presenta la introducción del presente informe donde se deja claramente establecido el objetivo y los alcances

En el *segundo capítulo* se explican los lineamientos generales de los diferentes tipos de mantenimiento y su evolución a lo largo del tiempo, asimismo como se clasifican los diferentes tipos de maquinas y equipos utilizados en la construcción describiendo sus características principales, con una breve explicación de los equipos de movimiento de tierras poniendo énfasis en sus principales sistemas y componentes. Se describen las condiciones del entorno operativo donde generalmente trabajan estos equipos que son importantes para la adecuada selección y definición de la estrategia de mantenimiento .Se culmina describiendo las particularidades del mantenimiento de este tipo de equipos

En el *tercer capítulo* se exponen una visión general del Mantenimiento Productivo Total TPM y del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC que son los tipos de mantenimiento más influyentes en las estrategias de mantenimiento últimamente utilizadas en los equipos de movimiento de tierras .Se describen sus actividades fundamentales, sus metodologías y sus particularidades.

En el *cuarto capítulo* se describe la situación inicial del mantenimiento de la flota de equipos considerada como línea base (equipos que trabajaron en el Proyecto

Yanacocha año 2000) donde se explica las funciones y actividades más representativas del sistema de mantenimiento utilizado, considerando una descripción de las instalaciones, equipamientos, recursos, organización, sistema del flujo de información, informes de rendimientos (indicadores de desempeño) y se finaliza el capítulo con un diagnóstico preliminar donde se pueden aplicar las mejoras al sistema de mantenimiento

En el *quinto capítulo* se exponen las mejoras seleccionadas donde se utilizan los fundamentos del TPM y MCC, asimismo los criterios del Análisis de Causa Raíz ACR también se recibe el aporte de los conceptos de Sistemas Integrados de Gestión como son la Calidad Total, La Seguridad y las normas de los cuidados del Medio Ambiente. Finalmente se exponen las mejoras que tiene en cuenta la aplicación de los índices de performance y la mejora en el monitoreo de condiciones del estado de las máquinas.

En el *sexto capítulo* se muestran los resultados obtenidos luego de la implementación de estas mejoras en una flota de equipos actual como es la que trabaja en el proyecto Antamina, mostrando la evolución de los indicadores de desempeño más representativos en el mantenimiento de flotas de equipos de movimiento de tierras.

Finalmente se plantean las *conclusiones y recomendaciones*, una *bibliografía* de consulta y como apéndice gráficos y tablas que complementan la información.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El mantenimiento es una actividad que siempre se encuentra en constante renovación y evolución, en nuestro caso de mantenimiento de equipos pesados de movimientos de tierra se desarrolla aun con mayor celeridad, por eso estamos aportando nuestra experiencia y criterio para desarrollar este tema, tomando como base una empresa como COSAPI SA que es una de las líderes en la industria de la construcción y utiliza equipos y maquinarias de movimientos de tierras

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el mantenimiento es responsable de una gran parte de los costos de operación de una empresa que gestiona maquinaria para movimientos de tierra por lo tanto nuestro aporte se direcciona hacia la disminución de los costos y asimismo a elevar la productividad y la confiabilidad de los equipos de esta industria. Otros factores de justificación muy importantes de tener en cuenta en este trabajo son la calidad, el riesgo y

el tiempo que se optimizan con las nuevas tendencias del mantenimiento expuestas a lo largo del informe.

1.3 OBJETIVOS

El Objetivo principal es elaborar un programa de mejoras al mantenimiento para flotas de equipos pesados de movimiento de tierras de una empresa constructora, utilizando las nuevas tendencias y tipos de mantenimiento que se encuentran en constante evolución y desarrollo, en especial con los fundamentos del TPM (Mantenimiento Productivo Total), MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), Mantenimiento Proactivo (ACR análisis de causa raíz), así como reforzando los procesos de la Calidad Total según la norma ISO 9001 aplicado a este tipo de mantenimiento, que se orientan a conseguir maximizar la productividad a través de una elevada disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Las normas medioambientales tipificadas en las normas ISO14001 siempre deberán estar presente en todas las actividades y procedimientos del mantenimiento actual. Todas estas acciones dentro de un marco de desarrollo sostenible y sana competitividad. Para efectos de evaluar los resultados obtenidos nos centramos en la flota de equipos de propiedad de Cosapi que trabajo en la mina Yanacocha periodo 2000-2003 (se toma como situación inicial o Línea Base) y la flota de equipos también de Cosapi que trabaja en Mina Antamina año 2008.

1.4 ALCANCES

Se puede aplicar al conjunto de maquinas que se utilizan en los trabajos de

movimientos de tierras en las industrias de construcción y minería, también se utilizan en menor escala en las maquinas utilizadas en la agricultura, así como a los principales componentes de estas por ejemplo los motores, transmisiones, sistemas hidráulicos, etc. Las maquinas generalmente trabajan en proyectos del tipo vial (caminos, carreteras), hidráulico (diques y represas) y de desarrollo minero en sus diferentes etapas. En la agricultura en la ampliación de la frontera agrícola así como en la mecanización de los terrenos.

1.5 LIMITACIONES

Este trabajo se desarrollo utilizando la información histórica de la empresa Constructora COSAPI SA, con bastante apoyo y comprensión pero existen algunos datos que son considerados estratégicos los cuales solo se mencionaran referencialmente.

CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO EN EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO EN EL TIEMPO

Realmente el mantenimiento es uno de los temas más antiguos conocidos por el hombre pero se encuentra en constante evolución. Definimos mantenimiento como el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un ítem o sistema en las condiciones que le permitan desarrollar su función.

Podemos mencionar los siguientes tipos de mantenimiento más importantes a través del tiempo:

- ***Mantenimiento Reactivo***, se realiza la reparación imprevista de fallas.
- ***Mantenimiento Preventivo***, se realizan rutinas programadas de trabajos de mantenimiento, con intervalos de tiempos determinados por horómetros (250, 500, 1000 y 2000 Horas de uso como los más utilizados) y según las recomendaciones del fabricante.

- ***Mantenimiento Predictivo***, se utiliza el monitoreo de la condición de los equipos para predecir cuándo fallará un componente del equipo y poder alargar la vida útil de los equipos, los principales parámetros de medición son la vibración, temperatura, el ultrasonido, las presiones, sistema eléctrico, sistema de lubricación, rozamiento, corrosión, espesores, etc.
- ***Mantenimiento Proactivo***, analiza la causa raíz de las fallas y averías. Para resolver los problemas cuenta con la participación de un equipo de trabajo de la Empresa y cuenta con el adecuado respaldo de la gerencia.
- ***Mantenimiento Productivo Total (TPM)***, permite mejorar permanentemente la efectividad de los equipos con la efectiva participación de los operadores, involucra también a personal de producción, administrativo, proveedores, etc. Toda la empresa trabaja en equipo y el mantenimiento es responsabilidad de todos. Calcula la efectividad global considerando la disponibilidad mecánica, el rendimiento y la calidad como parámetros permanentemente monitoreados.
- ***Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)***, proceso empleado para determinar los requerimientos de mantenimiento de un activo físico dentro de su contexto operacional. Utiliza los conceptos de mantenimiento preventivo, análisis de la causa raíz y el mantenimiento predictivo para lograr alta probabilidad de alcanzar la producción programada sin riesgos de interrupción por fallas. Optimiza las tareas del mantenimiento analizando cada parte y componente de los equipos.
- ***Gerencia estratégica de Activos***, considera la administración estratégica del ciclo de vida económico ósea utiliza un enfoque gerencial donde se tiene siempre muy en cuenta la inversión y la rentabilidad así como se monitorea

permanentemente el menor costo horario de los equipos. Mostramos el grafico 2.1 que clarifica esta evolución.

EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

Tipo de Gestión vs. Confiabilidad

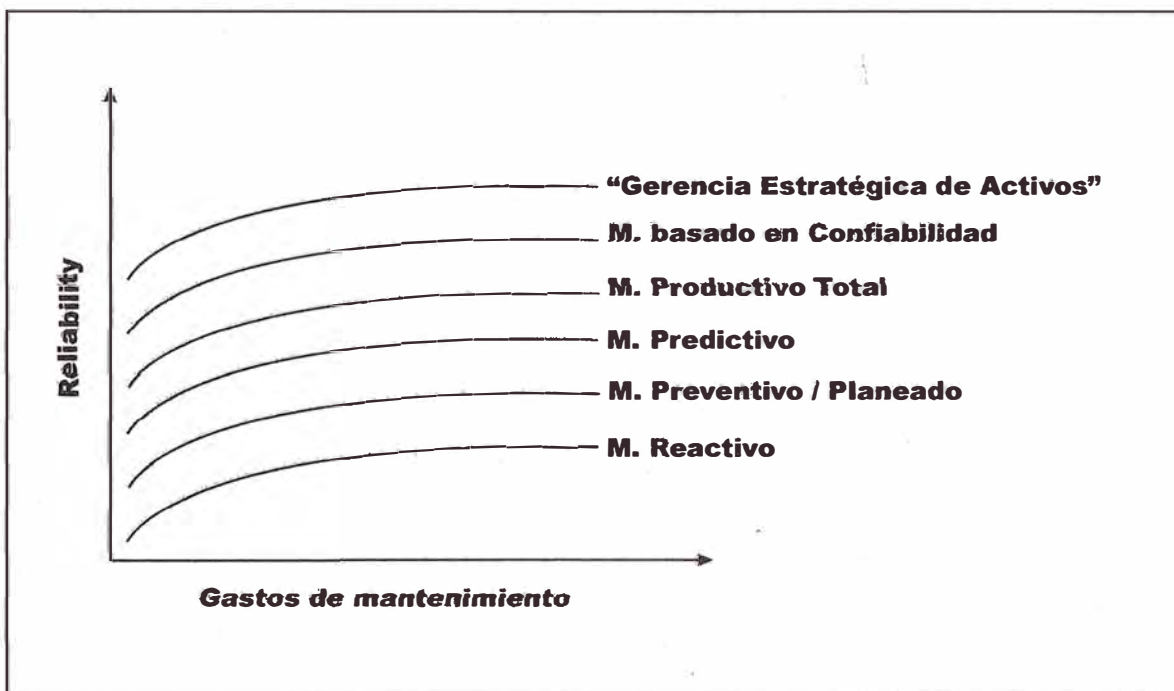


Grafico 2.1 Evolución del mantenimiento

2.2 DESCRIPCION GENERAL DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Los Equipos de la industria de la construcción son muy variados pero podemos agruparlos en Maquinas y Vehículos.

Las maquinas las podemos agrupar en los siguientes grupos:

- **Maquinas de Movimiento de Tierras**

- Tractores Bulldozer

- Cargador Frontal

- Camiones

- Mototraillas

- **Maquinas de Perforación**

- Compresoras (Martillos Neumáticos)

- Martillos Hidráulicos

- Track Drill

- Rock Drill

- Jumbo

- **Maquinas de Nivelación y Conformación**

- Motoniveladoras

- **Maquinas de Compactación**

- Rodillo vibratorio tandem

- Rodillo de neumáticos

- Rodillo de pata de cabra (pisones)

- Rodillo de puntas cónicas

- **Maquinas Giratorias**

- Grúas

- Cucharón de almeja

- Pala Frontal

- Draga de arrastre

- Excavadora

- **Maquinas de producción de agregados**

- Zarandas

- Chancadoras

- Faja transportadoras

- Plantas trituradoras

- **Maquinas de Obras de Arte**

- Mezcladoras

- Vibrador de concreto

- Plantas concreteras

- Bombas concreteras

- **Maquinas de pavimentación y asfalto**

- Pavimentadoras

- Asaltadoras

- Plantas de asfalto

- **Maquinas diversas y misceláneas**

- Grupo Electrónico

- Motobombas

- Electrobombas

- Sierra circular (aserraderos)

Los Vehículos los podemos separar en **Industriales** (camiones de carga) y de **turismo** (autos) .Mostramos el grafico 2.2 para mejor comprensión de lo expuesto.

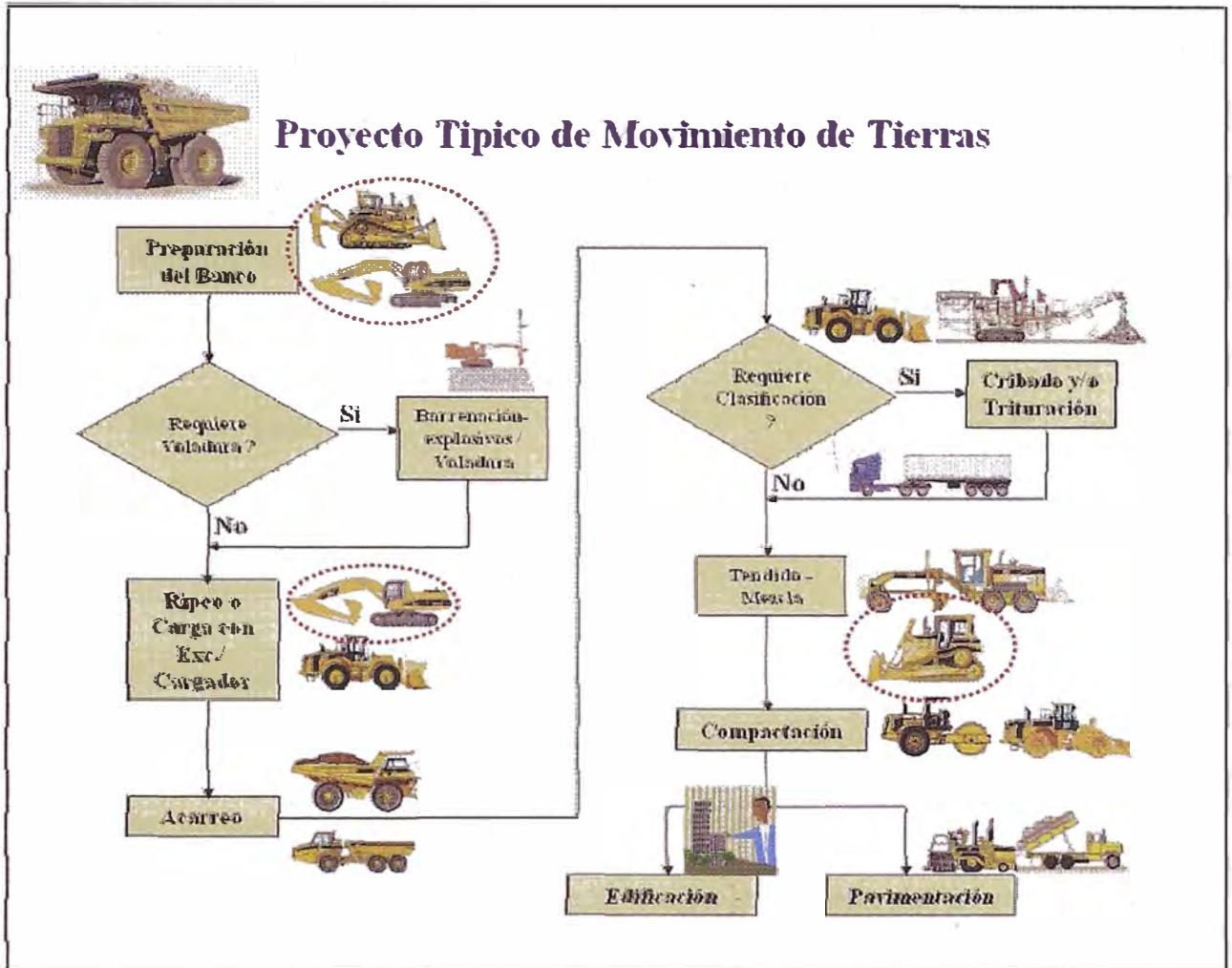


Grafico 2.2 Equipos utilizados en la industria de la construcción

Se considera movimiento de tierras al desplazamiento de una parte de la superficie de la tierra de un lugar a otro y en su nueva posición, crear una nueva forma y condición física deseada al menor costo posible, por ejemplo se aplica en construcción de carreteras o para construcción de diques o represas. Los tipos de equipos más utilizados para este tipo de trabajos se pueden agrupar de la siguiente manera.

Tractores empujadores de orugas (bulldozers u hojas topadoras)

Cargadores Frontales de ruedas, también hay de orugas

Excavadoras Hidráulicas de orugas (cucharón retro o frontal)

Camiones Volquetes (articulados o no)

Rodillos Compactadores

Moto niveladoras

Retrocargadoras

Cisternas de agua

Existen variedad de tipos adicionales pero estos son los más utilizados los cuales se muestran en el grafico 2.3, Es importante considerar los principios de movimiento de tierras utilizados para hallar el rendimiento de una maquina. Se puede considerar que las etapas importantes de un movimiento de tierras son la etapa de carga, la etapa de transporte y acarreo y la etapa de descarga según se puede apreciar en el grafico 2.4

- **En la etapa de carga** se deben considerar factores que afectan a los equipos como la condición del terreno, el talud, el tipo de material, forma de llenado, posición del camión, maniobras de la pala o cargador, técnicas de carga etc. Tener en cuenta que existe una carga de diseño que no debería sobrepasarse para evitar problemas en frenos y dirección pero sobre todo en los elementos estructurales o chasis.

- **En la Etapa de transporte** se deben considerar factores importantes como la pendiente de los caminos curvas y distancias que influyen sobre la resistencia a la rodadura, la capacidad de frenado, la velocidad de transporte (peraltes).

TIPOS DE EQUIPO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS



Cargador



Tractor



Volquete



Escrepa Mototralla



Camión de Obra



Volquete Articulado



Excavadora



Motoniveladora

Grafico 2.3 Principales tipos de equipo para movimiento de tierras

- **En la etapa de descarga** debemos considerar el camino de acceso, tiempos de maniobra y descarga, estabilidad de la maquina, resistencia del suelo, nivelación, esparcido, etc.

Otro aspecto importante sobre los equipos que trabajan en movimiento de tierras es el entorno operativo como es la altitud del terreno (m.s.n.m), clima, temperatura, viento, polvo, abrasión, corrosión, impacto, geología, topografía, seguridad del entorno, rutas de acceso, mantenimiento, soporte operativo, etc Se debe mencionar que existen manuales de características, especificaciones y rendimientos que se deben estar consultando para tener toda la información necesaria.

Siendo la producción el principal objetivo de la utilización de estos equipos es importante saber que esta se mide generalmente en las siguientes unidades como por ejemplo metros cúbicos en banco por hora, metros cúbicos sueltos por hora, metros cúbicos compactados por hora o toneladas métricas por hora. En resumen las consideraciones básicas son mover el material la menor distancia posible, manipulando el material el menor número de veces y utilizando la menor cantidad de energía para mover una mayor cantidad de material.

Con esta información previa podemos ya comprender los criterios para la selección y utilización de los principales tipos de equipos.

- **Cargadores Frontales** considerando la capacidad del cucharón, la velocidad de trabajo, las dimensiones principales, la fuerza de desprendimiento la capacidad de giro, el tipo de neumáticos y la resistencia a la rodadura entre los más importantes. En el apéndice F y D se muestran algunas características de este tipo de equipos.

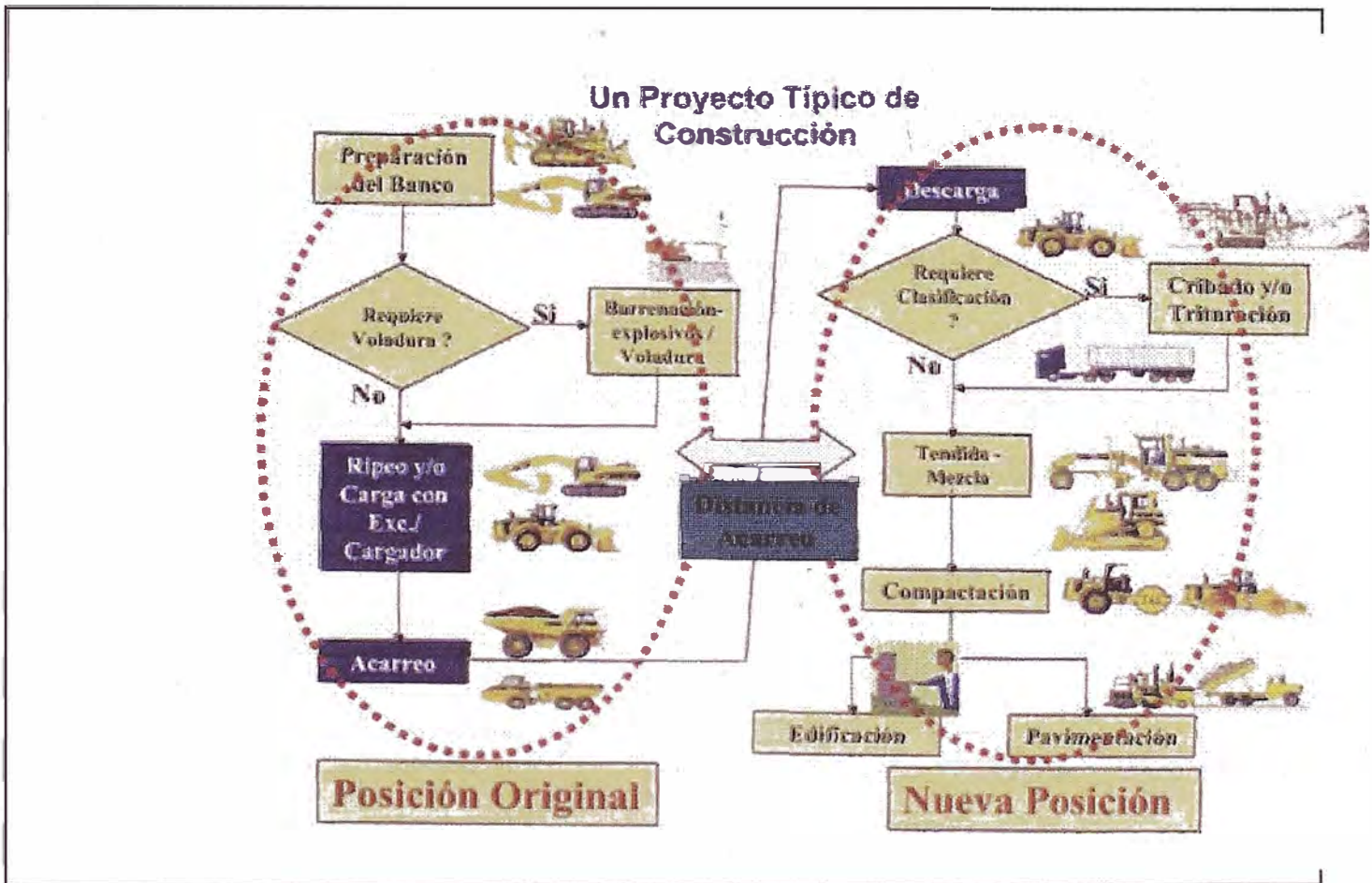


Grafico 2.4 Etapas de carga, transporte y descarga

- **Excavadoras** considerando la capacidad del cucharón, las dimensiones en especial la longitud del brazo, la capacidad de levante, el radio de giro, la pendiente máxima de traslado, la forma de las orugas, los diferentes accesorios o aditamentos. En el apéndice C se muestran algunas características de este tipo de equipo

- **Tractores** considerando la fuerza de empuje, las dimensiones del bulldozer o lampón, la forma de las orugas, la pendiente máxima de trabajo, las velocidades de desplazamiento, la versatilidad de los implementos, el diseño del desgarrador o Ripper. En los apéndices A y B se muestran algunas características de estos equipos
- **Volquetes o camiones de Obras** considerando la capacidad de su tolva, las velocidades de desplazamientos, la potencia disponible, la maniobrabilidad, la pendiente máxima de trabajo, los mecanismos de traba de la transmisión. En el apéndice E se muestra la curva de tracción, velocidad y pendiente de un equipo de este tipo.
- **Motoniveladoras** por su rendimiento en trabajos de nivelación de terrenos, por sus cualidades de tracción, velocidad, potencia y versatilidad.
- **Rodillos compactadores** Considerando su rendimiento en compactación y estabilización de terrenos así como su capacidad de trabajar en pendientes elevadas.

2.3 PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

Los podemos describir brevemente de la siguiente manera:

Tren de fuerza, se compone básicamente del motor, la transmisión y los mandos finales. En el grafico 2.5 que muestra como ejemplo el tren de fuerza de un cargador Frontal

Motor, todos los equipos usan motores diesel como principal generador de potencia primaria. En función a los tamaños y capacidades.

Sistemas de embrague, los tractores, cargadores frontales y volquetes usan convertidores de torsión para cumplir esta función, las motoniveladoras además usan un disco de embrague, para el caso de los otros tipos no llevan embrague solo un mecanismo de acople ya que transforman la potencia del motor en potencia hidráulica (bombas). Se muestra en el grafico 2.6 el esquema de un convertidor

Sistemas de transmisión (Cajas) los tractores, cargadores, volquetes, motoniveladoras usan cajas automáticas denominadas powers shifts, las excavadoras y rodillos carecen de caja ya que utilizan la transformación bomba hidráulica hacia motores hidráulicos (Ver grafico 2.7)

Mandos finales y Diferenciales los tractores, cargadores frontales, volquetes, motoniveladoras, rodillos usan el mecanismo diferencial y sistema de engranajes para estas funciones, en el caso de las excavadoras solo usan engranajes. (ver grafico 2.8)

TREN DE FUERZA

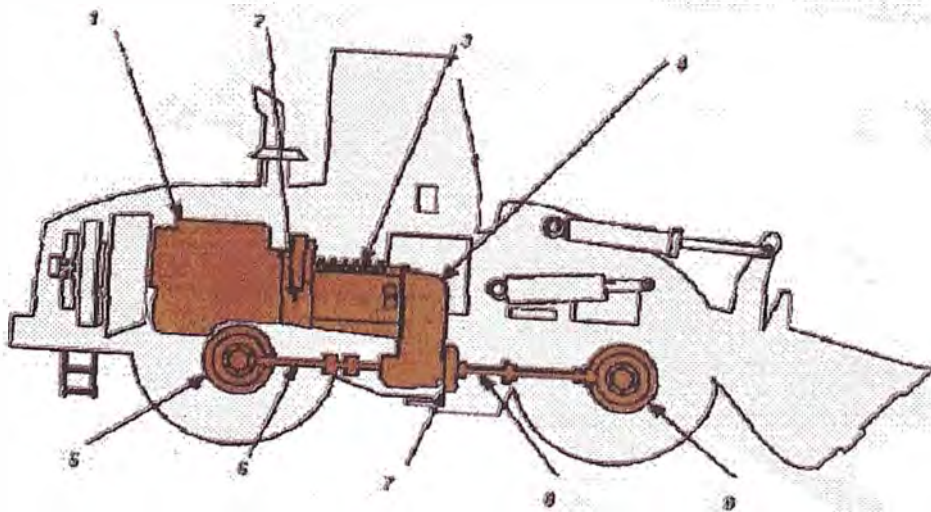


Grafico 2.5 Tren de fuerza de un cargador frontal

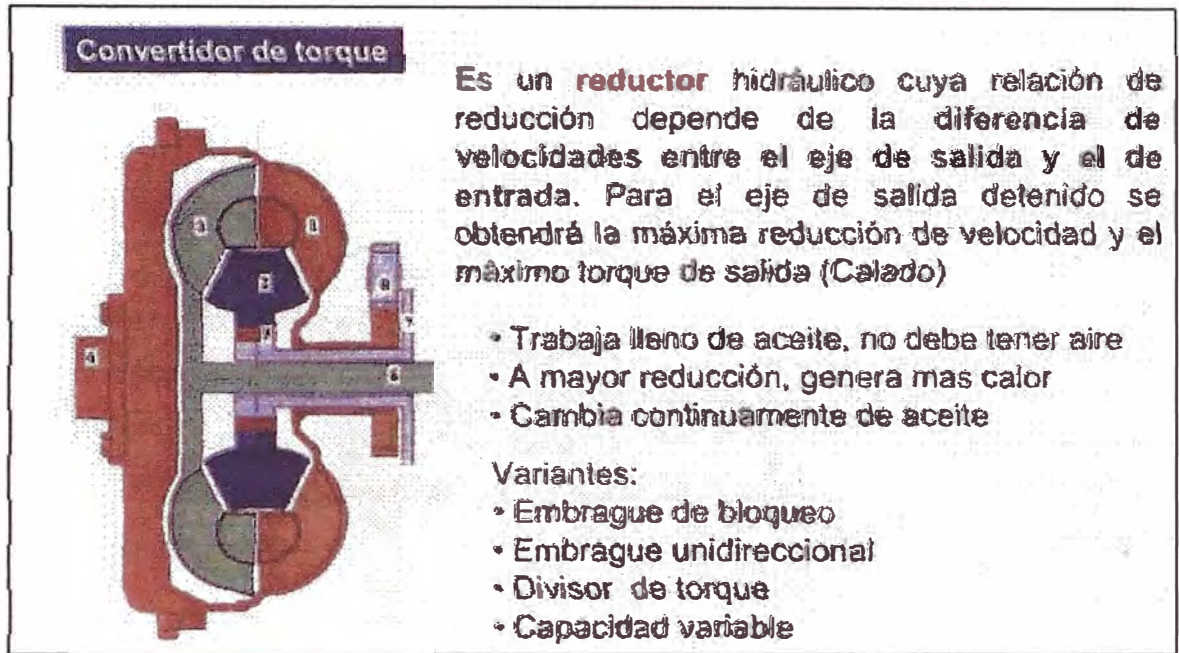


Grafico 2.6 Convertidor de torque

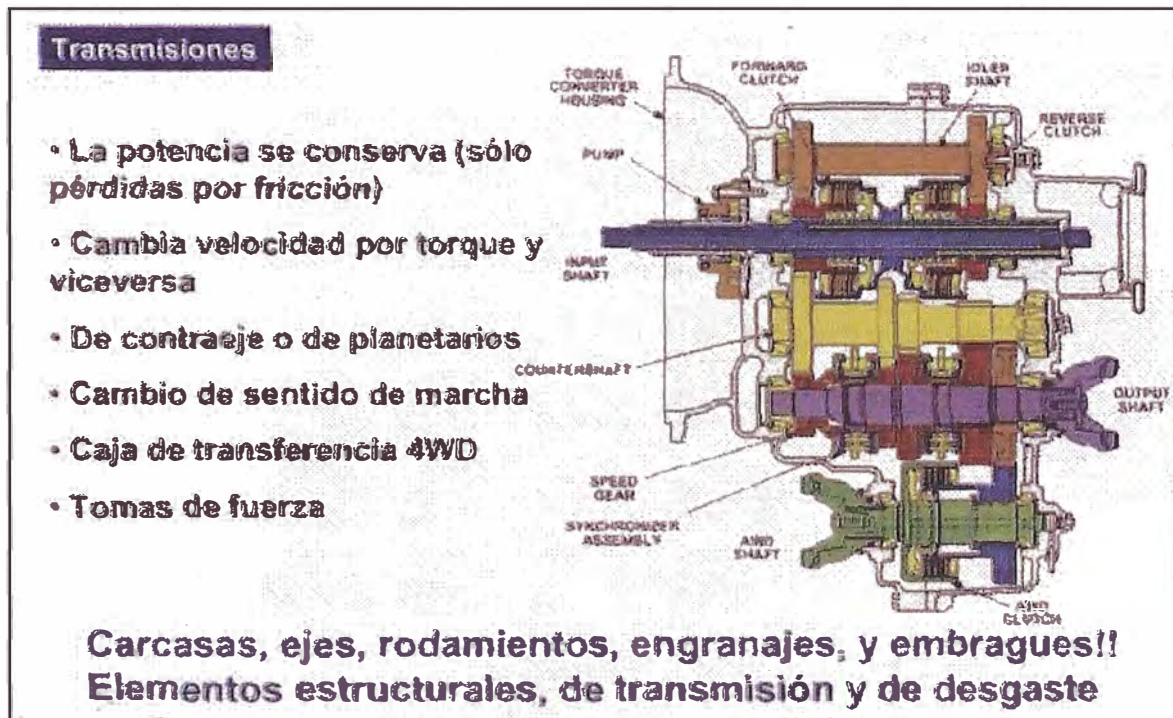


Grafico 2.7 Transmisión de cargador frontal

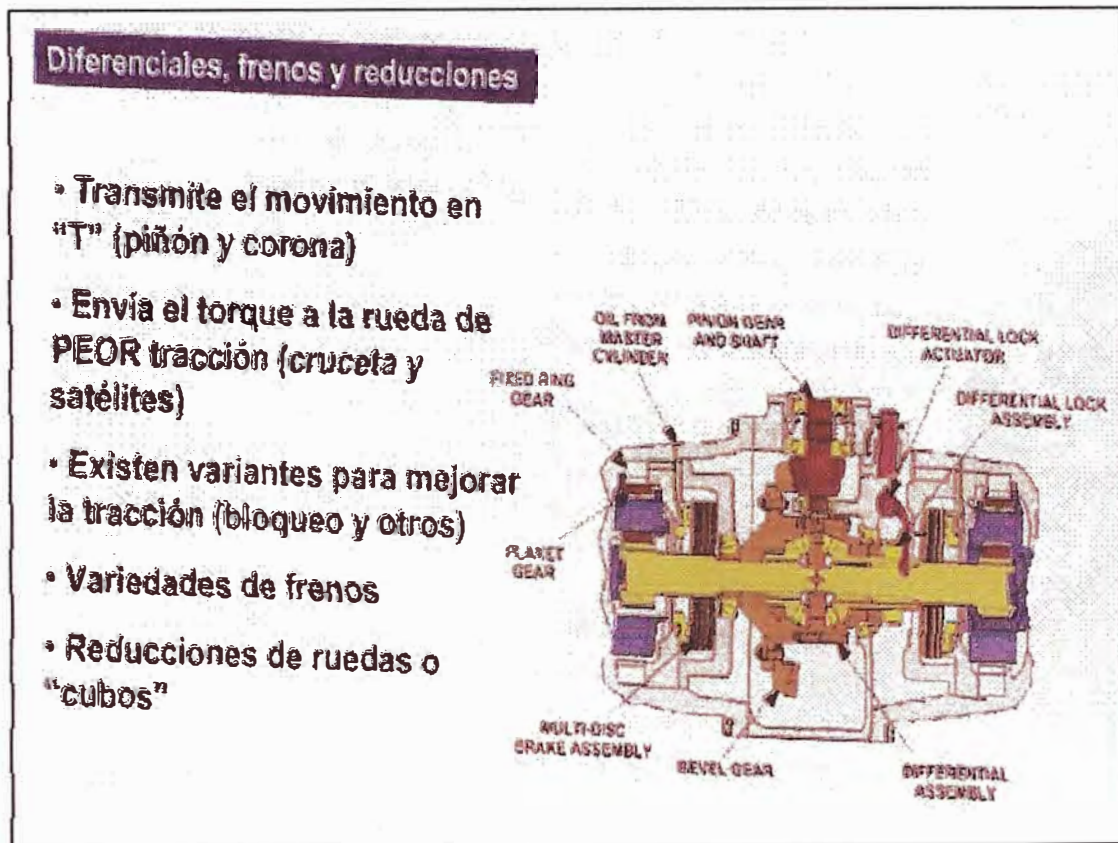


Grafico 2.8 Diferenciales, frenos y reductores

Sistemas Hidráulicos, gobiernan casi todos los implementos y utillajes para que los equipos cumplan la función encomendada, se componen de bombas, válvulas, mangueras, motores y cilindros para los diversos implementos de actuación. Trabajan a grandes presiones generalmente en rangos de 3000 a 6000 psi. Como ejemplo se muestra el grafico 2.9 dónde se muestra el esquema general utilizado para una excavadora hidráulica sobre orugas. Adicionalmente en los apéndices G y H se detalla el mismo equipo con su sistema hidráulico.

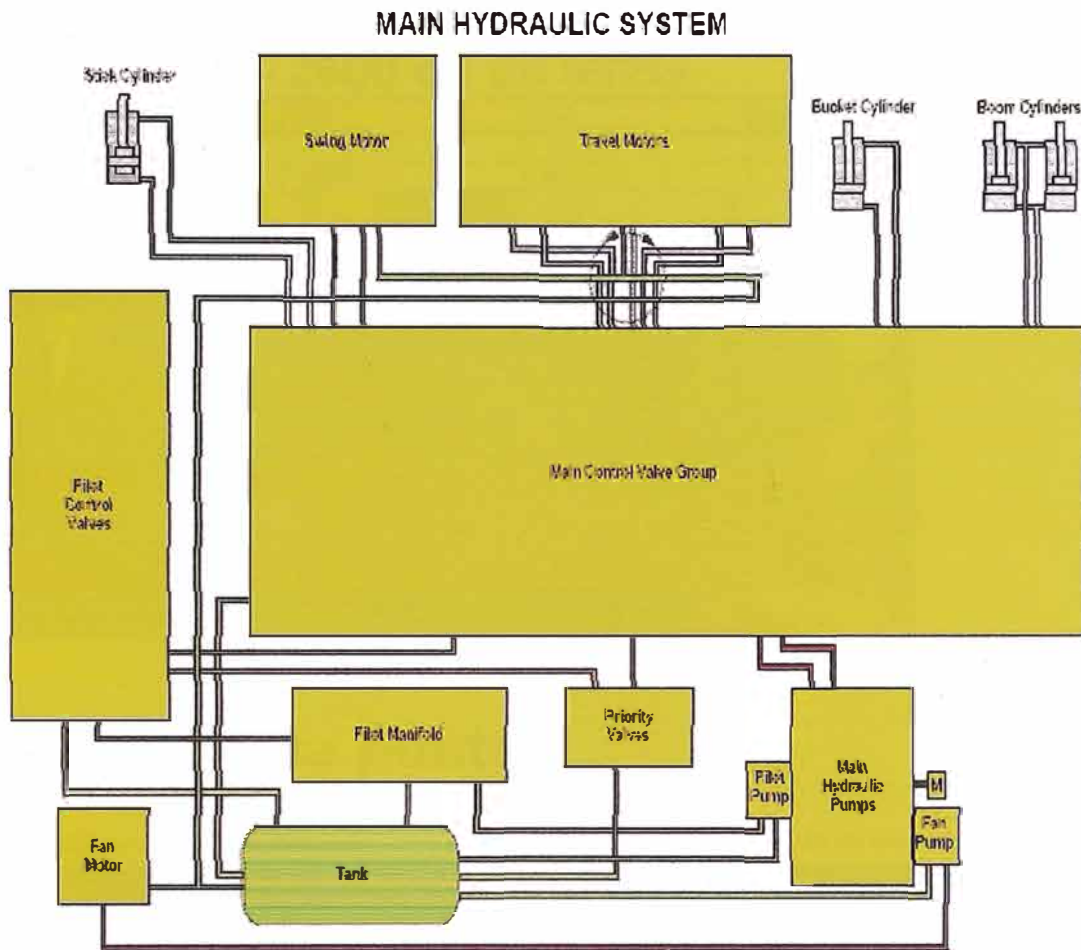


Grafico 2.9 Esquema hidráulico general de excavadora

Implementos y elementos de desgaste, en el caso de tractores se utiliza la hoja topadora o lampón, acompañado de un desgarrador (Ripper), en el caso de excavadoras se utiliza un cucharón, en el caso de cargador se utiliza normalmente un cucharón, en la motoniveladora se utiliza una hoja nivelante y en los rodillos un cilindro vibratorio. Como ejemplo mostramos en el grafico 2.10 un cucharón de cargador frontal y en el grafico 2.11 las puntas utilizadas en cucharones de cargador y excavadora hidráulica

Punta HDP vs. Punta HDA - J600 en un 992G

	HDP	HDA	Indice
P/N	135-9600	616603	
\$ Precio	\$365,75	\$325,40	112



Grafico 2.10 Cucharon de cargador

Selección de puntas

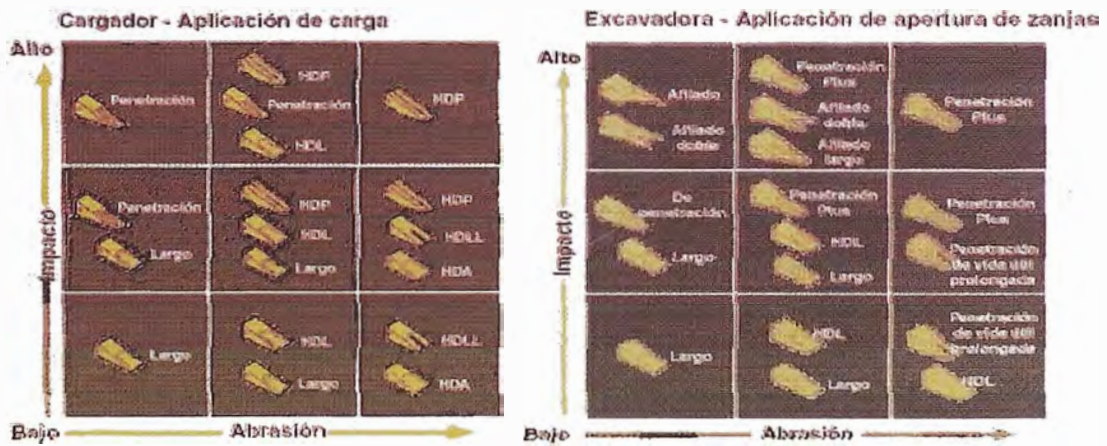


Grafico 2.11 Puntas de cucharon

Elementos de tracción neumáticos u orugas, se utilizan neumáticos u orugas según la aplicación. Los sistemas de orugas se comportan mucho mejor en suelos blandos o terrenos desfavorables a la tracción. Mostramos el sistema de carrilería de un tractor en el grafico 2.12

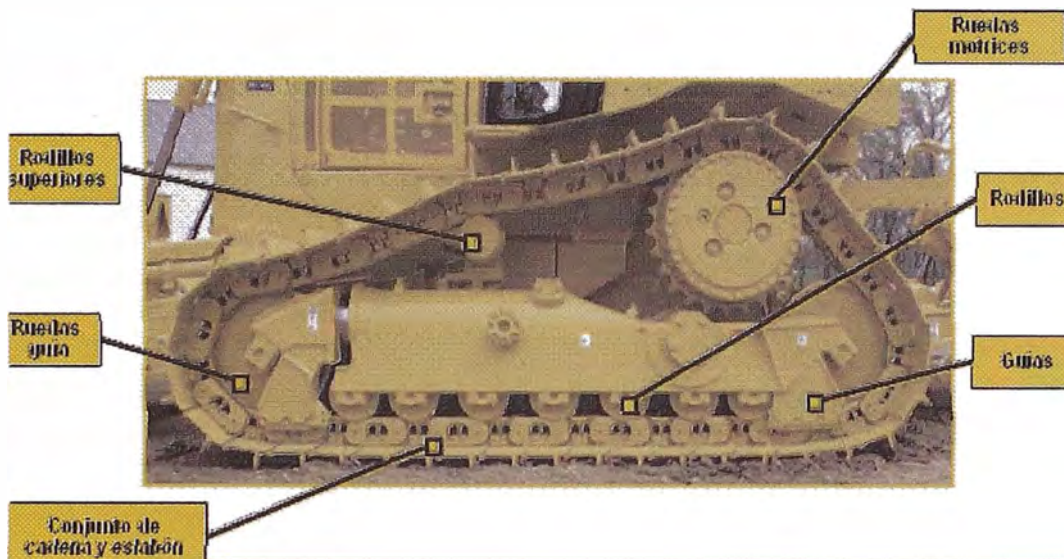


Grafico 2.12 Carrilería de un tractor

Elementos estructurales, como chasis, soportes, refuerzos, brazos, contrapesos y protectores soportan y dan rigidez a los diferentes equipos.

Estación del operador, se le denomina caseta o cabina del operador, entre otros componentes incluye controles, sistema de comunicaciones, sistema de seguridad del operador y de la maquina. El confort es muy importante para que el operador pueda hacer rendir el equipo a plena capacidad. Mostramos una de las cabinas utilizadas en el grafico 2.13.

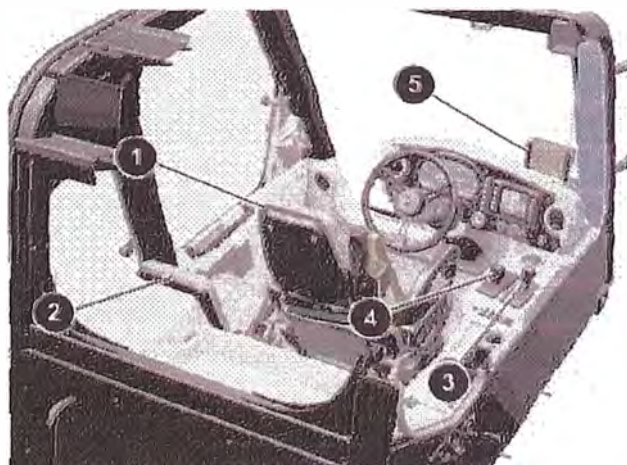


Grafico 2.13 Cabina de equipo típica

Otros Sistemas, la electrónica siempre está controlando casi todos los sistemas (motor, transmisión, hidráulico, etc.) de las maquinas de última generación, adjuntamos el grafico 2.14 que muestra un diagrama de estos controles electrónicos. Últimamente el control satelital nos está permitiendo la gestión remota de equipos que nos permite controlar y tener información de monitoreo de condiciones y parámetros de los equipos desde una PC de oficina, en el Apéndice I se muestra un esquema de la forma como funciona este tipo de control.

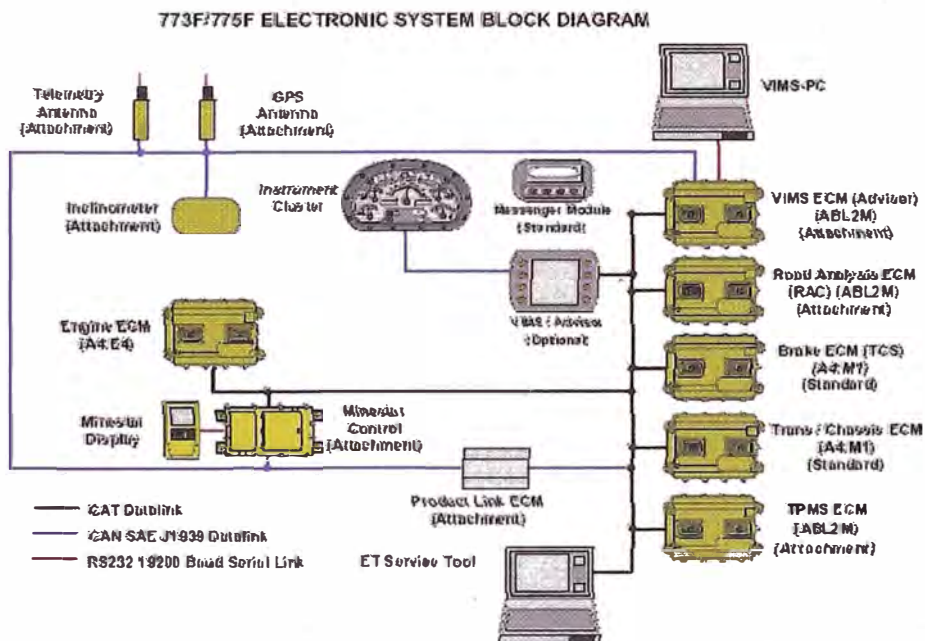


Grafico 2.14 Diagrama del sistema electrónico de control de un camión CAT 775

2.4 PARTICULARIDADES DE ESTE TIPO DE MANTENIMIENTO

Los equipos que trabajan en este tipo de escenarios están sometidos a condiciones de trabajo variables generalmente consideradas extremas, además

se están continuamente moviendo ya que son autopropulsadas. Esto dificulta su mantenimiento con respecto a las maquinas estáticas de la mayoría de plantas industriales. Asimismo las facilidades de acceso para realizar el mantenimiento no siempre están disponibles, esto dificulta aun más el mantenimiento. Esta situación obliga a asumir una responsabilidad en la administración del mantenimiento con bastante profesionalismo ya que se debe planificar, ejecutar y controlar para poder conseguir la máxima disponibilidad y productividad de los equipos al costo más bajo posible sin sacrificar la confiabilidad de los equipos. Los conceptos de ciclos de carga para los cálculos de producción y rendimientos de los equipos de movimiento de tierras tienen mucho análisis de los tiempos y movimientos de los mismos (métodos de trabajo) y se deben tener siempre en cuenta. De igual manera es muy importante el criterio de acoplamiento de flota que se refiere al tamaño optimo de la maquina que carga y la cantidad de camiones que transportan material para minimizar esperas y obtener el mejor rendimiento en conjunto.

CAPITULO III

VISION GENERAL DEL TPM Y DEL MCC

3.1 DEFINICIÓN DEL TPM

Es el Mantenimiento Productivo Total que implica la participación de sus gestores y perfecciona permanentemente la efectividad global de los equipos con la activa participación de los operadores. Entre las metas mas importantes del TPM es conseguir:

- *Cero tiempos de paradas no planeadas.*
- *Cero productos defectuosos, causados por equipos.*
- *Cero pérdidas de velocidad de equipos por bajo rendimiento.*

Entre las estrategias más importantes el TPM podemos considerar

- *Maximizar la eficacia global que cubra la vida entera del equipo.*
- *Establecer un sistema Mantenimiento Preventivo global que cubra la vida entera del equipo,*
- *Involucrar a todos los departamentos que planifiquen, usen y mantengan equipos.*
- *Involucrar a todos los empleados desde la alta dirección a los operarios directos.*

- Promover el TPM motivando a todo el personal convocando las actividades de los pequeños grupos autónomos.

3.2 DESARROLLO DEL TPM

El TPM normalmente se implanta en cuatro fases preparación introducción, implantación y consolidación.

3.2.1 Fase de Preparación

La que a su vez comprende cinco pasos

- Paso1, La alta dirección anuncia su decisión de introducir el TPM.
- Paso2, Educación Introdutoria para el TPM.
- Paso3, Crear una organización de promoción del TPM.
- Paso 4, establecer políticas y objetivos TPM básicos.
- Paso 5, Diseñar un plan maestro TPM.

Las ocho actividades nucleares del TPM o pilares tradicionales son:

- Mejoras orientadas
- Mantenimiento Autónomo
- Mantenimiento Planificado
- Formación y adiestramiento
- Gestión temprana de los equipos
- Mantenimiento de calidad
- Actividades de departamentos administrativos de apoyo

- Gestión de seguridad y entorno

Otras actividades importantes incluyen también lo siguiente

- Diagnostico y mantenimiento predictivo
- Gestión del equipo
- Desarrollo de productos y diseño y construcción de equipos

Adjuntamos el grafico 3.1 sobre estos pilares del TPM.



Grafico 3.1 Pilares del TPM

3.2.2 Fase de introducción

Se necesita previamente la aprobación del plan maestro, generalmente se promueve una reunión global que incluya a clientes, filiales y subcontratistas donde la alta dirección informa los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación.

3.2.3 Fase de Implantación

Se realizan actividades seleccionadas para lograr los objetivos del plan maestro. Debe ajustarse el orden y plazo de las actividades para adaptarlos a las características particulares de la empresa o planta.

3.2.4 Fase de Consolidación

Consiste en afianzar los niveles logrados. Los programas TPM se dirigen también con el planeamiento estratégico de las empresas excelentes que consiguen rentabilidades que les den continuidad de operación y supervivencia.

3.3 ACTIVIDADES FUNDAMENTALES DEL DESARROLLO DEL TPM

Las más comunes son las que a continuación mencionamos, ellas son el fundamento y soporte de cualquier programa TPM

3.3.1 Mejora Orientada

Actividades que tiene como objetivo eliminar toda clase de pérdidas y mejorar el rendimiento maximizando la eficacia global de los equipos,

procesos y plantas. El procedimiento normalmente usado se resume en los siguientes ítems;

- Seleccionar un tema.
- Formar un equipo de proyecto.
- Registrar el tema.
- Investigar, definir y poner en práctica la mejora.
- Evaluar los resultados.

Entre las características más importantes podemos mencionar:

- Se le asigna recursos y se forma un equipo de proyectos que incluye personal de ingeniería, mantenimiento, producción y otro especializado.
- Se desarrolla mediante un procedimiento de trabajo cuidadosamente planificado supervisado
- Se alimenta de las propuestas y mejoras planteadas por el personal de producción, mantenimiento y otras áreas

3.3.2 Mantenimiento Autónomo

Actividad por medio de la cual los operarios se involucran en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación y ayudan a mejorar las condiciones del equipo, además puede realizar tareas de lubricación, inspección, ajuste, mantenimiento preventivo y reparaciones menores. Utiliza una herramienta fundamental denominada Check List que en resumen es una lista de actividades

inspecciones que se deben realizar en las máquinas, de manera continua inspeccionando el estado físico funcional de sus partes y componentes principales. Las descripciones deben ser simples claras y precisas sobre cada actividad a realizar.

3.3.3 Mantenimiento Planeado

Este tipo de mantenimiento abarca tres formas de mantenimiento, el de averías, el preventivo y el predictivo y normalmente se establece para lograr dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costos, siendo pues una actividad metódicamente estructurada la finalidad de realizar el mantenimiento preventivo y predictivo es eliminar las averías pero incluso cuando se realizan prácticas de mantenimiento sistemáticas siguen ocurriendo fallas inesperadas. En el TPM las actividades de mantenimiento planificado resaltan la importancia de controlar los tiempos medio entre fallos (MTBF) y de usar este análisis para especificar los intervalos de las tareas. Normalmente se utiliza un sistema informatizado para dar soporte a las diferentes tareas de la gestión del mantenimiento así como el control de los costos y rendimientos

3.3.4 Capacitación y entrenamiento

Los operarios y el personal de mantenimiento deben ser personas que tengan las habilidades y competencias necesarias para poder realizar

las tareas de un mantenimiento excelente por eso deben estar en constante capacitación y entrenamiento dentro del marco de un plan adecuadamente establecido según las necesidades de desarrollo de la empresa. Se necesita una formación polivalente y que además contemple los conceptos de calidad total. Se debe evaluar a cada persona para medir su grado de asimilación de los conocimientos y capacidades requeridas e identificar sus debilidades. Con todo ello programar mas eficazmente su formación Los trabajadores y supervisores deben examinar anualmente los resultados de esta evaluación y en función de esto fijar los objetivos del año próximo y los planes para la fase siguiente.

3.3.5 Fundamentos adicionales para el apoyo de la gestión

Entre estos podemos mencionar:

- **Mantenimiento de calidad** que es un método para fabricar bien a la primera y evitar los defectos a través de los procesos y equipos. Las características de calidad están influenciadas principalmente por los cuatro factores de entrada como son equipos, materiales, acciones de las personas y métodos
- **TPM en departamentos administrativos y de apoyo**, estos tiene un gran efecto sobre las actividades de producción y mantenimiento. Deben procesar toda la información y aplicar el análisis de procesos para mantener el flujo de la información. Este concepto hace más fácil

promover y medir el mantenimiento autónomo, la mejora y otras actividades del TPM en un entorno de oficinas.

- **Gestión de seguridad y del entorno**, se promueven sistemáticamente como parte de las actividades del TPM. Estas se apoyan en el método conocido como paso a paso. En los casos cuando se subcontrate personal tercerizado para labores de mantenimiento se deben extremar los cuidados en la seguridad debemos incluir proveer una formación rigurosa y supervisar cuidadosamente el trabajo.

3.4 MAXIMIZACIÓN DE LA EFICACIA DE LA PRODUCCIÓN

En la industria los procesos generalmente utilizan varios equipos a la vez interconectados, como resultado de esta integración es más importante maximizar la eficacia global de una planta que centrarse exclusivamente en la eficiencia de las unidades de equipo individuales.

3.4.1 Eficiencia Global de la Planta OEE

Se define como la cantidad de servicio productivo que proporciona un equipo matemáticamente se expresa como el producto de la disponibilidad, la tasa de rendimiento y la tasa de calidad .Adjuntamos el grafico 3.2 aclaratorio.



Grafico 3.2 Formula de la eficiencia global de equipos

Existen seis grandes pérdidas que afectan estos tres factores, a saber:

- La disponibilidad se ve afectada por pérdidas por averías y pérdidas por puesta a punto y graduación
- La tasa de rendimiento se ve afectada por pérdidas de reducción de velocidad y pérdidas por paradas cortas y marchas en vacío
- La tasa de calidad se ve afectada por pérdidas de defectos del proceso y por pérdidas de inicio de proceso.

Entre las principales causas de estas pérdidas podemos mencionar paradas programadas, ajustes de la producción, fallo de los equipos, fallos de los procesos, pérdidas de producción normales y anormales, defectos de la calidad y reprocesamiento.

3.4.2 Filosofía de cero fallas en Equipos

Es la principal meta de la filosofía del TPM se puede resumir de la siguiente manera:

- Cero tiempo de parada no planeado
- Cero productos defectuosos causados por equipos
- Cero pérdida de velocidad de equipos

El TPM despliega seis medidas para las cero averías, todas las cuales deben practicarse para eliminar los fallos en la maquinaria en general

- Devolverle a la instalación sus condiciones básicas.
- Aplicar y seguir estrictamente las condiciones de uso.
- Revertir el deterioro.
- Abolir los entornos que causan el deterioro acelerado.
- Corregir las debilidades del diseño.
- Mejorar las capacidades de las personas.

Adjuntamos el grafico 3.3 sobre la filosofía del cero fallas en equipos, de la misma manera adjuntamos el grafico 3.4 que es un resumen general de la implementación del TPM en una empresa.

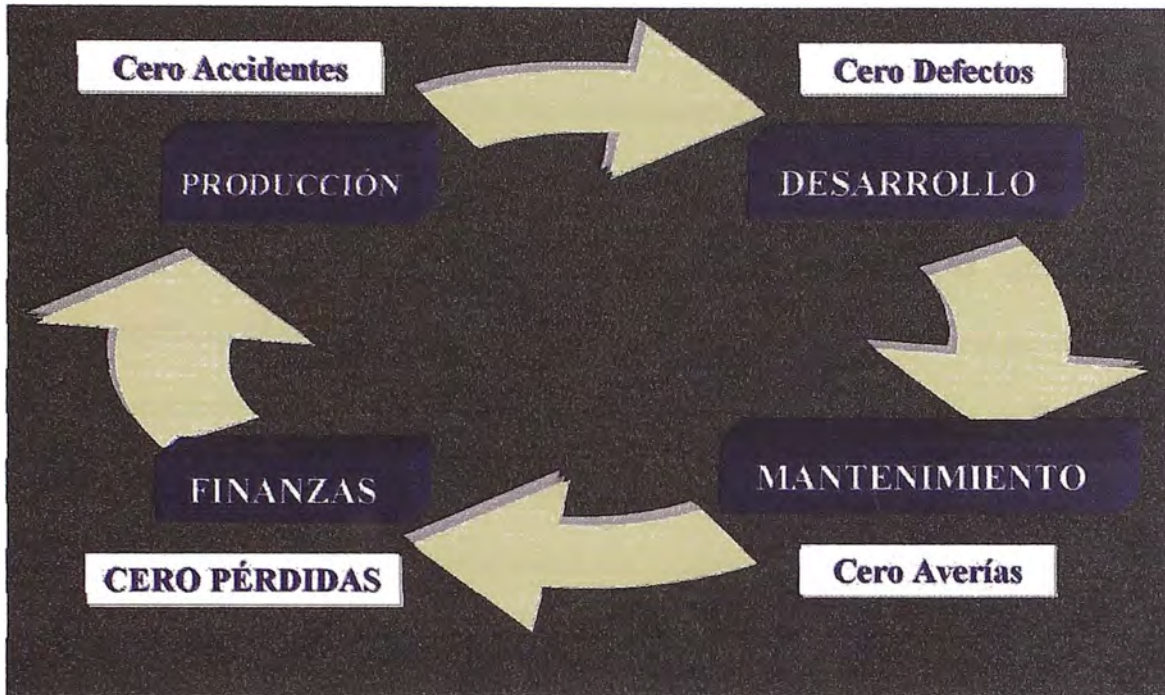


Grafico 3.3 Cero fallas en equipos

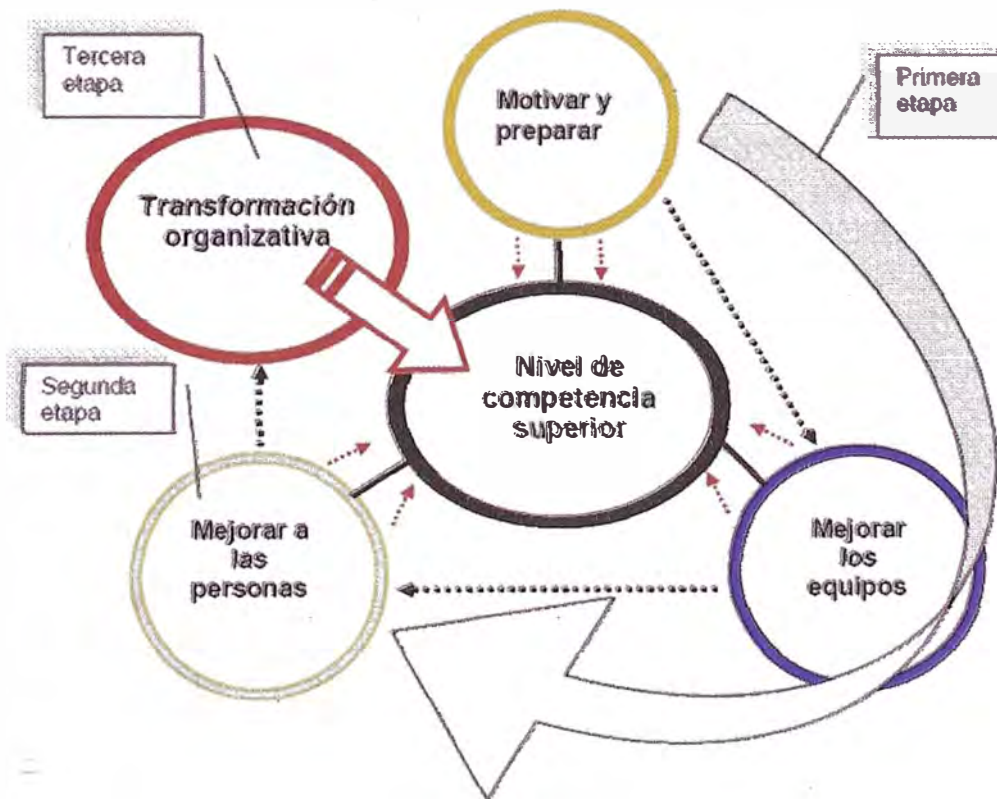


Grafico 3.4 Resumen general de implementación del TPM

3.5 DEFINICIÓN DEL MCC

El MCC son las siglas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se define como la filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas estableciendo las actividades mas efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema tomando en cuenta los posible efectos que originaran los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones. En otras palabras el MCC es un procedimiento que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permitan garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción. Cuando se aplica correctamente el MCC se obtienen los siguientes beneficios:

- Mayor protección y seguridad en el entorno
- Se logran aumentar los rendimientos operativos
- Optimización de los costos de mantenimiento
- Se extiende el periodo de vida útil de los equipos
- Se genera una amplia base de datos de mantenimiento

3.6 METODOLOGÍA DEL MCC

Propone un procedimiento que permita identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas

- ¿Cuál es la función del activo?

- ¿De que manera puede fallar?
- ¿Qué origina la falla?
- ¿Qué pasa cuando falla
- ¿Importa si falla
- ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla
- ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla

3.6.1 Flujograma de implementación

Se muestra a continuación el grafico 3.5 que nos detalla el esquema normalmente utilizado para implantar el MCC, el cual con el apoyo del equipo de trabajo se encargara de responder las siete preguntas mencionadas anteriormente

Flujograma de implantación del MCC

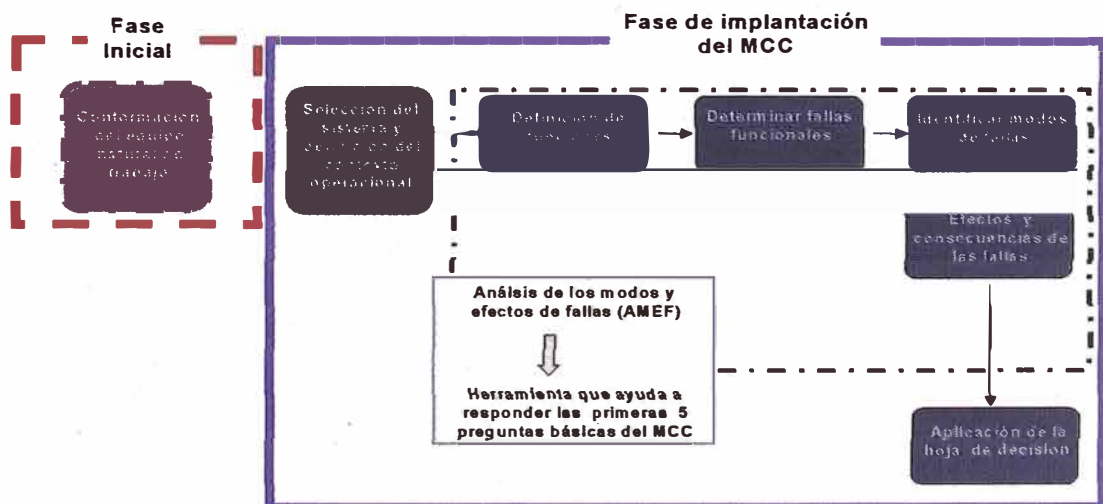


Grafico 3.5 Flujograma del MCC

3.6.2 Equipo de trabajo del MCC

Un Equipo natural de trabajo se define dentro del contexto del MCC, como un conjunto de personas de diferentes funciones que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos apuntando al logro de un objetivo común, los integrantes deben incluir por lo menos al operador (experto en manejo y operación de sistemas y equipos), al mantenedor (experto en reparación y mantenimiento), al programador(que tiene visión sistémica de la actividad), a los especialistas(expertos en el área), al facilitador(asesor metodológico) y al ingeniero de procesos (visión global del negocio)

3.6.3 Contexto operacional

Es el contexto dentro del cual se desarrolla el análisis de las funciones del MCC, deberá estar enmarcado en las actividades que comprenden estrictamente el sistema, será necesario constar los límites hasta el nivel en que son analizados sus componentes. Se deben tomar en cuenta todos los factores que influyen sobre el mantenimiento de ellos tales como factores climáticos, normas y reglamentos especiales, tipos de proceso, redundancia, estándares de calidad, estándares medioambientales, riesgos de seguridad y límites de uso .

3.6.3 Análisis de modos de falla y efectos de falla

La aplicación conceptual del MCC consiste en determinar las funciones específicas del comportamiento funcional asociado a cada una de los elementos de los equipos objeto del estudio en su contexto operacional, luego se define la forma en que puede fallar cada elemento en el cumplimiento de sus deberes, esto nos arrastra al termino de fallo funcional, el cual se define como la incapacidad de un elemento o componente del equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento deseado, se debe concretar el conocimiento de cual de los modos de fallo tiene mayor posibilidad de causar perdida de una función y determinar cual es la causa raíz de cada falla. Luego debemos evaluar los efectos y consecuencias de cada falla para determinar su grado de importancia y definir su estrategia de prevención determinando las tareas de mantenimiento propuestas.

Las consecuencias podemos clasificarlas en los siguientes grupos:

- Consecuencias en el medio ambiente y la seguridad ,
- Consecuencias Operacionales ,
- Consecuencias de fallas no evidentes
- Consecuencias de fallas no operacionales

Es importante tener en cuenta que existen diversos criterios de ponderamiento de las fallas que nos ayudan a definir el tipo de mantenimiento a aplicar por ejemplo se utilizan los criterios de

criticidad, criterio de detección y criterios de severidad o impacto. Mostramos la tabla 3.1 como ejemplo para ponderar las fallas de los sistemas o equipos, igualmente el grafico 3.6 que es un resumen que nos será útil cuando tengamos que analizar las fallas para determinar la causa raíz de las mismas.

CRITERIO PARA LA DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE SISTEMAS			
Críticidad Total = Frecuencia de fallas x consecuencia			
Consecuencia = (Impacto Operacional Flexibilidad) + Costo Mnto. + Impacto SAH			
Frecuencia de fallas:		Costo de Mnto.	
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4	Mayor o igual a 20.000\$	2
Promedio 2 - 4 fallas/año	3	Inferior a 20.000\$	1
Buena 1 - 2 fallas/año	2		
Excelente menores de 1 falla/año	1		
Impacto operacional		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene	
Parada inmediata de toda la refinería	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Parada del complejo planta y tiene repercusión en otros complejos	6	Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2	Provoca daños menores (Accidentes e incidentes) personal propio	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
Flexibilidad Operacional		No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o al ambiente	
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4		0
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Tabla 3.1 Criterios de ponderamiento de fallas



ANÁLISIS DE FALLAS METODO DE LOS 8 PASOS

1. Defina el problema de manera clara y concisa



5. Identifique la causa raíz más probable



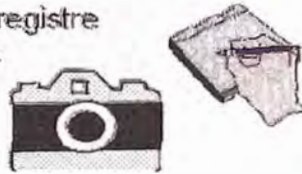
2. Organice la recolección de datos



6. Comuníquese con la parte responsable



3. Observe y registre los hechos



7. Realice las reparaciones como lo indique la parte responsable



4. Piense de manera lógica con los hechos



8. Seguimiento con el cliente



Grafico 3.6 Método resumen de análisis de fallas

Resumiendo y aplicando estos criterios al mantenimiento de equipos pesados los objetivos del MCC serian elevar la disponibilidad y productividad de los equipos controlar y reducir los costos de mantenimiento, optimizar el tamaño de equipos y flotas, optimizar el stock de repuestos, elevar la calidad y confiabilidad de los equipos.

Para conseguir estos objetivos debemos tener un sistema de información de primera línea, un sistema de monitoreo avanzado y personal clave con el entrenamiento adecuado. Tener en cuenta que el

resultado principal del MCC seria un plan de mantenimiento optimizado, mostramos la tabla 3.2 que es un resumen de pasos secuenciales para aplicación practica del MCC

RESUMEN DE APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MCC

1. Seleccione el equipo para revisión
2. Defina las funciones
3. Defina los estándares de rendimiento
4. Defina cómo puede fallar (Fallas funcionales y análisis de los efectos)
5. Determine los modos de falla
6. Analice la causa raíz
7. Analice los efectos y las consecuencias
8. Seleccione las estrategias del mejor mantenimiento
9. Implemente el programa
10. Analice los resultados

Tabla 3.2 Resumen aplicación practica MCC

CAPITULO IV

SITUACION DEL MANTENIMIENTO ANTES DE LA MEJORA

La empresa donde se desarrollan los trabajos, Cosapi SA, tienen implementado un sistema de mantenimiento y gestión de equipos que realizan las actividades para mantener y recuperar la situación operativa de un activo desarrollando actividades de conservación, inspección y reparación buscando el objetivo de producción con un equilibrio entre confiabilidad y costo. Se aplican estrategias de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y algunos puntos de mantenimiento predictivo (análisis de aceites lubricantes). Cosapi es una empresa líder en ingeniería, construcción y gerencia de proyectos en el Perú, con 47 años de experiencia y operaciones permanentes en el Perú y Venezuela. Asimismo tiene experiencia en 12 países e ingresos corporativos por \$80 millones anuales con una planilla promedio de 380 empleados y 1200 obreros y con una capacidad operativa de 9 millones de horas hombre al año y siempre esta realizando continuas alianzas estratégicas con otras empresas líderes.

La visión de Cosapi es ser reconocidos como la mejor empresa de Ingeniería, construcción y Gerencia de Proyectos en los mercados y proyectos que participe.

La misión se enuncia en los siguientes términos:

- Somos una empresa de ingeniería, construcción y gerencia de proyectos certificada en ISO 9001 fundada en el Perú en 1960 que basada en personas con valores y conocimientos tiene la misión de:
- Contribuir al éxito de nuestros clientes, desarrollando sus proyectos con calidad, seguridad y dentro del plazo y presupuestos previstos.
- Generar utilidades para mantener la solidez financiera impulsar el crecimiento y retribuir adecuadamente a nuestros accionistas
- Contribuir al desarrollo personal y profesional de nuestros trabajadores formando líderes cuyos logros trasciendan en la empresa y la sociedad
- Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos de alto desempeño.
- Mantener un clima empresarial abierto y de confianza que promueva la innovación y la mejora continua.
- Proveer un lugar de trabajo seguro y saludable respetuosos del ambiente natural de las comunidades que nos rodean

Adjuntamos en el apéndice J los hitos más importantes de Cosapi como empresa.

Los equipos de movimiento de tierras caen bajo la responsabilidad del área de equipos y transportes que reporta a la gerencia de gestión de operaciones como se muestra en el organigrama general de la empresa que se adjunta en el apéndice K.

El grafico 4.1 siguiente nos muestra la importancia que tiene el proceso de mantenimiento dentro del esquema de operaciones en busca de los objetivos de la organización

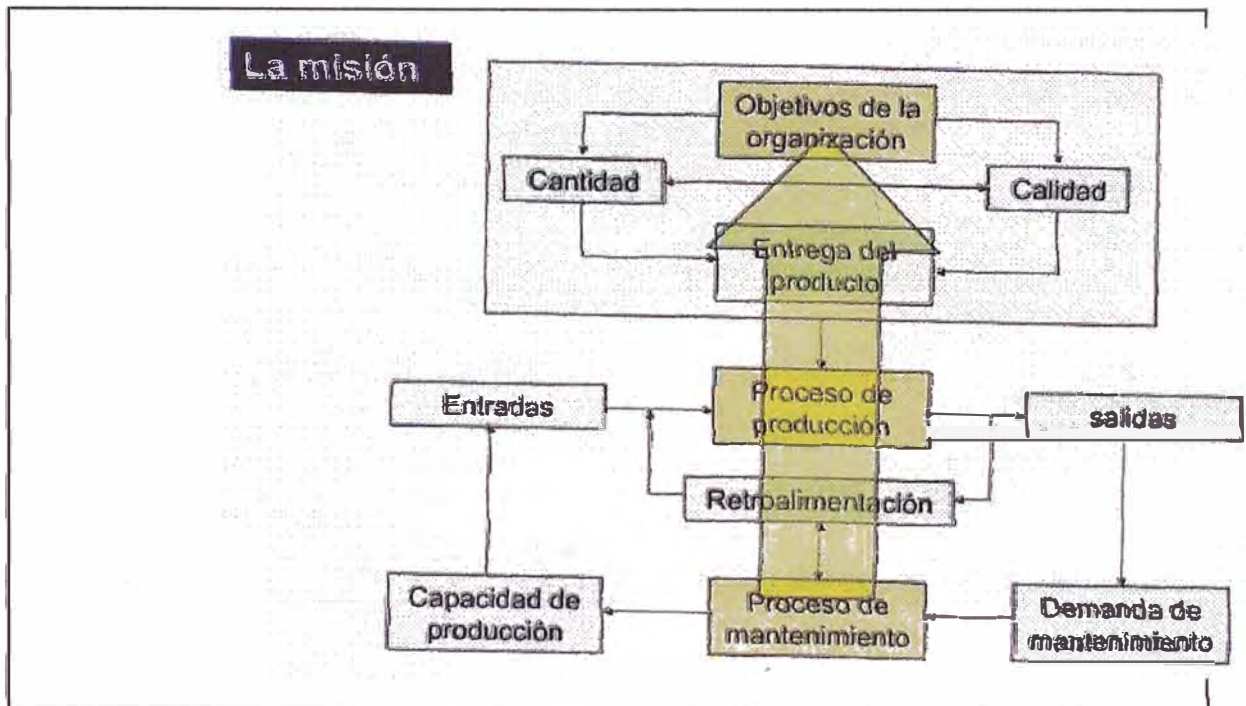


Grafico 4.1 La misión del mantenimiento dentro de la empresa

4.1 SISTEMA COMPUTARIZADO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La empresa cuenta con un sistema de Gestión Computarizada de Mantenimiento (CMMS= Computerised Maintenance Mangement System) que es un proceso integro basado en el ciclo de mantenimiento, este software soporta todo el proceso de mantenimiento. Este sistema proporciona a las gerencias información histórica sobre el uso, rendimiento y costos de mantenimiento de las máquinas lo que permite tomar decisiones adecuadas.

También permite preparar el plan de mantenimiento y efectuar el correspondiente seguimiento, preparar informes gerenciales y determinar y elaborar requerimientos de materiales y repuestos con anticipación. Permite determinar los motivos más frecuentes de fallos y crear las rutinas de mantenimiento más adecuadas. Se muestra a continuación el gráfico 4.2 que es un esquema del ciclo general de las acciones del mantenimiento. También adjuntamos el gráfico 4.3 que es un esquema conceptual del CMMS acompañado de su diagrama general (gráfico 4.4). En resumen las áreas funcionales del sistema son la programación, la administración del trabajo y la administración de las máquinas, todo esto utilizando las 4 bases de datos, registro de equipos, base de datos de las órdenes de trabajo, estructura de responsabilidades y base de datos de la historia de los equipos (hoja de vida). El documento más importante para el funcionamiento del sistema es la Orden de trabajo que puede ser preventiva o correctiva, tanto para equipos propios como para equipos de otras empresas (Terceros) que normalmente apoyan a los diferentes proyectos. Otro documento vital es el programa de mantenimiento preventivo donde se especifican los trabajos de mantenimiento según las recomendaciones y tiempos dados por los fabricantes que pueden ser de periodos diarios, semanales, mensuales o de otros tipos de periodos. También se especifican en tiempos de 250, 500, 1000 ó 2000 horas de utilización de máquinas.

MODELO DEL CICLO DE MANTENIMIENTO

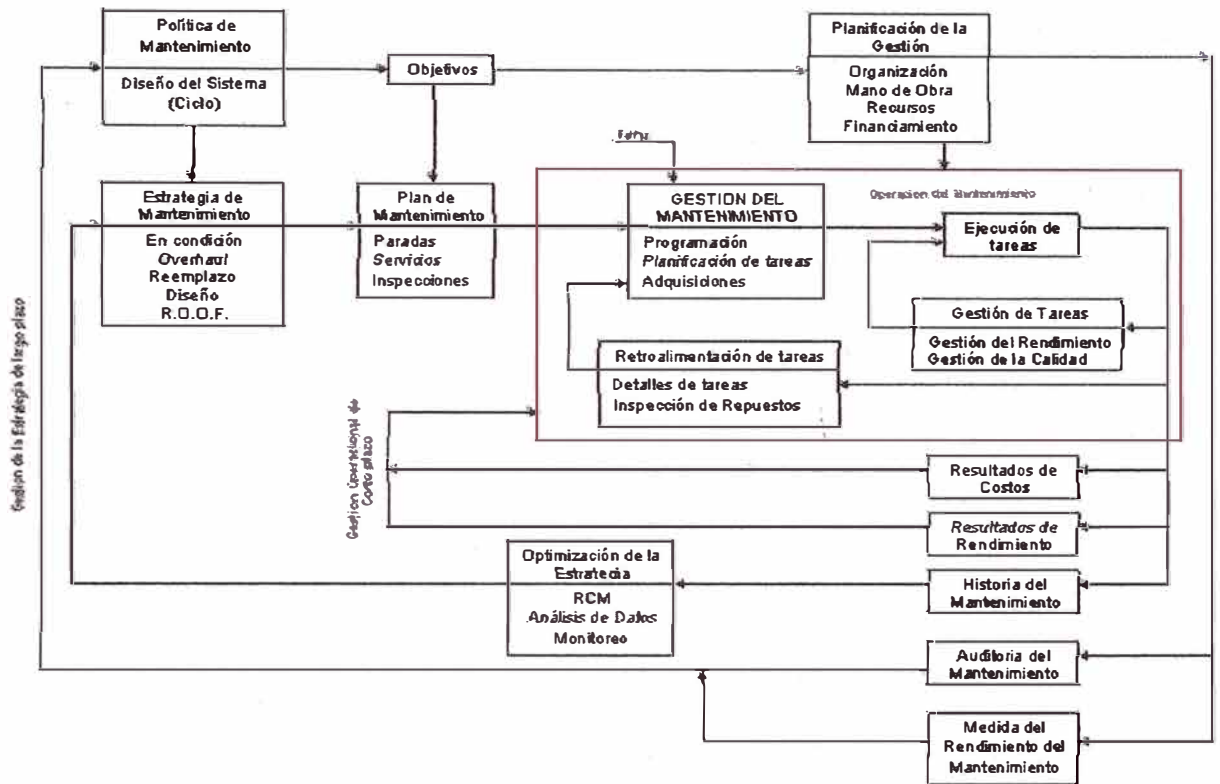


Grafico 4.2 Esquema del ciclo de mantenimiento

La información necesaria para alimentar el CMMS son las horas de maquina de los equipos que se pueden clasificar en tres tipos, horas realmente trabajadas, horas de taller (cuando la unidad esta inoperativa) y horas stand By ósea horas que la maquina esta operativa pero no tiene trabajo por otras razones, estas horas se controlan en un documento denominado parte diario de maquina y lo realiza el operador.

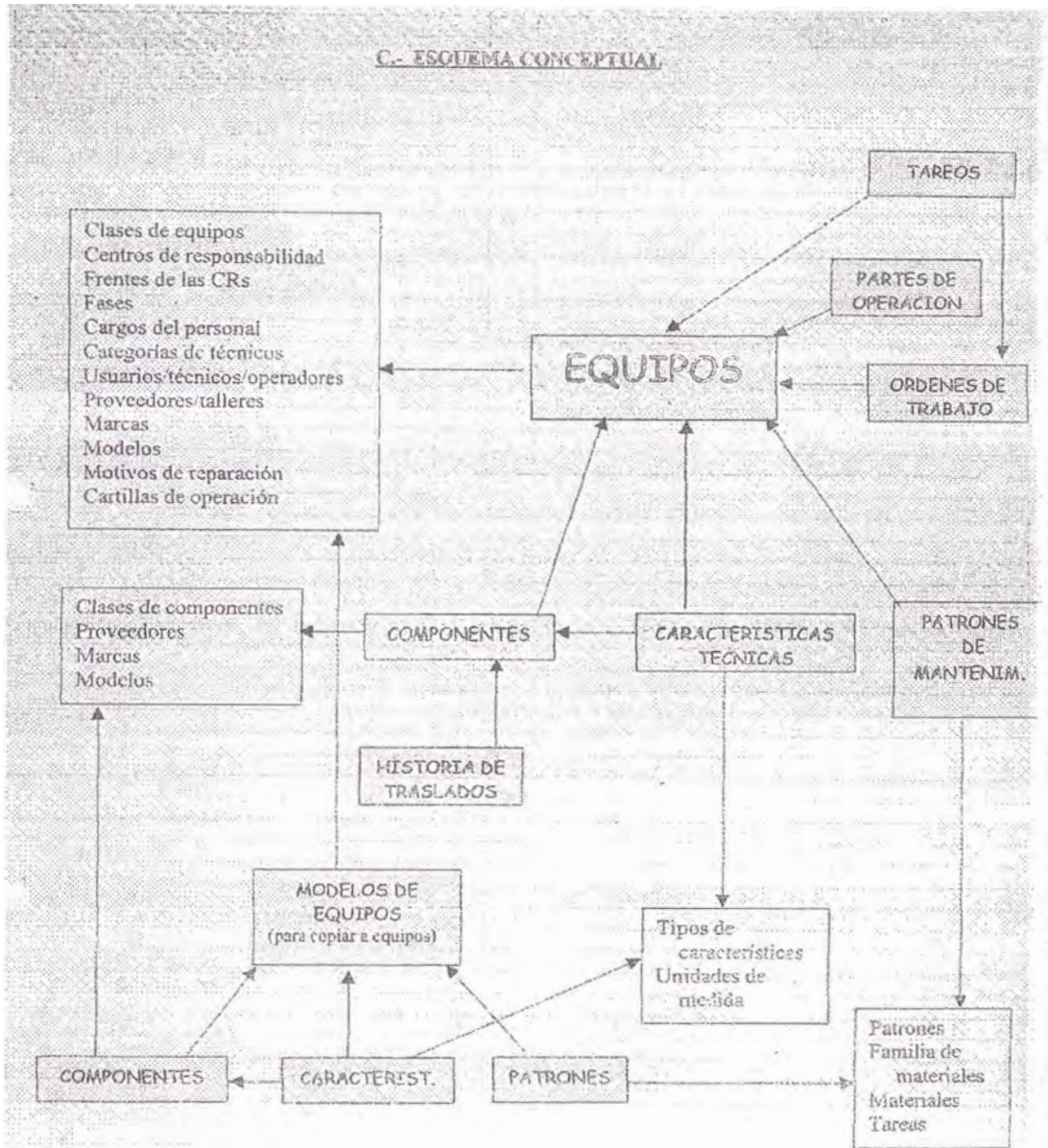


Grafico 4.3 Esquema conceptual del CMMS

Otro documento importante para alimentar el sistema es el denominado parte de tarea diario de mecánicos que especifica las tareas realizadas por el personal de mantenimiento y las horas utilizadas en cada labor separada por

tipo de maquina. Para completar la recopilación de la información se necesitan los datos de cada unidad con sus especificaciones técnicas y los datos que proporciona el área de logística, compras y almacenes sobre los repuestos e insumos utilizados. En lo referente al personal, operadores, mantenedores y empleados sus datos también abastecen el sistema

4.2 AREAS DE APOYO PLANEAMIENTO LOGÍSTICA Y ALMACENES

- **El área de planeamiento** lo constituyen las personas que hacen funcionar el sistema CMMS que son técnicos especializados en estas funciones.
- **La logística** de igual manera cuenta con personal que se encarga de conseguir los repuestos, componentes, insumos y maquinas (alquiler) para abastecer las necesidades de los talleres y proyectos (Obras).
- **El área de almacenes** se encarga de resguardar y conservar adecuadamente los repuestos y materiales varios que siempre están en movimiento entre Lima y los proyectos. Es de vital importancia la sincronización entre las reparaciones programadas y los repuestos a utilizarse para poder optimizar precios ya que en función del tiempo se pueden conseguir ahorros importantes en el costo.

DIAGRAMA GENERAL

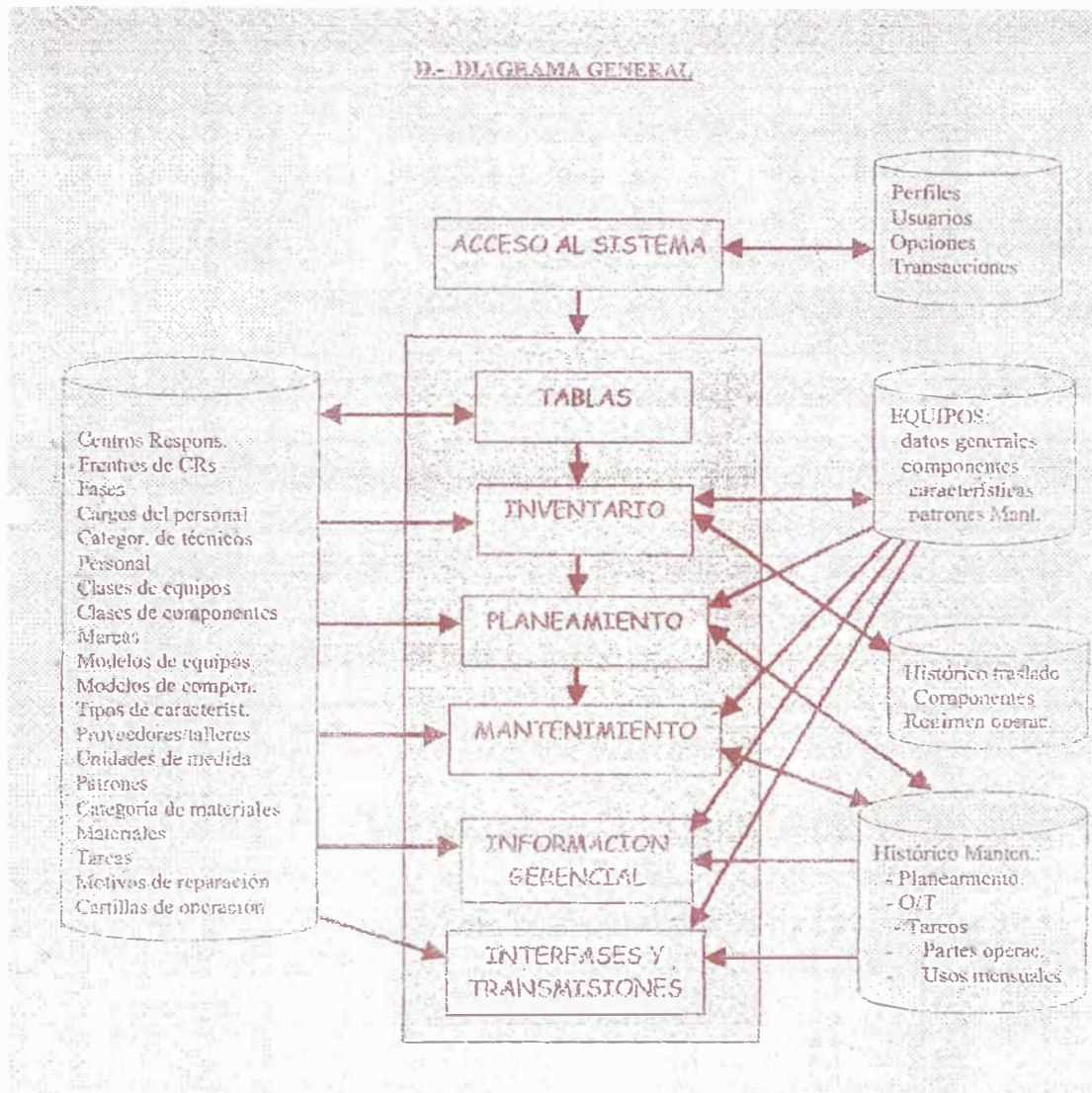


Grafico 4.4 Diagrama general del CMMS

4.3 ORGANIGRAMA FUNCIONAL Y GESTIÓN DE PERSONAL

El personal del área de mantenimiento reporta a la Gerencia de Mantenimiento cuyo organigrama se adjunta en el apéndice L jerárquicamente se observan los puestos de Control de Calidad, Seguridad y

Medio Ambiente, Control de Costos, Mantenimiento de Equipos, Control de activo Fijo, Almacenes, Transportes y Administración.

El personal supervisor tiene formación de ingeniería o técnica superior y cuentan con las competencias profesionales para el puesto asignado, en los proyectos la organización varía en función de la cantidad de equipos pero la estructura funcional es muy similar. Referente a la capacitación se aprovechan las brindadas por los representantes de fabrica de las diversas marcas de maquinas y equipos; dentro de las capacidades técnicas se cuenta con personal con conocimientos en mecánica, electricidad, electrónica, automatización, hidráulica, neumática, soldadura, neumáticos, manejo de almacenes, personal de planeamiento e ingenieros.

4.4 INFRAESTRUCTURA

Se cuenta con talleres y almacenes que permiten realizar las labores de mantenimiento en la sede central y en los diferentes proyectos. Los talleres tienen la capacidad suficiente, áreas especializadas, lavaderos y almacén de herramientas.

Referente a los almacenes están diseñados según la cantidad de materiales y repuestos que van a manejar y tienen un sistema informatizado software que da soporte a todas las actividades propias de los almacenes de última generación.

La política del orden y la limpieza siempre esta presente en todas las labores de talleres y almacenes. Referente a las herramientas y equipos menores de apoyo como compresoras, lubricadoras, equipos de soldadura están presentes y en buen estado de conservación, además se cuenta con instrumentos predictivos como termómetro de temperatura digital, manómetros, tacómetros e instrumentos de trabajos eléctricos como multítester y pinza amperimétrica. Se adjunta grafico de instalaciones utilizadas en un proyecto minero en el grafico 4.5.

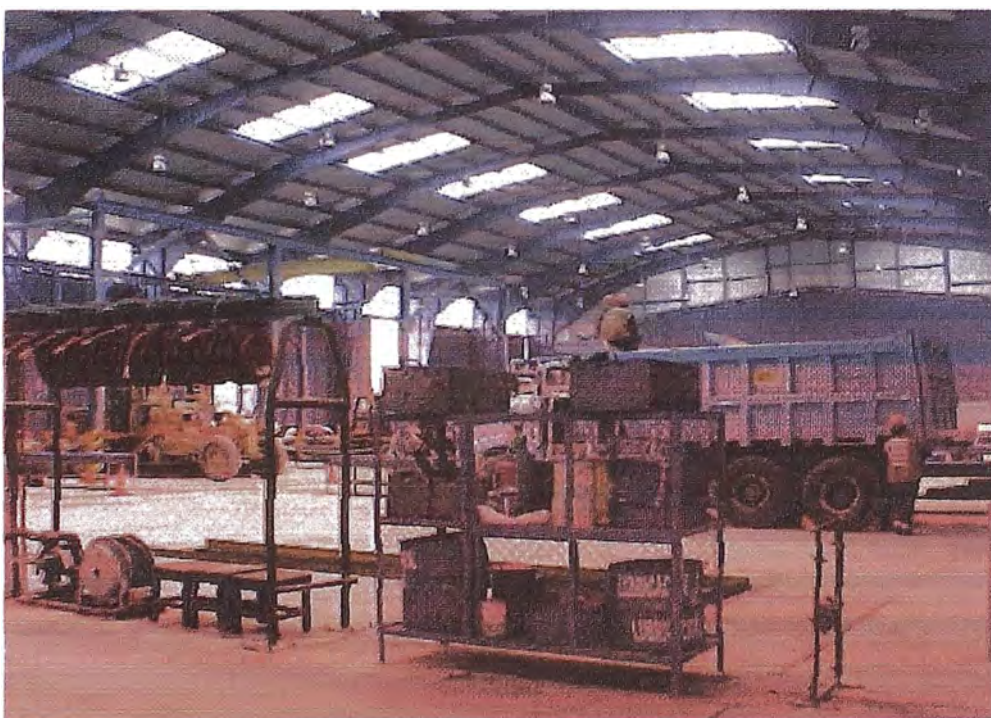


Grafico 4.5 Instalaciones de taller en proyecto minero

4.5 **ÁREA DE COMUNICACIONES (INFORMES DE RENDIMIENTO)**

Los rendimientos se monitorean haciendo uso del sistema CMMS y bajo los criterios de los indicadores claves KPI y Benchmarks (parámetros referenciales que sirven para definir las mejores prácticas y que se usan como

guía para innovar en base a las buenas experiencias de otros y evitar también sus errores) Entre los utilizados podemos mencionar:

- **MTBS**, tiempo promedio entre paralizaciones, se calcula dividiendo las horas de operación entre el número de paralizaciones.
- **MTTR**, tiempo medio para reparar, que se calcula dividiendo las horas en reparación entre el número de paralizaciones.
- **Disponibilidad mecánica(%)**, que es el cociente que resulta de un numerador compuesto por la suma de las horas de uso más las horas Stand By y un denominador compuesto por la suma de las horas de uso reales más las horas de stand By y más las horas de paralización por reparación del equipo.
- **Factor de Utilización (%)** se determina como el cociente que resulta de un numerador compuesto por las horas de uso reales y un denominador compuesto por las horas de uso reales más las horas de stand by.
- **Factor de Planta Absoluto (%)** Se determina como el cociente que resulta de un numerador compuesto por las horas de uso reales del equipo y un denominador compuesto por la suma de las horas de uso reales, más las horas de stand by y más las horas de paralización por reparación del equipo. Adjuntamos como ejemplo la información sobre la distribución de horas y los índices de gestión de una excavadora hidráulica en la tabla 4.1, asimismo el gráfico 4.6 de la distribución de horas generales, también el gráfico 4.7 que registra las horas de taller y las horas disponibles y adicionalmente el gráfico 4.8 sobre los índices de gestión del mismo equipo.

- **Actualización del Back Log** ,este archivo permite registrar futuras ordenes de trabajo con origen por registro de observaciones en el parte diario de operación, por actividades pendientes en una orden de trabajo preventiva o por inspecciones autónomas registradas directamente.
- **Estadísticas** de uso mensuales que se pueden separar por proyecto , por tipo de equipos , por fases o por cualquier otro tipo de criterio.
- **Eficiencia de mano de obra** que compara las horas reales con las programadas
- **Adicionalmente** se llevan controles de rendimientos de consumo de combustibles , duración de neumáticos y carrilería , duración de elementos de desgaste como cuchillas , puntas de cucharón y otros elementos consumibles denominados GETS .

Tabla 4.1 Horas e Índices de Gestión

DATOS DE HORAS E ÍNDICES EXCAVADORA CAT 330BL COD: 43009002

mes-año	uso	stby	tall	M	T	P	prog	disp
may-00	80.70	9.30	.00	9.53%	6.05%	5.64%	11.00	10.00
jun-00	75.30	8.00	.70	8.88%	6.97%	5.88%	00.00	93.30
jul-00	88.40	05.10	.50	8.92%	2.29%	1.40%	00.00	93.50
ago-00	22.50	3.60	3.90	6.02%	0.70%	7.08%	00.00	76.10
sep-00	06.60	2.90	0.50	8.25%	5.94%	4.43%	00.00	89.50
oct-00	54.80	3.10	2.10	7.67%	9.55%	7.46%	20.00	07.90
nov-00	82.60	7.60	.80	8.12%	4.59%	2.81%	20.00	10.20
dic-00	77.10	36.30	.60	8.73%	3.45%	2.52%	20.00	13.40
ene-01	06.00	3.60	0.40	4.15%	2.92%	8.08%	20.00	89.60
feb-01	17.00	1.30	1.70	5.83%	3.68%	0.19%	20.00	98.30
mar-01	68.60	36.90	4.50	7.21%	3.14%	1.65%	20.00	05.50
abr-01	53.60	40.40	6.00	5.00%	1.58%	8.00%	20.00	94.00
may-01	87.60	4.70	7.70	0.83%	2.07%	4.54%	20.00	72.30
jun-01	61.30	15.20	3.50	1.83%	5.82%	9.48%	20.00	76.50

jul-01	92.10	9.10	8.80	2.54%	1.48%	5.40%	20.00	81.20
ago-01	74.80	84.10	1.10	8.25%	9.88%	2.85%	20.00	58.90
sep-01	43.90	13.00	63.10	9.40%	6.01%	7.67%	20.00	56.90
oct-01	.00	.00	20.00	.00%	.00%	.00%	20.00	.00
Nov-01	88.00	62.00	0.00	6.54%	4.00%	5.38%	20.00	50.00
Dic-01	89.00	58.00	3.00	5.96%	2.28%	6.35%	20.00	47.00
Ene-02	62.00	86.00	2.00	6.15%	8.48%	0.38%	20.00	48.00
Feb-02	12.00	06.00	02.00	0.38%	4.64%	0.00%	20.00	18.00
mar-02	36.00	00.00	4.00	3.85%	7.06%	4.62%	20.00	36.00
Abr-02	68.00	9.00	13.00	8.27%	0.42%	0.77%	20.00	07.00
may-02	61.50	5.90	02.60	0.27%	6.61%	9.52%	20.00	17.40

709.40 541.10 760.50 **6.47%** 7.41% 6.94%

Jun-02	.00	.00	20.00	.00%	.00%	.00%	20.00	.00
jul-02	5.00	.00	35.00	6.35%	00.00%	6.35%	20.00	5.00
Ago-02	90.30	0.00	.70	8.13%	6.08%	4.29%	20.00	10.30
Sep-02	63.60	7.40	.00	8.27%	0.72%	9.15%	20.00	11.00

748.30 608.50 734.20 **1.88%** 8.89% 4.60%

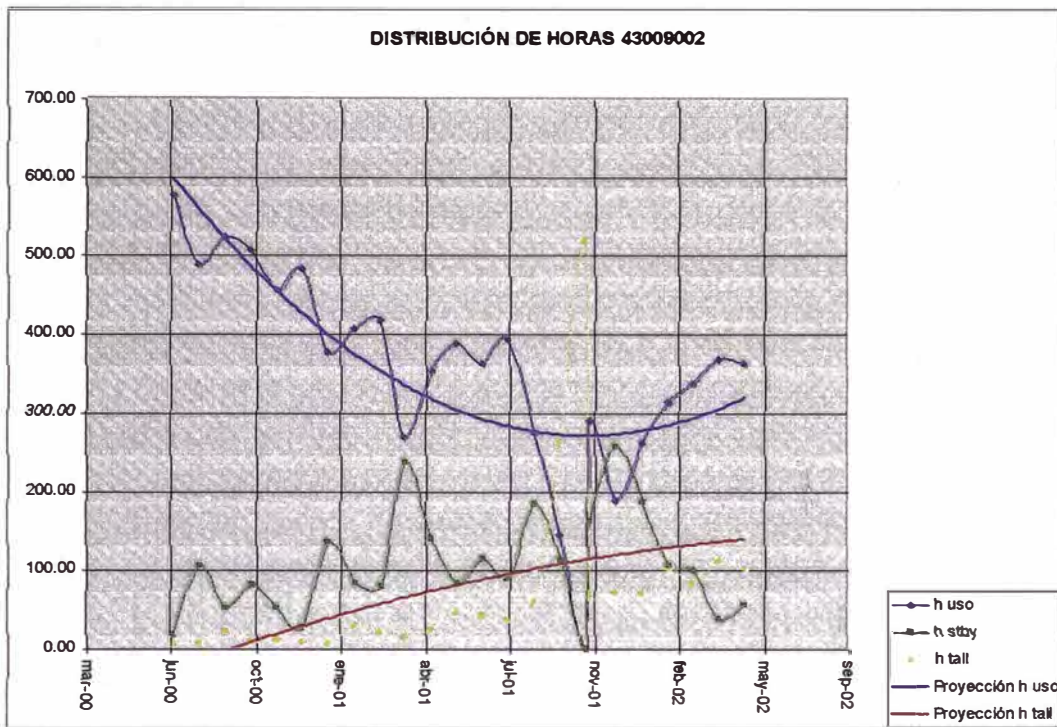


Grafico 4.6 Distribución de horas

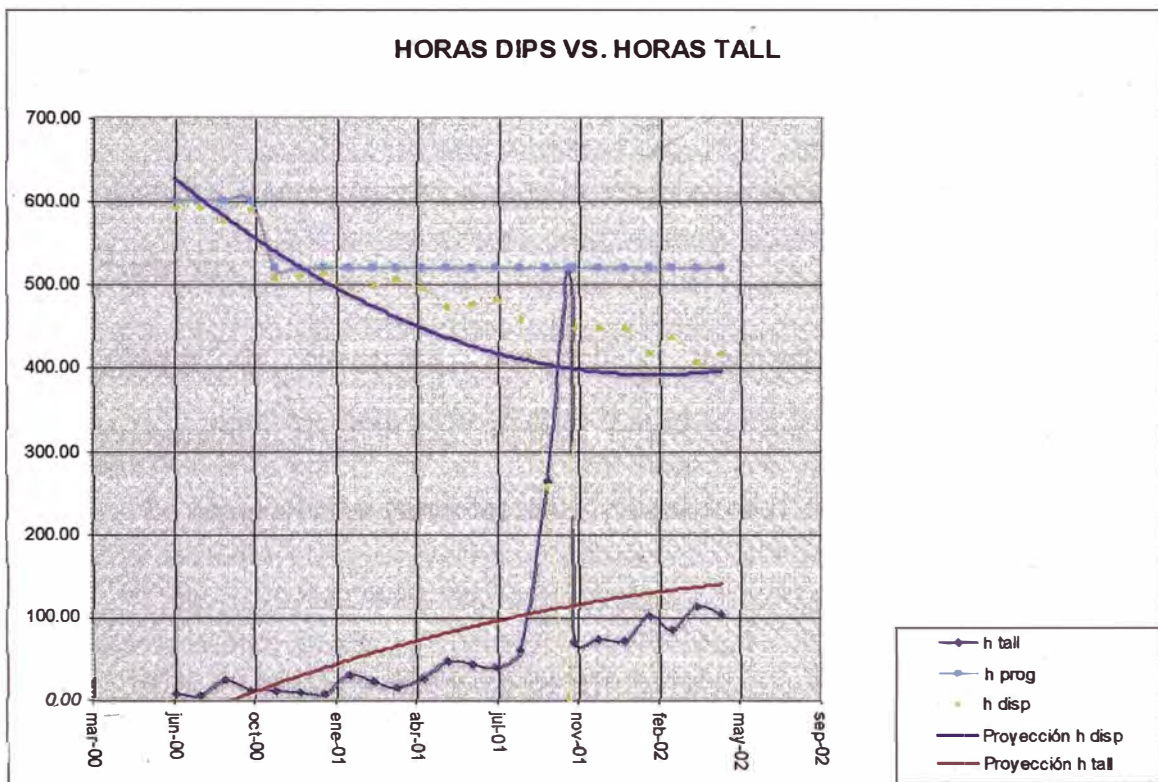


Grafico 4.7 Distribución de horas disponibles / horas taller

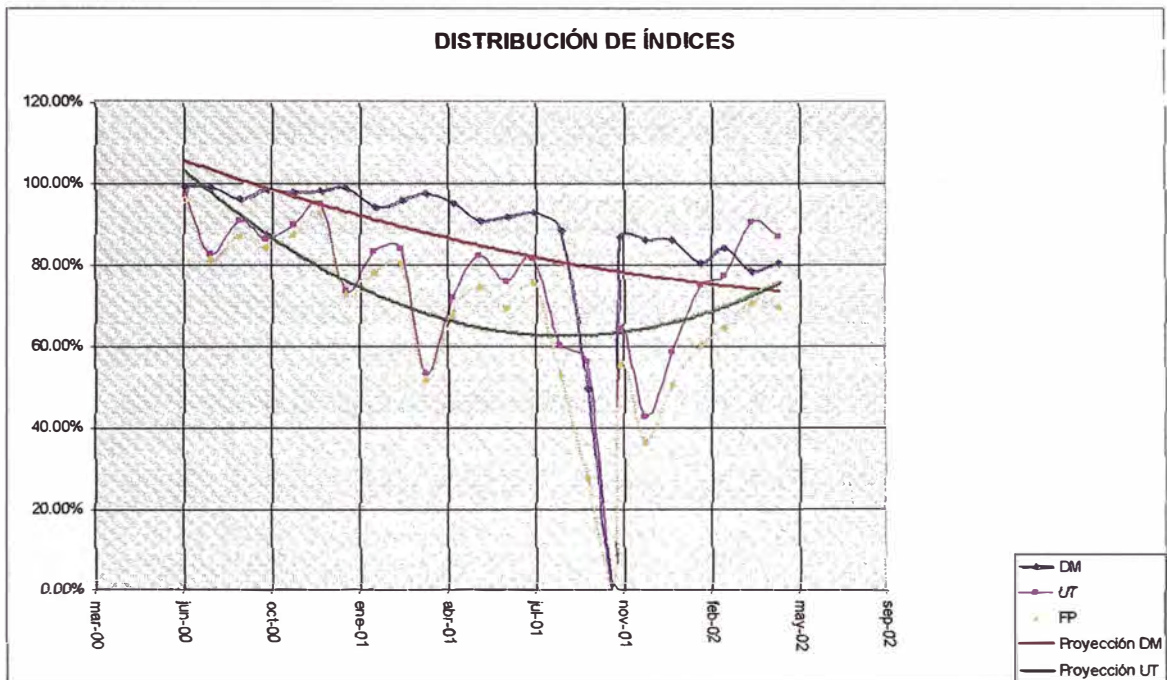


Grafico 4.8 distribución de índices de gestión

4.6 CONTROL DE COSTOS

Los costos y su control se obtienen también del sistema computarizado de control y mantenimiento, el cual lo emite considerando los principales rubros como son:

Costos de operación: combustible, lubricantes y grasas, filtros y consumibles, neumáticos, carrilería, repuestos menores, reparaciones mayores o de componentes (reservas para reparaciones) y herramientas de corte o GETS.

Costos de posesión como depreciación, valor residual de reemplazo, costo de reposición, seguros e impuestos y costos financieros. Estos costos son monitoreados permanentemente para su control. El stock mínimo de

repuestos de alta rotación en almacén también es otro punto que merece atención especial de parte del personal de mantenimiento.

Tener en cuenta que son varios factores que afectan los costos de un equipo como por ejemplo la aplicación del equipo, las técnicas de operación y las practicas de mantenimiento entre otros. El software de mantenimiento también controla los costos y se adjunta resumen de esta función en el grafico 4.9. Adicionalmente en el apéndice LL se adjunta un resumen del informe mensual de costos de un proyecto típico.

[HISTORICO DE COSTOS]

TABLAS INVENTARIO MANTENIM. INF GEREN. COSTOS FIN

CRS: 28838 ELEV. PRESA RELAVES III ETAPA ANTAMI EQ
 []
 []
 []

COMPAÑIA: 10008239 EDSAPI S.A.
 CLASE EQUIPOS: 52035 CAMION VOLQUETE VOL NL-12 395 HP, 15 M³

AÑO: 2008

RUBROS:
 lubric alquiler
 llantas supervis
 mat/rep. var/equi
 m.obra otros
 3ros deprec

Equipos Prod. directa
 Equipos Inspección
 Varios

A
 B
 C
 D
 Otros

Equipos activos
 Equipos eliminados

PRESENTACION:
 CR, compañía, clase
 CR, compañía
 CR, clase
 Compañía, clase
 CR
 Compañía
 Clase
 Total

NIVEL
 Detalle equipo, CR
 Equipo
 Clase de equipos

ORDENAMIENTO:
 CR / compañía / clase
 CR / clase / compañía
 Compañía / CR / clase
 Compañía / clase / CR
 Clase / CR / compañía
 Clase / compañía / CR

Grafico 4.9 resumen de costos de flota de equipos

Es muy importante tener en cuenta la verdadera dimensión potencial de los costos reales del mantenimiento de equipos de movimiento de tierras ya que están íntimamente relacionados con los del área de operaciones que es el cliente interno más importante. Adjuntamos el gráfico 4.10 que explica esta relación.



Grafico 4.10 Costo total real del mantenimiento

4.7 SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE),

La Empresa cuenta con la certificación ISO9001 de calidad desde el año 1999 por lo que se mantiene el total compromiso de la gerencia de respetar y cumplir todos los procedimientos, instructivos, estándares y registros necesarios. Se cuenta con un manual de la calidad donde están definidos los

procesos mas importantes de las diferentes tarea y actividades que so objeto de medición, monitoreo y auditorias programadas. Se utilizan algunos procedimientos en el área de mantenimiento por ejemplo podemos mencionar el procedimiento de trabajos del técnico de neumáticos, procedimiento de trabajos para soldador, procedimiento de trabajo para técnico electricista, algunos procedimientos para trabajos de técnicos mecánico, procedimiento para despacho de combustible, procedimiento para trabajo de equipos de elevación e izaje, etc. El Proceso de mejoramiento y de control de las no conformidades son practicadas permanentemente dentro de un marco de Gestión de Calidad Total. La empresa también cuenta con la certificación de Cuidados Medioambientales ISO 14001 que direcciona las políticas para el cumplimiento de la norma en todos sus proyectos, se maneja con especial atención los derrames de lubricantes que pudieran generarse. Es muy importante tener en cuenta la verdadera dimensión real de los costos de accidentes, ya que también implican daños a la persona, propiedad, proceso, medio ambiente entre otros. Adjuntamos el grafico 4.11 sobre el costo real de los accidentes.



Grafico 4.11 Costo real de un accidente

4.8 TIPO DE MANTENIMIENTO IMPLEMENTADO

Básicamente se está aplicando un mantenimiento aparte de correctivo, de tipo mayoritariamente preventivo (por tiempo y por estado) y con algunos puntos de mantenimiento del tipo predictivo.

En lo referente a repuestos se aplica la política JIT (just in time) ósea solo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad justa, lo que nos lleva a la generación del stock óptimo de repuestos. Se aplica progresivamente la cultura del análisis de fallas.

Se usa intensivamente el servicio de muestreo atómico de lubricantes que permiten mediante el análisis de los aceites diagnosticar el real estado de

desgaste de los principales componentes de una maquina como son el motor, la transmisión los diferenciales o mandos finales y el sistema hidráulico. Se adjunto una copia de un resultado de este tipo de control (ver grafico 4.13)

En lo referente al mantenimiento predictivo se utiliza evaluación de presiones hidráulicas, presiones de motor, temperaturas de funcionamiento,

Análisis de códigos de falla y su secuencia de revisión

Adicionalmente se hace seguimiento al reporte de tipo back log que son en realidad los trabajos pendientes de realizarse y que permanentemente se están generando por observaciones e inspecciones continuas en todos los equipos

El sistema Computarizado CMMS proporciona la programación semanal de mantenimiento preventivo a realizarse, se adjunta un reporte como muestra (ver grafico 4.12). Se cuenta con información técnica de todas las maquinas utilizando la brindada por el fabricante para poder respetar las recomendaciones de este sobre los diferentes sistemas que componen un equipo



Proyecto:

OBRAS VARIAS ANTAMINA - 2008

Registro N°

019

Cod: FLG09'00'D1Q

Contrato N°:

C.R. / U.O:

2872.8

Hoja:

1

de:

1

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL 12 AL 18 DE MAYO


OT.	CODIGO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	ULTIMO MANTEN. Hrs. / Km.	HOR. ACTUAL 11/03/08 Hrs./Km.	TIEMPO DE EJECUCION Hrs.	PROGRAMADO			FECHA PROGRAMADA							EJECUTADO		
						HOR. PROGRAMADO	Hrs. ó Km. QUE FALTAN	TIPO	L	M	M	J	V	S	D	FECHA	HRS/KM	
									12	13	14	15	16	17	18			
	20007011	Torre de iluminación IR L6 - 4MH	17750	18013	2	18000	-	250 Hrs.		X							14/05/08	18013
	20007014	Torre de iluminación IR L6 - 4MH	6000	6218	2	6250	32	250 Hrs.					X				17/05/08	6229
	43019004	Tractor Liebherr PR - 751	10000	10221	8	10200	29	250 Hrs.						X			Semana	Sgte.
	52037001	Camión Plataforma C/ Hiab	10600	10363	6	10700	+5	100 Hrs.						X			18/05/08	10704
	52035072	Volquete Volvo NL - 12	15750	15940	8	16000	60	250 Hrs.					X				17/05/08	16000
	52038005	Volquete MB XQ - 1378	9200	9408	8	9400	-	200 Hrs.			X						16/05/08	9439
	52038009	Volquete MB XQ - 1426	19800	19958	8	20000	42	200 Hrs.					X				17/05/08	20002
	58023032	Cmta. Mitsubishi PIW - 994	90000	92179	2	92500	321	2500 Km.		X							13/05/08	92502

Los equipos que se encuentran con signo negativo (-) indican que se venció la fecha de Mantenimiento. * R = REPROGRAMADO

** TODOS LOS MANTENIMIENTOS ESTAN SUJETOS A UNA TOLERANCIA DE +/- 20 HORAS Y EL CUMPLIMIENTO DE LOS MISMOS DEPENDEN DE LA UTILIZACION (HRS/KM) DEL EQUIPO

*** EL TIEMPO DE EJECUCION PARA LOS MANTENIMIENTOS VARIA DE ACUERDO AL TIPO DE ESTE, POR EJEMPLO PARA 250 Hrs. SE REQUIEREN 2 HORAS Y PARA 500 Hrs. 3 Hrs.

Gráfico 4.12 Programa semanal de mantenimiento



ANÁLISIS DE FLUIDOS S.O.S

Reporte de Componente & Lubricante

INFORMACIÓN DEL EQUIPO		INFORMACIÓN
Número Equipo: 52037001 Marca de Equipo: Mercedes Benz Modelo de Equipo: 2318/S1 Serie de Equipo: 06M398394VB129200 Componente: MOTOR	Marca de Motor: Modelo de Motor: Serie de Motor: OT Cliente: CIR 0015290 OT Ferreyros:	Lugar Trabajo: MFL ANTARINA Marca Aceite: Shell Nombre Aceite: RMILAX Visc. En Etiqueta: 15W40 PVI:

Se detecta presencia de AGUA, PRESENCIA DE SODIO, VISCOSIDAD SE MANTIENE U.O. S/LA, REVISAR NIVELES DE ACEITE, INSPECCIONAR POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION (AGUA) ¿ESTA AGREGANDO ACEITE?, VERIFICAR ESTA INFORMACION, REVISAR PRESIONES DE LUBRICACION, REVISAR TEMPERATURAS DE OPERACIONCULATAS, Inspeccionar Hermeticidad y Ajuste de Sellos. Seguir mostrando para desarrollar incidencias.

Información de la Muestra				ANÁLISIS DE ELEMENTOS (Partes por millón)																	ANÁLISIS TITR								
Fecha Muestra	Número Laboratorio	Volumen Muestra	Volumen Aceite	Cu	Fe	Cr	Ni	Ti	Mn	Co	Ag	Pb	Sn	Al	Si	Na	K	Mg	B	Ca	Mg	Mn	P	Zn	Acido	Alcali	Alcali	Alcali	
25-04-08	8661177	10505	100	2	20	1	1	0	0	0	0	2	0	4	7	0	1	0	13	0	3126	11	0	1006	1035	62	33	38	22
25-04-08	8661177	10505	100	2	20	1	1	0	0	0	0	2	0	4	7	0	1	0	13	0	3126	11	0	1006	1035	62	33	38	22
02-04-08	8654900	10400	200	2	12	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	13	1	0	15	0	3424	13	0	1105	1050	39	34	38	19
13-03-08	8650553	10216	200	3	10	0	1	0	0	0	0	1	0	3	3	11	1	0	13	0	3260	0	0	1227	960	39	33	38	20
07-12-07	7631792	8860	200	1	10	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3	4	1	3	13	0	3051	28	0	948	1050	44	33	37	22

HISTORIAL DEL ACEITE				CONTENIDO PARTICULAS (por 1 mL)												PQ			BO			RW			F51076		
Fecha Muestra	Número Laboratorio	Cambio	Viscosidad	Viscosidad	4µ	5µ	10µ	14µ	21µ	35µ	50µ	Particulas	Conten	Volumen	Alcali	Alcali	Acido										
25-04-08	8661177	Yes	Yes	15W40								28			Neg	Neg	0.1										
25-04-08	8661177	Yes	Yes	15W40								28			Neg	Neg	0.1										
02-04-08	8654900	Yes	Yes	0.25	15W40							30			Neg	Neg	Neg										
13-03-08	8650553	Unk	Unk	0.25	15W40							30			Neg	Neg	Neg										
07-12-07	7631792	Unk	Unk	0.25	15W40										Neg	Neg	Neg										

208661177 CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY

Fecha de Proceso BOS: 08052008

Ferreyros S.A. - Lab. Analisis Fluidos - Av. Industrial 675, Aptdo 150, Lima, Peru - Tel: (511) 396-7670 - Fax: (511) 336-8844

Grafico 4.13 Analisis de aceite lubricante

Otro punto a tener en cuenta es el uso de unos documentos denominados Pre usos que son unas inspecciones primarias que realiza el operador de las maquinas cada inicio de turno , también se usa unos check list(listas de inspección) mas elaborados que los mantenedores utilizan para canalizar de primera mano información inicial sobre algún problema que pueda afectar la

la operatividad de los equipos. Se adjunta en el apéndice M un modelo como muestra, estos documentos están enmarcados dentro de lo que se utiliza en la metodología del operador mantenedor del TPM. (Mantenimiento autónomo).

4.9 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DONDE APLICAR MEJORAS

Para completar el diagnostico inicial del estado del mantenimiento realizado por la empresa se utilizó una plantilla de diagnostico de organizaciones denominada La cadena del Valor (Michael Porter) la cual se adjunta (ver tabla 4.2 diagnostico del área de mantenimiento) y observamos en la columna de oportunidades de mejora hemos ubicado las áreas donde podemos realizar algunas mejoras al sistema de mantenimiento descrito anteriormente.

Para luego poder comparar los rendimientos y resultados de las mejoras del sistema adjuntamos como punto inicial (**Línea Base**) los cuadros de factores de gestión de mantenimiento como MTBS, MTTR (tabla 4.4) asimismo los porcentajes de disponibilidad mecánica, factor de utilización y factor de planta de la flota de equipos que trabajo en el proyecto Yanacocha (2000-2002) adjuntos en la tabla 4.3 ..En el apéndice N se adjunta la relación de los equipos de esta flota que suman 201 equipos propios incluyendo todos los tipos.



INDICES DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

PAG. 1

DESDE MES: 01/2000 HASTA: 12/2004

FECHA: 06/11/2008

CR: 27590 SERVICIOS MINEROS YANACOCHA Todas las clases de equipos
 Compañía: 10008239 COSAPI S.A.
 Equipos activos y eliminados

CLASE	HORAS			PORCENTAJES		
	REALES	STAND BY	TALLER	DISPON. MECANICA	UTILIZACION	FACTOR PLANTA
20007 TORRE DE ILUMINACION 4KW	87,858.90	4,400.50	3,651.70	96.19	95.23	91.60
20015 GRUPO ELECTROGENO 38 KW	3,997.40	216.40	1,195.00	77.91	94.86	73.91
20016 GRUPO ELECTROGENO 56 KW	3,122.00	184.00	124.00	96.38	94.43	91.02
20021 GRUPO ELECTROGENO DE 100 KW	12,240.00	1,000.00	94.00	99.30	92.45	91.80
20025 GRUPO ELECTROGENO 200 KW	11,481.70	638.00	259.30	97.91	94.74	92.75
20060 GRUPO ELECTROGENO 315-350 KW	3,658.10	3,436.90	10.00	99.86	51.56	51.49
29006 PERFORADORA ROTATIVA IR DM45	2,471.70	1,456.90	1,627.60	70.71	62.92	44.49
43002 EXCAVADORA S/RUEDAS 108-125 HP	10,937.90	8,763.18	3,725.51	84.10	55.52	46.69
43005 EXCAVADORA 128HP	23,253.50	9,413.66	6,884.80	82.59	71.18	58.79
43007 CARG FRONT LBE L551B,CAT 966F	12,777.29	7,294.16	1,119.50	94.72	63.66	60.30
43009 EXCAVADORA CAT 330B 222 HP 1.4	39,706.05	13,322.85	12,308.31	81.16	74.88	60.77
43010 EXCAVADORA LBE R954,CAT 345BL	9,565.56	4,772.11	9,671.00	59.72	66.72	39.84
43013 RETROEXCAVADORA 89-98HP	21,115.75	18,015.41	14,903.41	72.42	53.96	39.08
43015 TRACTOR CAT D6D, D6G 150 HP	36,850.40	16,413.20	10,818.92	83.12	69.18	57.50
43018 TRACTOR CAT D8R 305 HP 11.7 M3	24,376.20	9,731.10	8,039.02	80.93	71.47	57.84
43019 TRACTOR LBE PR-751 330 HP 5.0	21.00	2.00	347.00	6.22	91.30	5.68
43022 EXCAVADORA LBE 964B 356 HP 3.2	4,205.00	5,051.40	1,831.10	83.49	45.43	37.93
43023 EXCAVADORA LBE 974B 471 HP 5.2	5,033.30	8,588.80	2,589.90	84.02	36.95	31.05
43026 MOTONIVELADORA CAT 135H, 140G	38,979.20	18,677.10	6,530.50	89.83	67.61	60.73
43028 RODILLO VIB. DYN CA25D,CAT CS5	21,989.81	22,084.63	13,143.78	77.03	49.89	38.43
48018 TOLVA SATECI 15 M3	5,874.00			100.00	100.00	100.00
48050 TANQUE CISTERNA ELIPTICO 2500	17,943.00			100.00	100.00	100.00
48070 CARROCERIA DE MADERA Y METAL	727.00			100.00	100.00	100.00
48081 CARROCERIA METALICA TIPO PLATA	3,668.00			100.00	100.00	100.00
48083 PLATAFORMA	7,108.00			100.00	100.00	100.00

Tabla 4.3 Indces de disponibilidad



INDICES DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

PAG. 2

DESDE MES: 01/2000 HASTA: 12/2004

FECHA: 06/11/2008

CR: 27590 SERVICIOS MINEROS YANACOCCHA Todas las clases de equipos
 Compañía: 10008239 COSAPI S.A.
 Equipos activos y eliminados

CLASE	HORAS			PORCENTAJES		
	REALES	STAND BY	TALLER	DISPON. MECANICA	UTILIZACION	FACTOR PLANTA
51024 CAMION MB LAK/LAX 1418/42	30,264.97	23,977.13	13,243.59	80.38	55.80	44.85
51025 CAMION MB L1418/51	3,175.35	2,297.90	6,080.79	47.37	58.02	27.48
51026 CAMION MB L1618/51	765.50	776.50	294.00	83.99	49.64	41.69
52034 CAMION CHEVROLET KODIAK 6X4	7,108.15	7,184.55	1,989.96	87.78	49.73	43.65
52035 CAMION VOLQUETE VOL NL-12 395	424,626.17	313,433.84	94,529.21	88.65	57.53	51.00
52038 CAMION VOLQUETE MB 2638AK 15	11,135.70	8,770.10	17,968.80	52.56	55.94	29.40
52050 SEMI REMOLQUE CAMA BAJA	360.00	370.00		100.00	49.32	49.32
52070 CAMION CISTERNA	11,815.90	21,360.08	2,776.67	92.28	35.62	32.87
52080 OMNIBUS	10,772.60	7,672.91	600.11	96.85	58.40	56.56
53030 GRUA HIDRAULICA HIAB 215/1560	6,880.00			100.00	100.00	100.00
53031 GRUA HIDRAULICA HIAB 1165 6 T	7,804.00			100.00	100.00	100.00
53035 GRUA HIDRAULICA HIAB 950 5 TON	3,645.00			100.00	100.00	100.00
54010 MONTACARGA TAC 8000 4 TON	1,563.60	6,103.57	436.90	94.61	20.39	19.29
56002 CAMION CANTERA CAT 771D 485 HP	33,307.30	20,533.44	12,039.91	81.72	61.86	50.56
58013 CAMIONETA TYT HILUX 4X4 GASOL	284.00	275.40	82.60	87.13	50.77	44.24
58021 CAMIONETA TYT HILUX 4X2 DIESEL	71.50	49.50		100.00	59.09	59.09
58023 CAMIONETA TYT HILUX 4X4 DIESEL	948.60	924.90	821.00	69.53	50.63	35.21
	963,489.10	567,192.12	249,737.89	85.97	62.95	54.12

Tabla 4.3 Indices de disponibilidad



FACTORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

PAG. 1

DESDE MES: 01/2000

HASTA: 12/2004

FECHA: 06/11/2008

CR: 27590 SERVICIOS MINEROS YANACOCHA
Compañía: 10008239 COSAPI S.A.
Todas las clases de equipos

CLASE	HORAS			VECES TALLER	FACTORES			
	REALES	STAND BY	TALLER		MTBS	MTTR	TR	
20007	TORREDE ILUMINACION 4KW	87,858.90	4,450.50	3,992.70	152	607.30	26.27	0.05
20015	GRUPO ELECTROGENO 38 KW	3,997.40	216.40	1,195.00	15	280.92	79.67	0.30
20016	GRUPO ELECTROGENO 56 KW	3,122.00	184.00	124.00	5	661.20	24.80	0.04
20021	GRUPO ELECTROGENO DE 100 KW	12,240.00	1,044.00	94.00	10	1,328.40	9.40	0.01
20025	GRUPO ELECTROGENO 200 KW	11,481.70	638.00	259.30	8	1,514.96	32.41	0.02
20060	GRUPO ELECTROGENO 315-350 KW	3,658.10	6,216.90	10.00	1	1,875.00	10.00	0.00
29006	PERFORADORA ROTATIVA IR DM45	2,471.70	2,077.90	2,225.60	68	66.91	32.73	0.90
43002	EXCAVADORA S/RUEDAS 108-125 HP	10,937.90	9,703.18	6,869.51	347	59.48	19.80	0.63
43005	EXCAVADORA 128HP	23,253.50	9,458.66	10,369.80	555	58.94	18.68	0.45
43007	CARG FRONT LBE L551B.CAT 966F	12,777.29	7,364.16	1,119.50	250	80.57	4.48	0.09
43009	EXCAVADORA CAT 330B 222 HP 1.4	39,706.05	13,342.85	14,088.31	811	65.41	17.37	0.35
43010	EXCAVADORA LBE R954.CAT 345HL	9,565.56	5,092.11	12,851.00	238	61.59	54.00	1.34
43013	RETROEXCAVADORA 89-98HP	21,115.75	18,055.41	19,703.41	729	53.73	27.03	0.93
43015	TRACTOR CAT D6D, D6G 150 HP	36,850.40	16,483.20	12,898.92	802	66.50	16.08	0.35
43018	TRACTOR CAT D8R 305 HP 11.7 M3	24,376.20	9,741.10	11,780.02	512	66.64	23.01	0.48
43019	TRACTOR LBE PR-751 330 HP 5.0	21.00	2.00	347.00	2	11.50	173.50	16.52
43022	EXCAVADORA LBE 964B 356 HP 3.2	4,205.00	5,911.40	1,831.10	115	87.97	15.92	0.44
43023	EXCAVADORA LBE 974B 471 HP 5.2	5,033.30	17,689.80	3,453.90	121	187.79	28.54	0.69
43026	MOTONIVELADORA CAT 135H 140G	38,979.20	18,898.10	7,577.50	927	62.44	8.17	0.19
43028	RODILLO VIB DYN CA25D.CAT CS5	21,989.81	22,714.63	16,745.78	716	62.44	23.39	0.76
48018	TOLVA SATECI 15 M3	5,874.00				5,874.00		
48050	TANQUE CISTERNA ELIPTICO 2500	17,943.00				17,943.00		
48070	CARROCERIA DE MADERA Y METAL	727.00				727.00		
48081	CARROCERIA METALICA TIPO PLATA	3,668.00				3,668.00		
48083	PLATAFORMA	7,108.00				7,108.00		
51024	CAMION MB LAK/LAX 1418/42	30,264.97	26,695.13	23,214.59	971	58.66	23.91	0.77
51025	CAMION MB L1418/51	3,175.35	2,427.90	13,206.79	174	32.20	75.90	4.16
51026	CAMION MB L1618/51	765.50	776.50	294.00	19	81.16	15.47	0.38
52034	CAMION CHEVROLET KODIAK 6X4	7,108.15	7,184.55	2,789.96	191	74.83	14.61	0.39
52035	CAMION VOLQUETE VOL NL-12 395	424,626.17	319,515.84	100,377.21	2,201	60.99	8.23	0.24
52038	CAMION VOLQUETE MB 2638AK 15	11,135.70	9,821.10	18,815.80	308	68.04	61.09	1.69
52050	SEMI REMOLQUE CAMA BAJA	360.00	370.00			730.00		
52070	CAMION CISTERNA	11,815.90	21,430.08	2,826.67	512	64.93	5.52	0.24
52080	OMNIBUS	10,772.60	7,672.91	600.11	267	69.08	2.25	0.06
53030	GRUA HIDRAULICA HIAB 215/1560	6,880.00				6,880.00		
53031	GRUA HIDRAULICA HIAB 1165 6 T	7,804.00				7,804.00		
53035	GRUA HIDRAULICA HIAB 950 5 TON	3,645.00				3,645.00		
54010	MONTACARGA TAC 8000 4 TON	1,563.60	7,413.57	476.90	57	157.49	8.37	0.31
56002	CAMION CANTERA CAT 771D 485 HP	33,307.30	20,555.44	14,757.91	590	91.29	25.01	0.44
58013	CAMIONETA TYT HILUX 4X4 GASOL	284.00	626.90	524.20	32	28.47	16.38	1.85
58021	CAMIONETA TYT HILUX 4X2 DIESEL	71.50	64.50	1.00	2	68.00	0.50	0.01
58023	CAMIONETA TYT HILUX 4X4 DIESEL	948.60	1,306.90	1,858.00	56	40.28	33.18	1.96
963.489.10 595,145.62 307,279.49 1,1764 71.62 14.12 0.32								

Tabla 4.4 Factores de gestión - Yanacocha

DIAGNOSTICO INICIAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO		May-08		ponderación	Deficiente 1
EMPRESA DEDICADA A LA COMPRA Y ALQUILERES DE EQUIPOS PARA CONSTRUCCION Y MINERIA					Regular 2
					Bueno 3
PROBLEMAS	CALIDAD	COSTO	TIEMPO	SUBTOTAL	OPORTUNIDAD DE MEJORA
LOGISTICA DE ENTRADA					
Planificación de compras --criterios de selección de equipos y componentes	2	1		5	
Detalle en el alcance del cliente --nuestro cliente es Operaciones (obras proyectos)	2	2		6	
Tiempo en compras	2	2		6	
Conocimiento del cliente y mercado --conocimiento de los proyectos y mercado de equipos terceros	3	2		7	
OPERACIONES					
Comunicación--entre miembros de la organización en todos los niveles	2	2		6	
Liderazgo y autoridad de jefes de área	2	2		6	
Motivación de personal --operadores, mantenedores, supervisores planners	1	2		5	
Generación de reprocesos--reclamos por reparaciones mal efectuadas	2	2		5	
Retraso de trabajos por falta de repuestos --	2	2		5	
Retrasos de trabajos por demora en compras	2	2		5	
Despliegue de estrategias --En condición, Overhaul, Reemplazo, Diseño	2	2		6	
Sistema de trabajos ---SCME o CMMS, O/T--Hoja de vida	2	2		6	
Aprendizaje del personal --Trabajo en equipo Sinergia TPM	2	2		5	
Soporte y planeamiento operativo ---RCM, Análisis de datos, Monitoreo	2	2		6	
Procedimientos establecidos ---ISO 9001 -TQM Requisitos, No conformidades -Instrucciones -Auditoria OSHAS 18001--Mejora Continua	2	1		4	Revisar Procedimientos según lineamientos ISO9001
Identificación de procesos --Reemplazo de componentes -Backlogs	2	1		4	Aplicar RCM para análisis, seguimiento Backlogs
Manejo de indicadores --KPI Benchmarking-MTBS MTTR	1	1			Difundir sus utilización
Control de operaciones --OEE--Costo tiempo Riesgo Calidad	1	2			Aplicar en conjunto de maquinas

LOGISTICA DE SALIDA				0	
Relación con el cliente y satisfacción --relación con los Proyectos y obras	2	2		6	
Documentación aprobadas --Informes valorizaciones Transportes	3	2		7	
Facturación programada --				0	
Atención oportuna --eficiencia eficacia , confiabilidad , disponibilidad y productividad	2	2		6	
Entrega con especificaciones --TPM TQM	2	1		5	
MKG VENTAS				0	
Publicidad en eventos				0	
Resultado financiero y del mercado Leasing	3	2		7	
Resultado frente a competencia --Otros propietarios de equipos	3	2		7	
SERVICIO				0	
Responsabilidad social	3	2		7	
Resultado de producto y servicio -- Confiabilidad Disponibilidad Y Productividad	2	2		6	
Orientación al cliente --Proyectos y Obras Selección de equipos	2	2		7	
Capacitación y entrenamiento al cliente --Adecuado uso de Equipos - Rendimientos --Equipo Liviano	1	1		4	Capacitar Supervisores y operadores
ADMINISTRACION				0	
Planeamiento Estratégico --de la empresa con despliegue por áreas	2	2		6	
Evaluación de Gestión de Procesos -Lecciones aprendidas , mejores practicas	1	2		5	
Monitoreo de indicadores --KPI Benchmarking MTBS MTTR otros	1	1		4	Difundir su utilización
Liderazgo de alta dirección --Visión y Misión , Tácticas y Estrategias	2	2		6	
Desarrollo de estrategias --con despliegue--- Hoshin Kanri --BSC	2	2		6	
Resultados de eficacia Organizacional --Competitividad	2	2		6	
Define objetivos de la empresa --Del Área de mantenimiento	2	2		6	
Fomento de cultura Organizacional --valores , ética confianza, Filosofía de las 5S	1	2		4	Aplicar política 5S-- Limpieza
Respeto de Organigrama	2	2		6	
RECURSOS HUMANOS				0	
Capacitación a personal --operadores y mantenedores , supervisores-- Mantenimiento Autónomo filosofía del operador mantenedor , Utilización de herramientas predicativas , Procedimientos ISO9001	1	2		4	Filosofía del operador mantenedor /Confeción de check list especializados

Evaluación a personal --establecer métodos y líneas de carrera	2	2		5	
Perfiles de puestos actualizado--por competencias y actitudes	2	2		5	
Bienestar y satisfacción del personal	2	2		6	
Resultado de orientación al personal	2	2		6	
Resultado de liderazgo y responsabilidad social	2	2		6	
Apoyo al personal en objetivos personales	2	2		6	
GESTION DE TECNOLOGIA				0	
Medición análisis , evaluación del desempeño	2	2		6	
Gestión de la información y conocimiento--ejm SIS , Muestreo atómico de aceites Product link	1	2		5	
Procesos de creación de valor	2	2		6	
Documentación de técnica aprendida y mejorada--como lecciones aprendidas	2	1		5	
Medición de conocimiento de trabajadores	2	2		6	
Difusión de manejo y uso de equipos --Equipos predictivos	1	2		4	Equipos predictivos
COMPRAS				0	
Cumplimiento de especificaciones --capacitación técnica de compradores	1	2		4	Incrementar competencias técnicas
Tiempo de entrega oportuna	2	2		5	
Condiciones de almacenamiento	3	2		7	
Variación de precio	2	2		6	
Reclamo a proveedores—utilizar garantías con mas información	2	2		5	

Tabla 4.2 Diagnostico inicial del área de mantenimiento

CAPITULO V

PROGRAMA DE MEJORAS DEL MANTENIMIENTO

Utilizando los fundamentos del mantenimiento Productivo Total (TPM) y del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Así como también los conceptos de análisis de causa raíz (ACR) y analizando la tabla 4.2 del diagnostico inicial del área de mantenimiento se considero la realización de algunas mejoras al programa de mantenimiento.

Igualmente se recibe los aportes del sistema de calidad total ISO 9001 para los temas de la calidad y el uso de herramientas de calidad.

Los conceptos del mantenimiento predictivo se utilizan igualmente en el monitoreo de condiciones y estado de los equipos. Podemos mencionar las siguientes mejoras:

- **Mejora en los ambientes** utilizando (talleres, almacenes y otras instalaciones) la filosofía de la cinco “S” considerando el orden y la limpieza como la base de todos los trabajos a realizar

- **Mejora en la aplicación del mantenimiento autónomo** (concepto de operador mantenedor, realización de un agresivo programa de capacitación y actualización tanto en operación como mantenimiento de los equipos).
- **Mejora en el uso de listas de verificación** (Check List especializados para personal de mantenimiento).
- **Mejora en los procedimientos e instructivos de calidad.**
- **Mejora en el uso de herramientas de mantenimiento Proactivo ACR.**
- **Mejora en la implantación del cálculo de la OEE en áreas de producción.**
- **Mejora en la aplicación de Índices de Performance KPIs** como precisión de servicio, porcentaje de trabajos de mantenimientos programados, relación de mantenimiento, porcentaje de servicio de almacén de repuestos, MTBS después del PM.
- **Mejora en el Monitoreo de condiciones** del estado de la maquina, con la utilización de VIMS, computadoras a bordo, herramientas de autodiagnóstico y GPS, Product Link.

Es importante recordar que la sensibilidad de la utilidad de los negocios de movimiento de tierras depende mucho de la disponibilidad mecánica y los costos de operación, adjuntamos grafico 5.1 para aclarar esta afirmación.

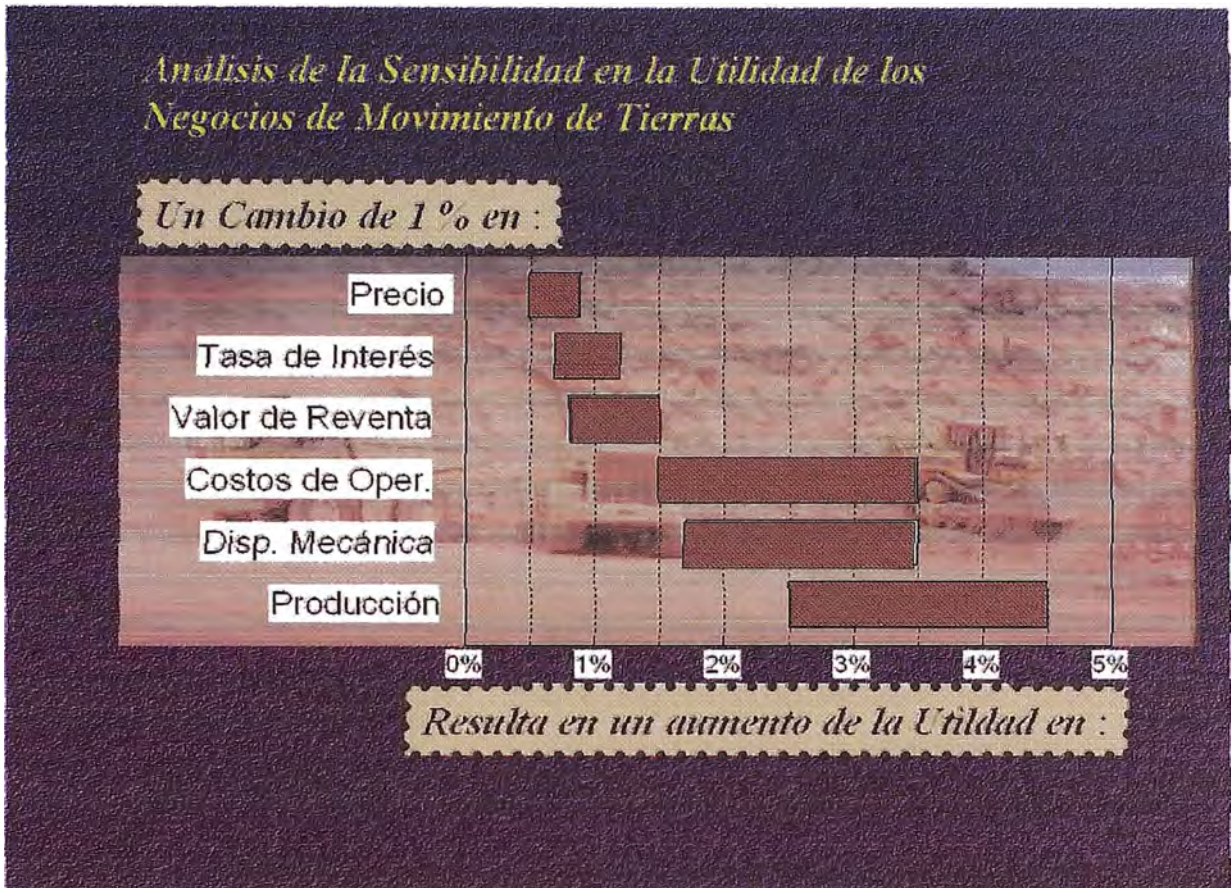


Grafico 5.1 Sensibilidad de los negocios de movimientos de tierras

También mostramos un modelo mejorado del sistema de mantenimiento (ver grafico 5.2) para propósito de análisis con el objetivo de obtener equipos operativos, confiables y productivos.

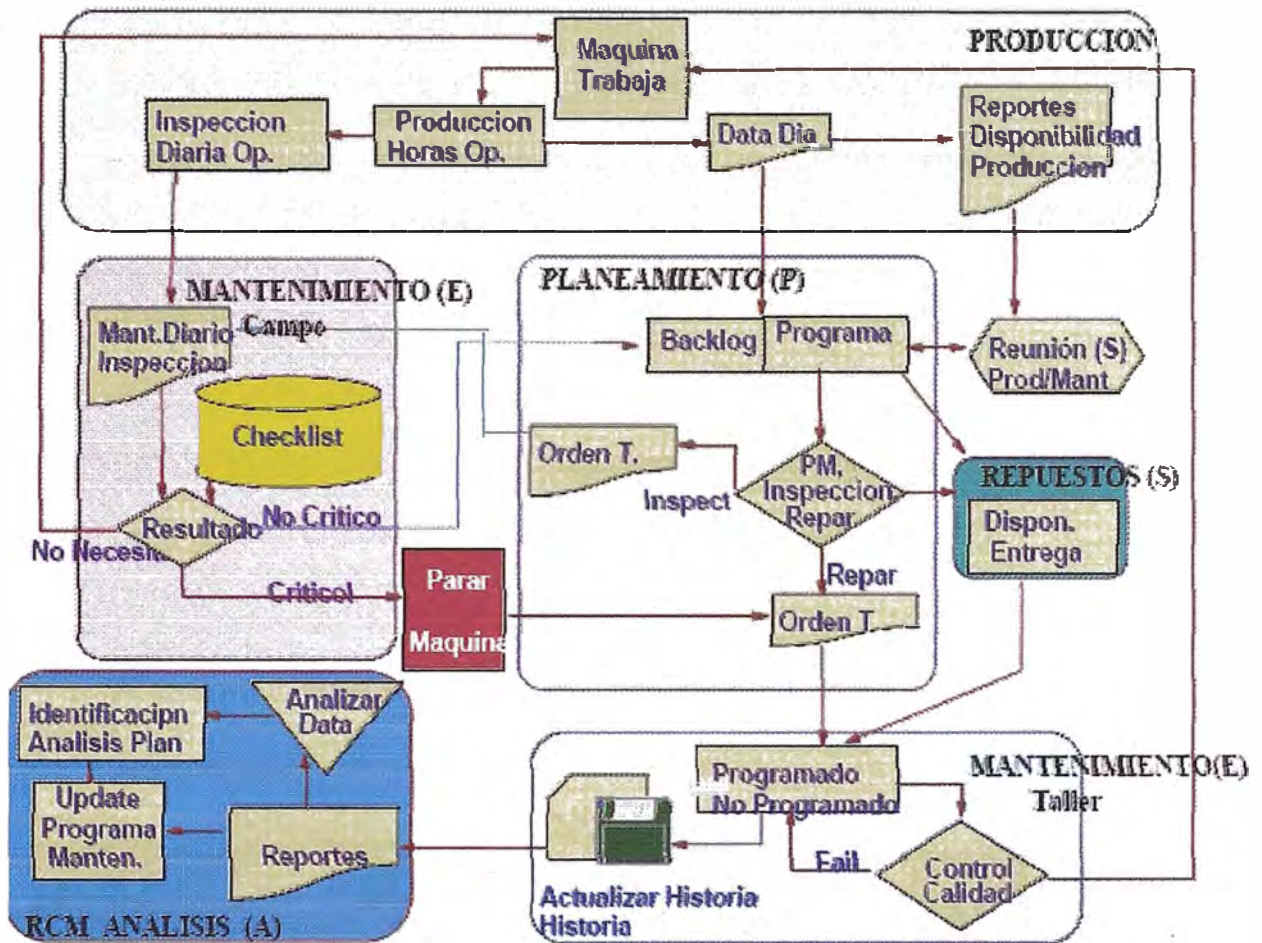


Grafico 5.2 Sistema de mantenimiento mejorado

5.1 MEJORA EN LOS AMBIENTES UTILIZANDO LA FILOSOFÍA DE LAS CINCO “S”

La limpieza y el orden son los elementos básicos más importantes para poder realizar un buen mantenimiento ya que nos brinda las condiciones para poder realizar los trabajos de inspección y reparación de manera mas adecuada. Esta actividad tan simple y a la vez tan importante muchas veces la dejamos de lado y no le damos la importancia vital que tiene para poder conseguir resultados excelentes en mantenimiento, dentro del TPM como parte de unos

de los pilares mas importantes (mantenimiento Autónomo) se le otorga la relevancia que merece. En los ambientes de las Obras o proyectos se la considera como parte importante de todos los procedimientos pero siempre tenemos que estar insistiendo hasta que se profundice en la cultura de toda la organización.

Cinco “S” significan Ordenar, Organizar, Limpiar, Reglamentar y Continuar, ciclo tan brillantemente utilizado en las industrias del Japón.

A continuación mostramos los gráficos 5.3 sobre vistas del antes y después aplicado al almacén temporal de un Proyecto.



Gráfico 5.3 Antes



Después

5.2 MEJORA EN LA APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Consideraremos dos casos de aplicación de esta nueva tendencia recomendada por el TPM, para aplicar en los proyectos. Se desarrollan permanentemente cursos de capacitación tanto para los operadores de los equipos como para el personal de mantenimiento (mantenedores), lo que lleva a conseguir la certificación de los operadores que ahora es requisito para la operación de los equipos según la normativa de las minas más importantes del país.

5.2.1 Operador Mantenedor

El operador u operario de una maquina es la persona que conoce mas en detalle sobre su unidad ya que es el primer eslabón en la cadena de responsabilidades sobre el cuidado y utilización de las maquinas, nadie mejor que el para avisar en primera instancia sobre la posible ocurrencia de fallas, situación que es tomada pos la metodología del TPM para utilizar esta posición privilegiada y brindarle toda el apoyo para que pueda desarrollar esta capacidad de inspección primaria e inclusive prepararlo para que pueda progresivamente realizar tareas de mantenimiento primario no especializado. Por eso se realizan todo un ciclo de preparación para la certificación progresiva de los operadores de los equipos, se adjuntan las tablas 5.1 y 5.2 donde se especifican los diversos temas que se tocan en los cursos de preparación de los

operadores de los equipos y del personal mantenedor de los diversos proyectos.

Con estas capacitaciones se busca que los operadores progresivamente sean capaces, de detectar y corregir anomalías menores. Asimismo se busca que sean competentes en la mejora continua del área de su responsabilidad y también estimular el autodesarrollo y la formación sistemática del personal.

**PROGRAMACION DE ENTRENAMIENTO PARA
PERSONAL DE MANTENIMIENTO (MECÁNICOS,
ELECTRICISTAS, ETC.)
CURSOS**

1. Objetivos del área de mantenimiento
2. Conocimiento y correcto uso de herramientas
3. Conocimiento y uso de manuales
4. Conocimiento de lubricación
5. Conocimiento en revisión de equipos (Realización correcta de check list)
6. *Parámetros y estándares de inspecciones y chequeos.*
7. Conocimiento e interpretación de planos (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.)
8. Práctica en montaje y desmontaje de componentes hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.
9. Práctica en montaje, desmontaje y cableado de circuitos eléctricos
10. Conocimiento en calibración y ajustes de componentes
11. Fundamentos de mantenimiento y tipos de mantenimiento
12. Parámetros, estándares y programación de mantenimientos
13. Registro de fallas y anomalías en componentes y/o equipos
14. Conocimiento en detección de fallas en sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc. – Proponer e implantar soluciones
15. Gestión de mantenimiento – Relación entre gestión de mantenimiento y producción
16. Capacitación constante
17. Conocimiento en seguridad laboral
18. Conocimiento en políticas de calidad

Tabla 5.1 Cursos para personal mantenedor

PROGRAMACION DE ENTRENAMIENTO PARA OPERADORES

1. Conocimiento de los avisos de seguridad de la maquina.
2. Instrucciones en la operación debida del equipo.
3. Información sobre transporte del equipo.
4. *Conocimiento de los puntos de engrase y/o lubricación del equipo.*
5. Chequeo e inspección debida de los equipos.
6. Técnicas para detectar fallas.
7. Conocimiento de los diversos componentes del equipo.
8. Lectura debida de los medidores y/o avisos del tablero de control.
9. Conocimiento básico de electricidad y mecánica.
10. Método de mantenimiento de equipos.

Tabla 5.2 Cursos para operadores de e quipos

5.2.2 Uso de Check List especializados

La herramienta fundamental que utilizan los operadores mantenedores divulgadas por el TPM es el Check List, que es una lista donde se especifican las partes mas importantes de la maquina y de manera secuencial, en orden de criticidad, se analizan uno por uno los componentes de cada sistema de manera visual (o sensorial ayudado por relojes indicadores de control, de los parámetros del funcionamiento de los equipos). Lo importante de este formato es que debe hacerse al comienzo de cada turno diario y facilita su ejecución rápida, este documento es firmado por el supervisor y es un

documento formal que junto al parte diario de operación sirve para canalizar la información diaria sobre la situación operativa de las maquinas. Se ha preparado unos modelos mejorados sobre este documento, adjuntamos un modelo mejorado que se muestra en la tabla 5.3. Tener muy en cuenta que las observaciones deben hacerse con una secuencia que comprenda posiciones desde el suelo, desde el compartimiento del motor (arriba), en la maquina afuera y dentro de la cabina siempre buscando síntomas o condiciones que comprometan la seguridad y la operatividad del equipo.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM- EL CHECK LIST

Máquina o Equipo:												
Sub Codig	Sistema / Parte	Parte / Componente*	Descripción de su función	Actividad inspectiva:	Max / Min	L	M	m	J	V	S	OBSERVACIONES
SLU												
1	Sistema de Lubricación	Bomba de Lubricación	Abasteece de lubricante para proteccion de todo los mecanismos del eje principal de la eccentrica	Temperatura Presión Ruidos anormales	90/60 80/20PSI	75 60	74 62	78 65	72 58	80 65	85 70	
		Filtros de aceite	Abasteece aceite libre de impurezas y contaminación	Presión de vacío	15/5mmHg	8	7	10	6	12	13	
SUC												
1	Sistema Hidráulico de Calibración	Bomba Hidráulica	Equipo que suministra presión uniforme el aceite hidráulico que dosifica la potencia de regulación de la cámara de chancado	Visor de nivel de aceite Temperatura	dial 90C/50C	✓ 76	✓ 70	✓ 75	✓ 65	✓ 82	✓ 80	
		Filtro Hidráulico	Abastecer el aceite hidráulico en todo el circuito libre de impurezas y contaminación	Presión de vacío	16/6mmHg	12	9	10	7	13	13	
3		Cilindros Hidráulicos	Que mantienen un esfuerzo uniforme de la regulación de la cámara de chancado	Fugas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SEM												
1	Sistema Electrico Matriz	Motor Electrico	Genera potencia electrica constante para todo el funcionamiento	Ruido anormal Temperatura	70/20C	60 ✓	40 ✓	50 ✓	30 ✓	65 ✓	65 ✓	
		Tablero Electrico de Comando	Controla arranques y paradas y sistemas de protección electrica	Ruidos de contactores Ruidos de relés Estados de botones pulsadores		✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	
SCH												
1	Sistema de Chasis Principal	Chasis Principal	Soporta los mecanismos de forro fijo / forro móvil y toogle	Ruidos anormales en toogle Rajaduras muela fija . móvil Vibraciones Desalineamiento		✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	

* Partes y componentes Críticos del equipo

Tabla 5.3 Check List mejorado

5.3 MEJORA EN MANTENIMIENTO DE CALIDAD (PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS)

Considerando que la Calidad es un proceso de mejora continua y utilizando los lineamientos de la norma ISO 9001 se mejoran varios procedimientos sobre todo los relacionados con las labores que tienen más frecuencia en la generación de accidentes en los talleres de mantenimiento, se considera el mejoramiento de la identificación de peligros en cada uno de ellos para muestra adjuntamos uno de estos procedimientos mejorados en los gráficos 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7.

La tendencia es que la mayoría de los trabajos en el taller deben contar con sus procedimientos y estar orientados por políticas de trabajo seguro y de calidad de acuerdo a normas y estándares internacionales

5.4 MEJORA EN USO DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO PROACTIVO (ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ ACR)

El Mantenimiento Proactivo utiliza algunas herramientas de calidad importantes para poder analizar casos dentro de las actividades de mantenimiento de maquinaria de movimiento de tierras, hemos aplicado como ejemplo a un caso representativo de tractores de oruga (Bulldozer) y al Caso de Problemas en los neumáticos de los volquetes de una flota de carguío.

Caso de Tractores de Oruga

Como referencia hemos utilizado un Tractor Marca Liebherr modelo 751 de 330 HP (ver grafico 5.9) el cual tiene problemas frecuentes en el sistema hidráulico específicamente en las botellas hidráulicas según se puede deducir de la curva de Pareto que se ha realizado para este fin (ver grafico 5.8), se procedió a estudiar el caso para poder llegar a la causa raíz de este problema tan frecuente y tan costoso para la Empresa, de tal manera que se utilizo también una herramienta denominada árbol de decisión (grafico 5.10) y se llego a ubicar las causas físicas, causas latentes y causas humanas. Se llego a determina esta falla como de poca frecuencia pero muy significativa en su costo e implicancias en la producción y fue motivo de análisis.

Esta información paso ser parte de la hoja de vida de estos equipos y se incluyo en la O/T (orden de trabajo) de reparación. El ACR es pues una parte importante de la aplicación del MCC para la administración de problemas de mantenimiento y debe aplicarse cuando se tiene problemas que escapen de la parte estrictamente técnica del equipo (ver grafico 5.11).

Sistema de Medio Ambiente, Salud y Seguridad Industrial - MASS		
Procedimiento MWD33	R&I BOMBA DE TRANSMISION - D10R	Rev. N° 0 23-11-2003 Pág. 3 de 11

1. PROPÓSITO

Describir prácticas, herramientas y materiales para que la ejecución del trabajo se efectúe en forma segura y eficiente.

2. APLICACIÓN

Este procedimiento aplica a todo el personal de Americana y Socios Estratégicos que realice la REMOCIÓN E INSTALACIÓN DE LA BOMBA DE TRANSMISIÓN EN TRACTORES DE ORUGA CAT D10R, en el Taller.

3. RESPONSABILIDADES

Supervisor de Mantenimiento

Es responsable de asegurar al personal bajo su responsabilidad en la correcta aplicación del presente procedimiento, verificando que sea cumplido en el desarrollo de la ejecución del trabajo, para que resulte seguro y eficiente.

Asegurar que el personal bajo su responsabilidad cuente con las herramientas, equipos de protección personal y materiales necesarios para realizar el trabajo en forma segura.

Mecánico

Aplicar correctamente el presente procedimiento, ejecutando las tareas indicadas en este. Reportar a su Supervisor cualquier anomalía que se presente durante la ejecución de este procedimiento.

4. HERRAMIENTAS ESPECIFICAS

Ver Anexo 1.

5. EQUIPOS DE SEGURIDAD REQUERIDOS

Se utiliza equipo de Protección Personal: Escudo en buen estado (goggles de casco, casco, botas de seguridad, protectores auditivos, tapones de seguridad).

6. LISTA DE REPUESTOS NECESARIOS

Ver Anexo 2.

7. REQUERIMIENTOS DE BLOQUEO PERSONAL

Deberán aplicar el bloqueo de la máquina con el candado y la tarjeta de trava (Lock Out y Tag Out), todo el personal que participe en el trabajo.

	Punto de Bloqueo	Ubicación
Bloqueo PREFERENCIAL	LLAVE CORTE PRINCIPAL	LADO IZQUIERDO DE LA CABEZA

3

Original firmado en archivo físico.

Si UD tiene una copia de este documento verifique en número y fecha de la última revisión en la versión electrónica en intranet.

Sistema de Medio Ambiente, Salud y Seguridad Industrial - MASS		
Procedimiento MMDZ13	R&I BOMBA DE TRANSMISION - D10R	Rev. #1º # 23-11-2005 Pág. 5 de 11

19. CONSIDERACIONES ESPECIALES

TRABAJOS PREPARATORIOS	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD
Inspeccionar área de trabajo.	Mantenerla limpia y ordenada. Dejar el área si esta recontaminada.
Revisar estado de herramientas y equipos a utilizar.	Reportar cualquier anomalía. No utilizar equipos o herramientas dañadas.
Asegurarse de contener los fluidos durante la realización del trabajo. Antes de abrir cualquier compartimiento o desmontar algún componente que contenga fluidos, prepararse para recolectar el fluido con recipientes adecuados.	Utilice bandejas limpias y adecuadas. Elimine todo fluido según las políticas y procedimientos.
Contaminación: podría causar el rápido desgaste y disminución de la vida útil del componente.	Mantenga todas las partes limpias de contaminantes y sellados.
Inspeccionar todos los elementos de izaje (eslingas, grilletes, ganchos hidráulicos, grúa, etc.). Componentes pesados que caen durante la remoción o instalación pueden causar muerte o lesiones permanentes.	Reporte y desactive todo elemento de izaje defectuoso. Revisar trayectoria libre de la carga.
A temperatura de funcionamiento, el aceite está caliente y bajo presión. Los componentes y el aceite caliente pueden causar lesiones personales. El aceite caliente puede causar quemaduras, cuando se desconecta cualquier componente o línea.	No permita que los componentes o el aceite caliente toquen la piel. Quite la tapa de llenado solo cuando este detenido el motor y cuando la tapa este lo suficientemente fría para tocar con la mano. Lentamente afloje la tapa de llenado para liberar cualquier presión que hubiera en el tanque.
Para impedir que entre tierra o fragmentos al sistema, tape todas las aberturas con tapas y tapones. La limpieza es un factor importante.	Antes de realizar el procedimiento de retiro, se deberá limpiar cuidadosamente la parte exterior del componente. Esto impedirá que entre tierra al mecanismo interno.
Para facilitar el montaje o para fines de identificación.	Etiquete todas las partes de la manguera, tubería, armazones de cableado y cables.

5

Original firmado en archivo físico.

Si Ud tiene una copia de este documento verifique en número y fecha de la última revisión en la versión electrónica en intranet.

Grafico 5.5 Procedimiento

Sistema de Medio Ambiente, Salud y Seguridad Industrial - MASS		
Procedimiento MWDZ33	R&I BOMBA DE TRANSMISION - D10R	Rev. N° 0 23-11-2005 Pág. 6 de 11

11. PROCEDIMIENTO DE REMOCION

<p>Lavar la unidad sobre todo los componentes a remover o limpiar desde se va a trabajar.</p> <p>Estacionar la unidad en la bahía apropiada que tenga una grúa propia.</p> <p>Engastar operador para gruar al operador de la máquina.</p> <p>Colocar el tipo y el trípode sobre el piso y sobre planchas de hierro con la finalidad de no dañar el piso.</p>	
<p>Tomar las siguientes posturas:</p> <p>Apagar la unidad y abrir el contacto.</p> <p>Depresurizar el sistema hidráulico cerrando las palancas de asufo.</p> <p>Colocar el freno de parqueo y cortar el suministro de la batería.</p> <p>Colocar cascabel de trabajo (work-bell) y cascabel de freno (brake-bell) por cada mecanismo asociado al trabajo y tablero de no operar.</p> <p>Aislar el área de trabajo.</p> <p>Antes de quitar herramientas de trabajo (Tachas, grúas, cables, estingas, etc) verificar cuidadosamente su estado y la capacidad de carga de estos.</p> <p>Mantener siempre limpia el área de trabajo.</p>	
<p>IMPORTANTE :</p> <p>Identifique las líneas hidráulicas y su posición antes de ser removidas.</p> <p>Colocar tapones en las líneas para evitar derrames de aceite y que ingrese contaminantes al sistema hidráulico.</p>	
Remover el piso de cabina	Referirse al Procedimiento "R&I Piso de Cabina"
Remover el eje de montaje auxiliar y guarda	Referirse al Procedimiento "R&I Eje Monto Auxiliar y Guarda"

6

Original firmado en archivo físico.

Si Ud tiene una copia de este documento verifique en número y fecha de la última revisión en la versión electrónica en intranet.

Grafico 5.6 Procedimiento

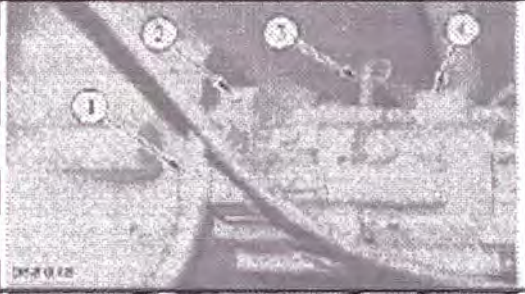
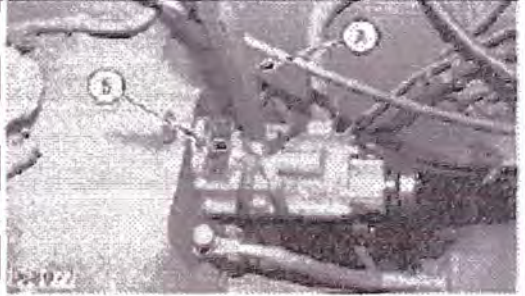
Sistema de Medio Ambiente, Salud y Seguridad Industrial - MASS		
Procedimiento MMD233	R&I BOMBA DE TRANSMISION - D10R	Rev. N° 0 23-11-2005 Pág. 7 de 11
<p>Remover los dos pernos (2) y la manguera (1) de la bomba de transmision (4). Remover la manguera (3) de la bomba de transmision (4).</p>		
<p>Sujetar la herramienta (A) en el techo interior de la cabina y sujetar la bomba de transmision (5) con la misma herramienta tal como se muestra. NOTA : Se puede usar la grúa puente para desmontar la bomba de transmision en lugar de la herramienta (A). Remover los tres pernos (5) de la brida de la bomba de transmision. Remover la bomba de transmision (4). El peso de la bomba de transmision es de 45 kg (100 lb).</p>		

Grafico 5.7 Procedimiento

ANALISIS DE CAUSA - RAÍZ DE FALLA DEL SIST. HIDRAULICO DEL TRACTOR DE ORUGAS

		Costo total (\$)	% de perdida	% de acumulado
1	Sistema de tracción (orugas)	1300	0.42	0.42
2	Sistema hidráulico	3540	0.27	0.69
3	Mandos finales	900	0.14	0.83
4	Cuchara (bulldozer)	500	0.07	0.90
5	Motor	013	0.04	0.94
6	Sistema de transmisión (Power shift)	216	0.02	0.96
7	Sistema eléctrico	50	0.02	0.98
8	Sistemas auxiliares	50	0.01	0.99
9	Estructura	80	0.01	1.00
		0249	1	

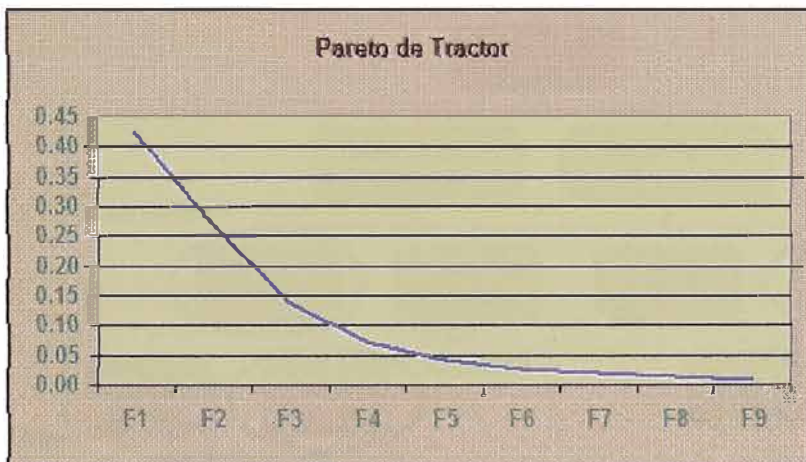
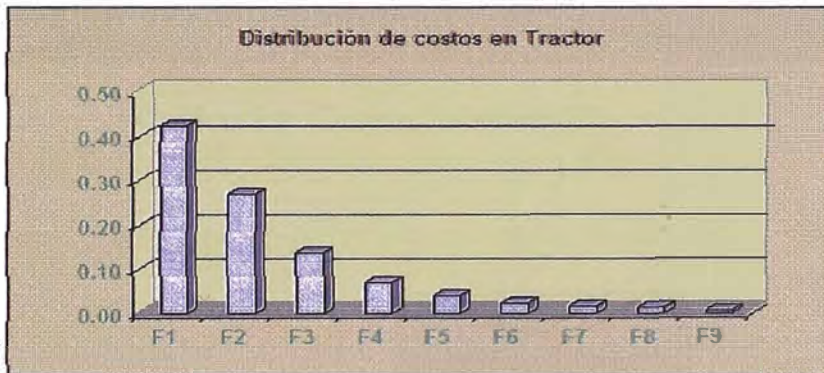


Grafico 5.8 Curva de Pareto Tractor 751



Grafico 5.9 Tractor Liebherr 751

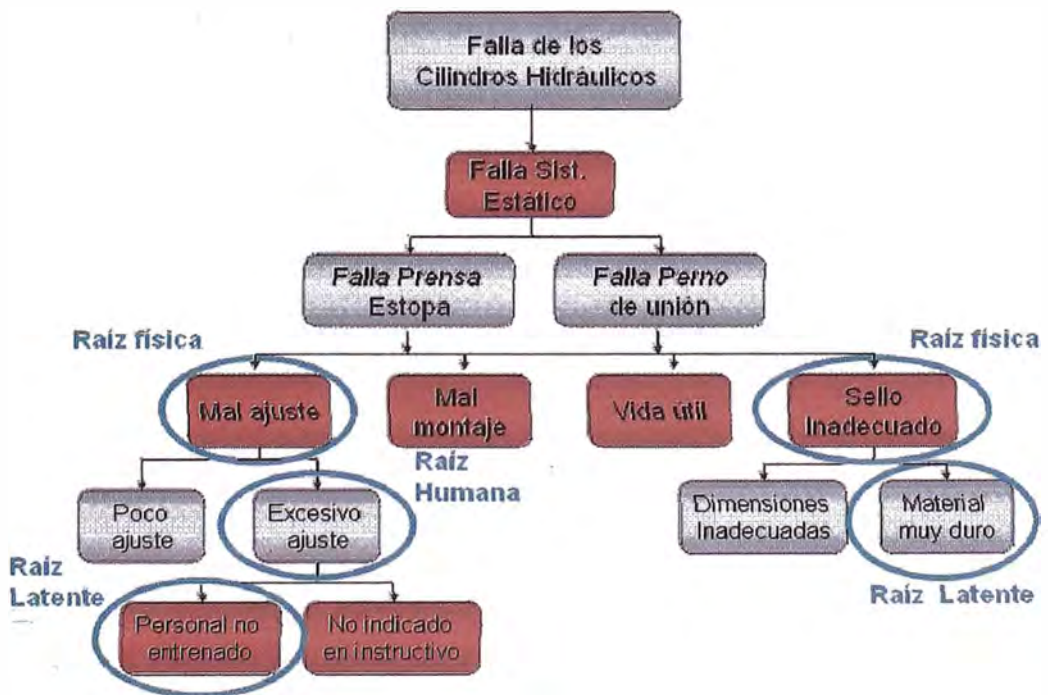


Grafico 5.10 Arbol de decisión ACR

RAICES - ACCIONES

Raíz Física	Dpto. Mntto. Mecánica
<ul style="list-style-type: none"> •Mal montaje. •Defectos en el cromado del eje. •Material inadecuado de los sellos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación instructivo de montaje. • Selección de sellos adecuados.
Raíz Humana	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar supervisión a los trabajos de montaje.
<ul style="list-style-type: none"> •Excesivo ajuste de los sellos. 	
Raíz Latente	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en el proceso de compra de sellos. • Entrenar al personal en los cuidados a tener.
<ul style="list-style-type: none"> •Falta de entrenamiento en personal nuevo. •Falta de control de calidad en sellos comprados. 	

Grafico 5.11 Análisis de Causa Raíz ACR

Caso de taller de neumáticos para volquetes

Las llantas de los volquetes constantemente están dando problemas en todas las labores de carguío y acarreo de materiales, por eso hemos analizado esta situación tan importante para los costos y la productividad del proyecto. Las flotas generalmente cumplen programas ajustados de plazos y rendimientos, hemos considerado en este caso la herramienta denominada curva de Pareto (ver grafico 5.12) y el diagrama árbol que nos ayudo a determinar la causa raíz del problema y nos esta permitiendo controlar los costos (Ver figura 5.13).

Mostramos los resultados de este caso

		Horas perdidas	% de pérdida	% de acumulado
1	Cambio de llantas / Rotación	230	0.23	0.23
2	Demora por sopló	271	0.27	0.50
3	Inspecciones de presión	160	0.16	0.66
4	Inspecciones operativas	150	0.15	0.82
5	Demora por espera de operador	56	0.06	0.87
6	Demora por corte o reventón	45	0.05	0.92
7	Transporte al taller	25	0.03	0.94
8	Inspecciones por proveedores	15	0.02	0.96
9	Inspecciones mecánicas de cocada	10	0.01	0.97
9	Transporte del taller a obra	18	0.02	0.99
10	Demora en lavaderos	12	0.01	1.00
		992	1	

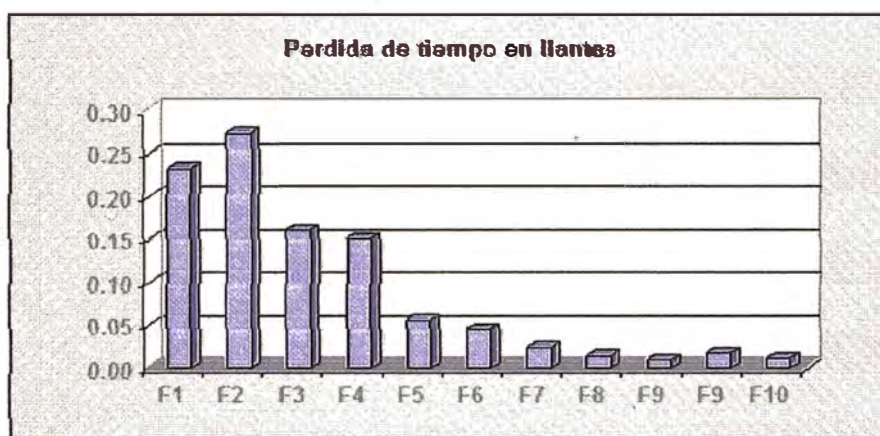


Grafico 5.12 Pareto de llantas

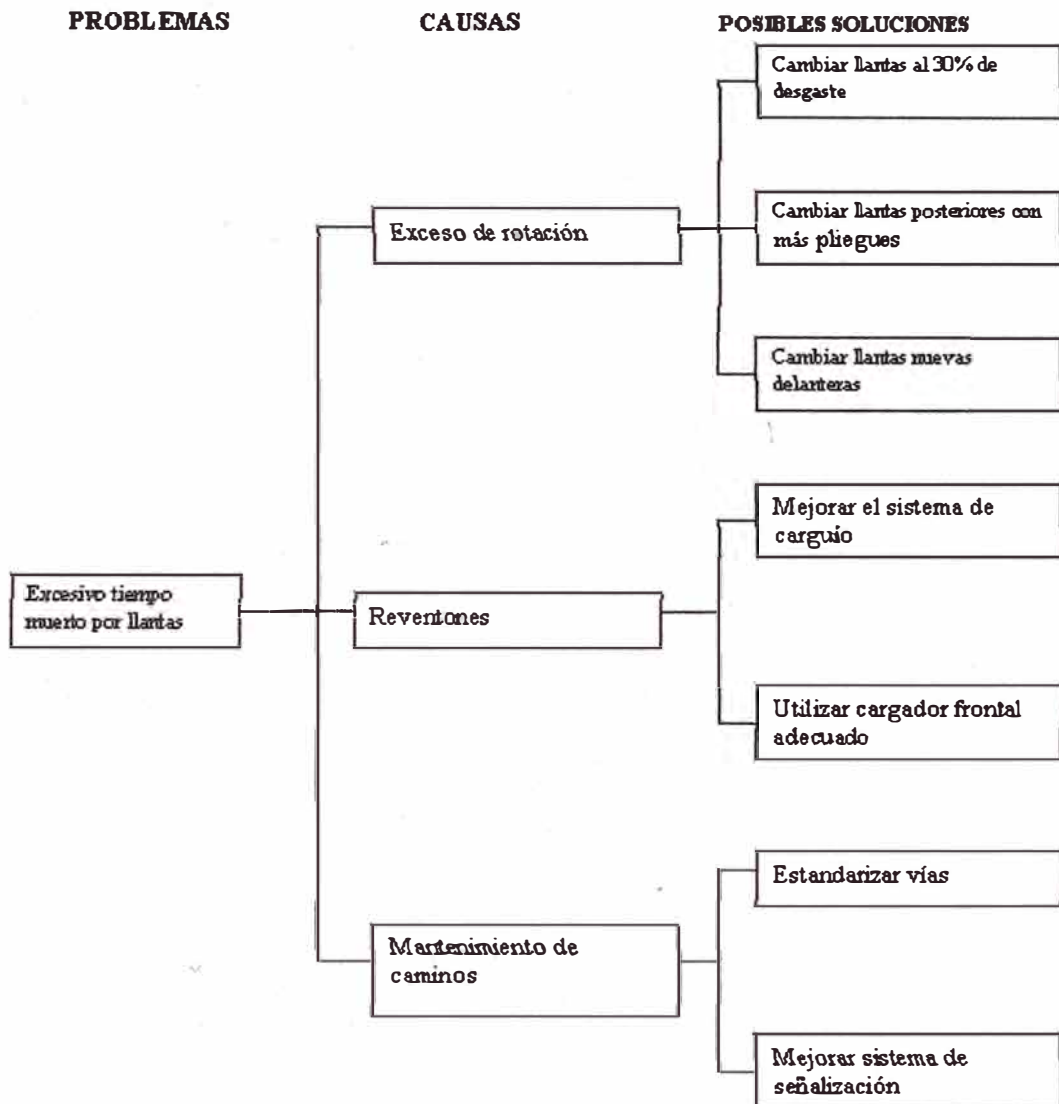


Grafico 5.13 Arbol de decisión caso de llantas

5.5 MEJORA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CÁLCULO DE LA OEE EN AREAS DE PRODUCCIÓN

Las canteras y plantas de chancado de materiales son los lugares donde existe gran concentración de maquinas y personas ya que en ellos se acumula y procesa los materiales para los proyectos de movimientos de tierras, hemos

escogido una chancadora (ver grafico 5.15) para analizarla y determinar su criticidad y implementar acciones de mejora, utilizando la herramientas de calidad denominadas diagrama de Ishikawa o espina de pescado (grafico 5.14) conjuntamente con el denominado diagrama Pareto (grafico 5.16). Hemos utilizado los fundamentos del TPM en la metodología del cálculo de la OEE (Efectividad Global de los Equipos) y hemos obtenido un resultado que esta siendo monitoreado constantemente para poder elevar su valor.

Las empresas excelentes trabajan con OEE del rango de 85 % para poder ser consideradas que están llevando un mantenimiento de Clase Mundial constantemente se coordina con personal de las áreas de producción (operaciones), logística, calidad, seguridad para que todos juntos poder realizar las acciones para maximizar este índice.

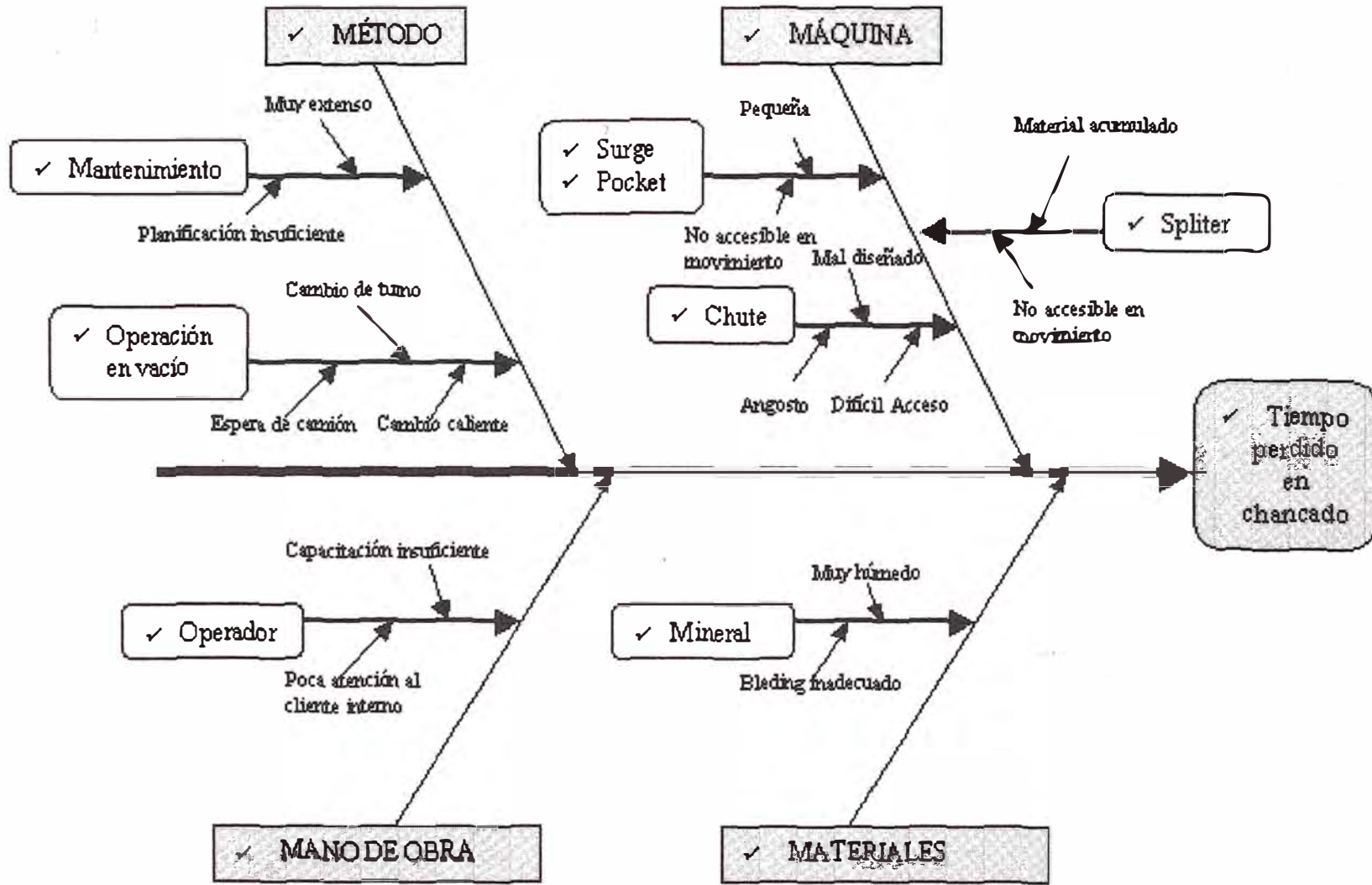




Grafico 5.15 Planta de chancado de materiales

Observamos que al aplicar los cálculos de la OEE en dos periodos espaciados tres meses ya notamos el incremento de su valor de 68.35% hasta 75.43%, esto lo podemos observar en las tablas 5.4 y 5.5 respectivamente.

El indicador de calidad lo brinda el área de control de calidad de los materiales quien determina el material que aprueba los controles de granulometría del material procesado.

ANÁLISIS DE CAUSA - RAÍZ DE PARADAS EN CHANCADORA

		Horas perdidas	% de perdida	% de acumulado
F1	Demoras en accesos	150	0.31	0.31
F2	obstrucción en secundaria	125	0.26	0.57
F3	relevo de personal	40	0.08	0.65
F4	obstrucción en primaria	40	0.08	0.73
F5	Limpieza varias	35	0.07	0.80
F6	PM	35	0.07	0.87
F7	obstrucción en Zaranda	25	0.05	0.92
F8	Limpieza de plataforma	20	0.04	0.97
F9	Otros	18	0.04	1.00
		488	1	

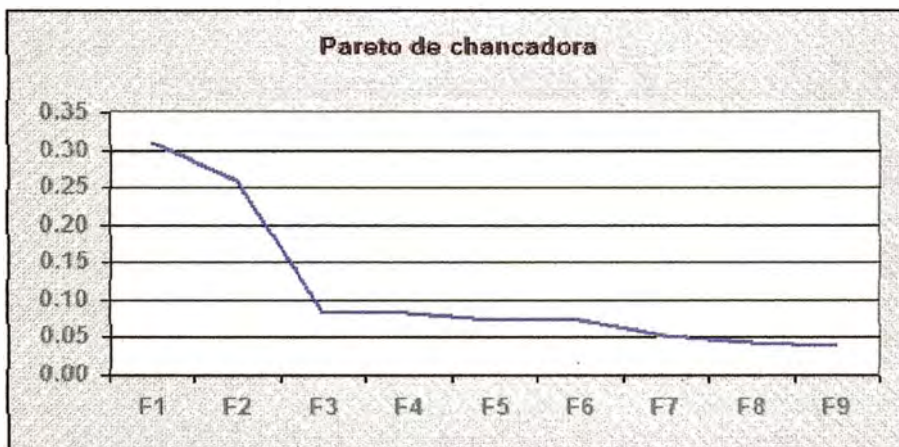


Grafico 5.16 Pareto de Chancadora

**EFFECTIVIDAD GLOBAL DE UNA CANCADORA DE AGREGADOS
OSBORNE 250**

especificación Técnica	Valores
Capacidad de Diseño	100 m ³
Tiempo Operación / día	16hr (960 min)
producción Programada	1500 m ³
Ciclo Productivo (min)	0.45

OEE

		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Capacidad de Diseño	100						
Capacidad de Operación		86	85	85	86	85	86
Tiempo de Operación	960						
Tiempos Perdidos		40	45	48	42	43	40
Tiempos Bajos		95	96	94	93	97	92
producción Programada	1500						
Reproceso		15	10	20	17	23	21
Rechazada		35	25	20	25	15	25
Producción Obtenida		1450	1465	1460	1458	1462	1454

		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Prom. Sem
Disponibilidad		0.86	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86
Eficiencia		0.82	0.82	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82
Calidad		0.97	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97

OEE (MES 1...)	$D \times E \times C = 0.684$
----------------	-------------------------------

D	E	C	OEE
86%	82%	97%	68.35%

Tabla 5.4 OEE EN EL PRIMER PERIODO DE MONITOREO

EFFECTIVIDAD GLOBAL DE UNA CHANCADORA DE AGREGADOS OSBORNE 250							
especificación Técnica	Valores						
Capacidad de Diseño	100 m ³						
Tiempo Operación / día	16hr (960 min)						
Producción Programada	1500 m ³						
Ciclo Productivo (min)	0.5						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Capacidad de Diseño	100						
Capacidad de Operación		88	87	87	88	88	88
Tiempo de Operación	960						
Tiempos Perdidos		30	35	38	32	33	30
Tiempos Bajos		85	86	84	83	87	82
Producción Programada	1500						
Reproceso		20	15	25	22	28	26
Rechazada		40	30	25	30	20	30
Producción Obtenida		1440	1455	1450	1448	1452	1444
							Prom. Sem
Disponibilidad		0.88	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88
Eficiencia		0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88
Calidad		0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96
							0.97
OEE (MES 2 ^{da}) D x E x C = 0.75							
		D	E	C	OEE		
		88%	89%	97%	75.43%		

Tabla 5.5 OEE EN EL SEGUNDO PERIODO DE MONITOREO

Para los cálculos hemos considerado los siguientes datos:

- **Tiempo de operación** de la planta de chancado de 960 minutos porque es a doble turno diario de 8 horas por turno
- **Tiempos perdidos**, son los que ocasionan las fallas mecánicas del equipo
- **Tiempos bajos**, son los que se utilizan para la calibración y puesta en marcha

La planta de chancado de agregados trabaja interrelacionada con equipos de carguío en cantera (tractores, excavadoras y cargadores frontales) asimismo con equipos de transporte o acarreo (volquetes) y finalmente con equipos de descarga y manipulación (chancadora propiamente dicha) ósea el cálculo de la OEE en este equipo nos brinda la oportunidad de medir el rendimiento efectivo de la producción y el funcionamiento de un conjunto de máquinas que tienen como producto final la producción del agregado para trabajos de construcción de carreteras

5.6 MEJORA EN LA APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES DE PERFORMANCE (KPI)

Los KPI son los indicadores clave de desempeño que deben medirse y evaluarse regularmente, observando su tendencia. Los más utilizados en mantenimiento de equipos pesados son la disponibilidad mecánica, el factor de utilización, el MTBS, el MTTR, la hoja de vida, el factor de planta los cuales siempre se están controlando.

Adicionalmente se implementó el uso de los siguientes:

- **Precisión de servicio** se refiere a la medición de la precisión de los trabajos de mantenimiento preventivos programados de 250, 500, 1000 y 2000 horas considerando un margen de 10 % sobre la hora de realización. Se adjunta la figura 5.17 que corresponde a la precisión de servicio en una flota de equipos.
- **Porcentaje de trabajos de mantenimiento programados** se refiere al porcentaje de los trabajos de mantenimiento si fueron programados o no, un valor entre 70 y 80 % sería recomendable.
- **Relación de mantenimiento** se refiere al cociente de las horas hombre empleadas en trabajos de mantenimiento entre las horas totales de operación de las maquinas. Las horas de la mano de obra de todas las tareas de mantenimiento, este índice nos da la eficiencia de la fuerza laboral y puede ser una herramienta para presupuestar mano de obra, un valor aceptable debe estar dentro de 0.20 y 0.30.
- **Porcentaje de servicio del almacén de repuestos** se refiere a la existencia de los repuestos solicitados para las labores de mantenimiento planificado en el almacén, esto nos indica la eficiencia de la administración de almacenes ya que con una adecuada política de renovación de consumos y planificación de stocks de protección debería mantenerse sobre el 90%.
- **MTBS después de PM** mide que tan bien hemos ejecutado los PM (trabajos de mantenimiento planificados preventivos) ya que no debería volver a taller un equipo que recién salió de trabajos de mantenimiento, en todo caso el tiempo debería ser mayor a su tiempo promedio entre fallas.

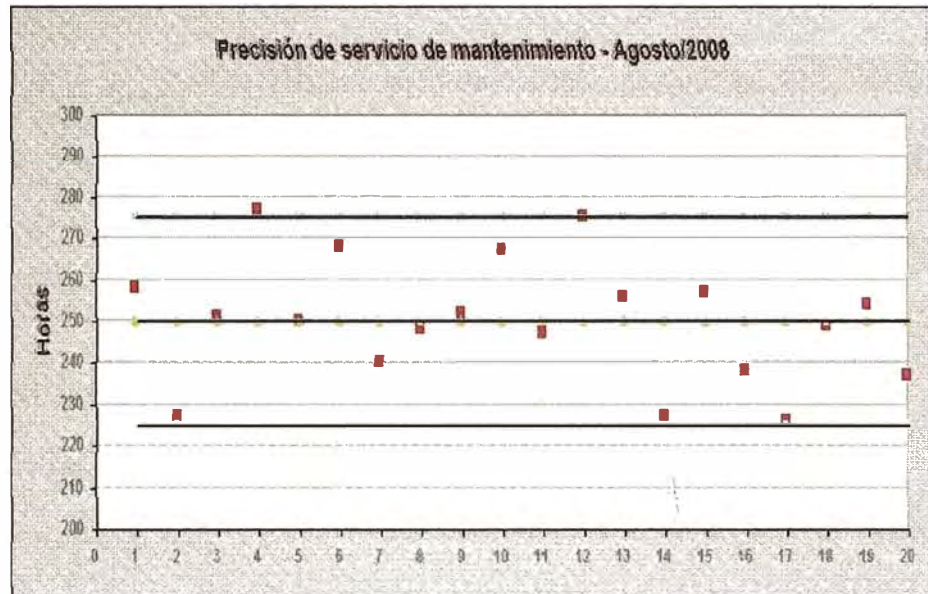


Figura 5.17 Precisión de servicios PM 250

- **Paralizaciones y numero de paralizaciones por sistema y su influencia en la disponibilidad, MTTR y MTBS** que nos permite analizar la frecuencia y la localización de los problemas así como su influencia en los KPIs mas importantes.

Se adjunta en el capitulo de resultados obtenidos la evolución de la mayoría de los indicadores de gestión del mantenimiento para la flota que trabajo en Antamina

5.7 MEJORA EN EL MONITOREO DE CONDICIONES DEL ESTADO DE LA MAQUINA

Existe en el mercado gran cantidad de tecnología que debe ser adecuadamente utilizada para poder optimizar todo el volumen de información que se puede

obtener en tiempo real. Con el apoyo del GPS y del control satelital es posible hablar ahora de gestión remota de equipos. Es posible tener datos de los equipos como por ejemplo RPM del motor, consumo de combustible, aplicación de los frenos, temperatura de los frenos (tendencias), marchas utilizadas de la transmisión, presión de los cilindros de la suspensión, modo de operación (viaje, parada, carga y descarga) reportes de producción, distancia del ciclo, velocidad media, vida de GET, vida de llantas, vida del tren de rodamientos, porcentaje de sobrecarga, etc. que son de excelente apoyo para un óptimo monitoreo del estado, aplicación y operación de la máquina y permite elegir la mejor estrategia de mantenimiento de equipos de movimiento de tierras. Adicionalmente permite conocer los eventos de la máquina, los eventos del sistema, horas de máquina parada, disponibilidad y utilización, análisis de caminos, tendencias, información acumulada, histogramas. Permite también integrar la información de los módulos de control del motor, módulo de los frenos, módulos de la transmisión y otros módulos adicionales. También nos proporciona la medición de carga, y provee información al operador del equipo sobre la correcta ubicación de la carga. Estos datos contribuyen a la reducción de costos de operación ya que reduce las probabilidades de fallas catastróficas e incrementa el porcentaje de reparaciones antes de la falla, reduce los costos generales de reparación, incrementa la duración de los componentes y mejora el planeamiento del mantenimiento. Otro aspecto importante es la información de tendencias, máximos, mínimos y promedios de datos emitidos por los sensores. Para clarificar lo expuesto se adjuntan el gráfico 5.18 que muestra la información

que se puede obtener en un camión cantera y el gráfico 5.19 que nos ilustra sobre las fuentes de monitoreo que se usan para controlar el estado de los equipos. Las empresas líderes proveedoras de maquinaria del mercado también proveen estas tecnologías y brindan una serie de facilidades para la difusión de las mismas ese es el caso de Caterpillar y Komatsu.

Cosapi que cuenta también con flota Caterpillar tiene en funcionamiento un sistema denominado Product Link de Caterpillar que brinda gran cantidad de los beneficios enunciados, se adjunta un reporte de uso del producto (horas maquina ver gráfico 5.20) y un reporte sobre el uso de combustible (ver gráfico 5.21) como parte de los informes disponibles para su utilización. Debemos mencionar que para el caso de equipos de la flota, que son de otra marca. Se cuenta con el Sistema SCME (Sistema de Control de Mantenimiento de Equipos) como software que es propio y también permite la actualización de datos en línea (vía Internet) del sistema de mantenimiento.

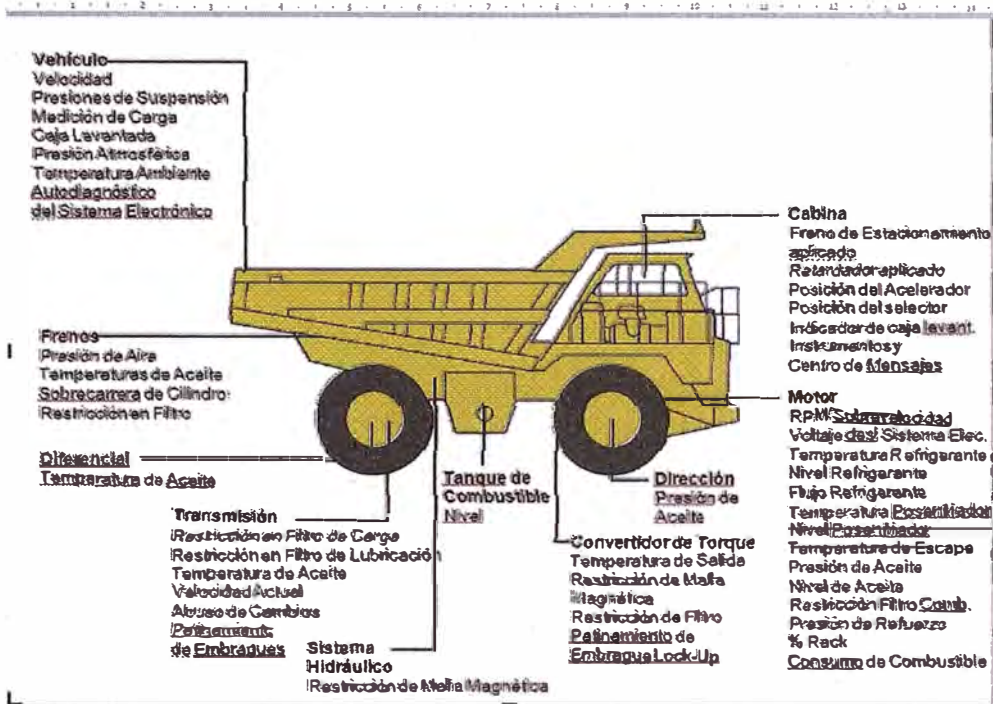


Grafico 5.18 Información para monitorear Camión cantera

Monitoree el estado de la máquina

- + Inspecciones del Operador
- + Inspecciones de Campo
- + Inspecciones en PM
- + Muestreo fluidos
- + Sistemas propios
VIMS, EPCTII,...
- + Pruebas de Rendimiento

Grafico 5.19 Recursos para monitorear equipos

Use sus recursos para **MONITOREAR**



• **Observación/ inspección en campo**

- **Sistemas en la Cabina,**
- **data del VIMS**
- **Nueva tecnología**
- **Sistema Dispatch**
- **Reportes de Produccion**
- **... otros**

SMART PRODUCTS

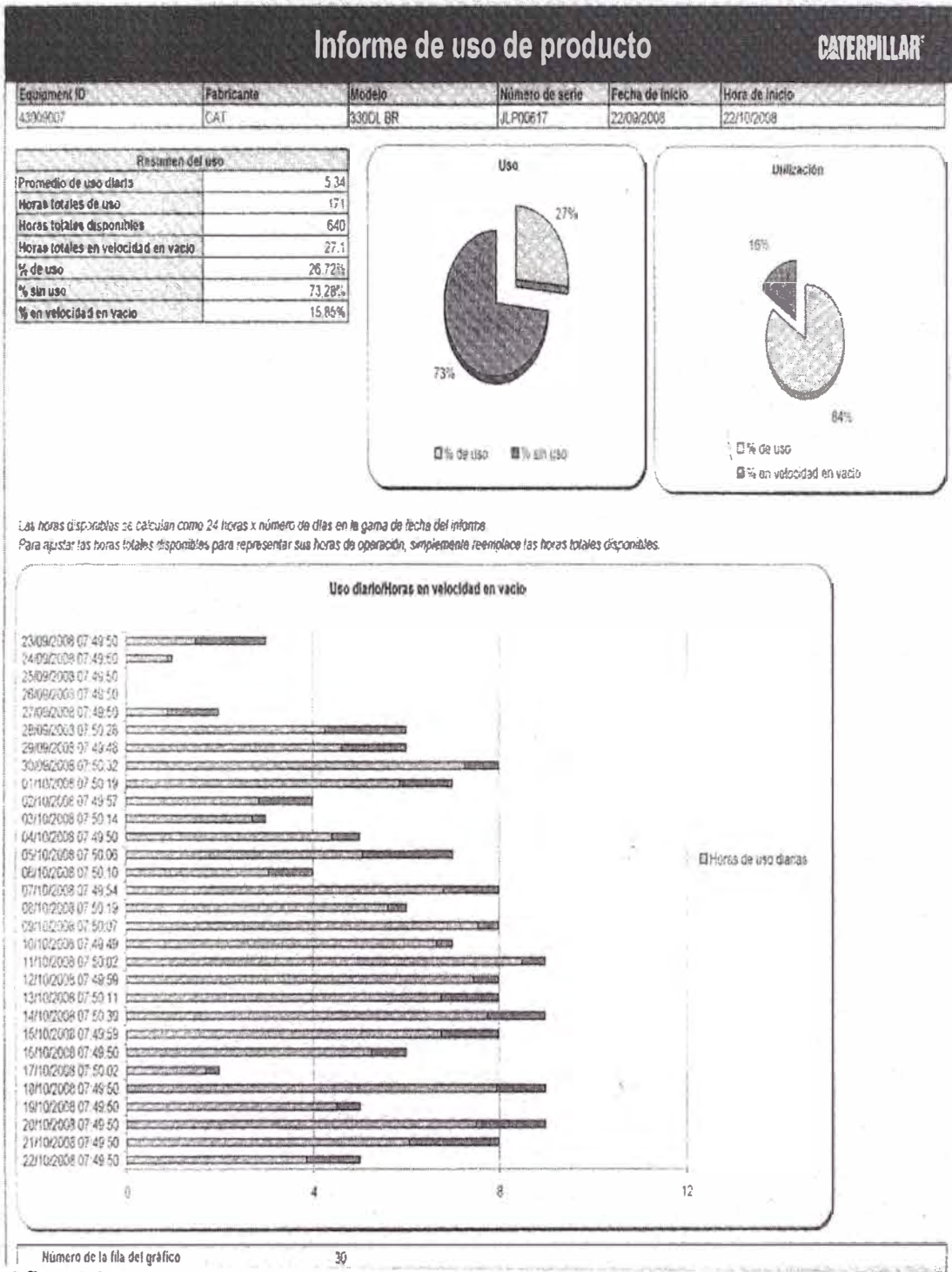


Gráfico 5.20 Uso del Producto

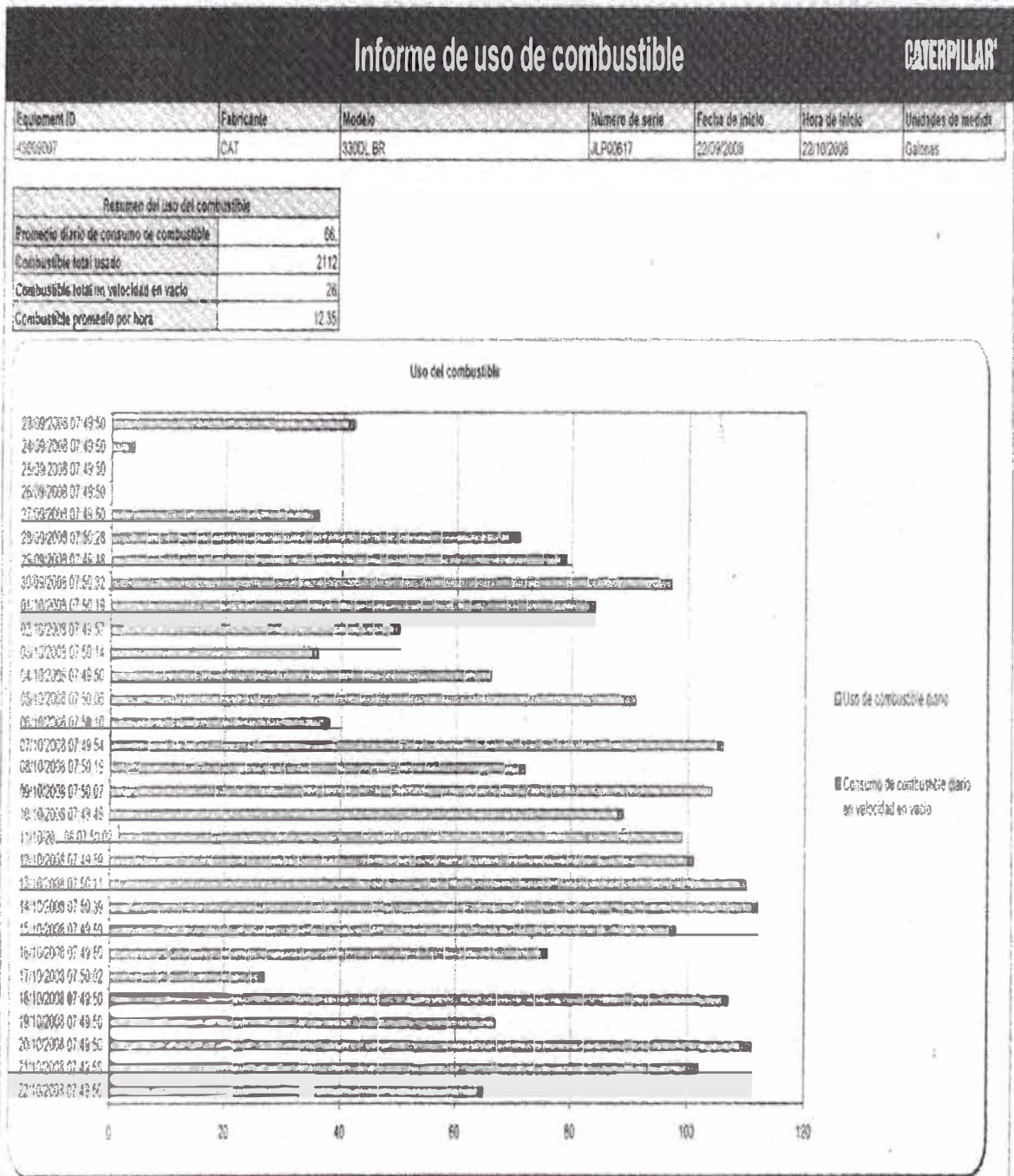


Gráfico 5.21 Informe de combustible

CAPITULO VI

RESULTADOS OBTENIDOS

El mantenimiento de equipos de movimientos de tierras es una actividad de permanente cambio y actualización, por lo tanto debemos estar atentos a todos las nuevas tecnologías para poder aplicar las mejoras correspondientes. Se observa que las grandes tendencias de mejora se orientan básicamente a las mejoras en los sistemas de gestión, el control de la contaminación y el monitoreo de las condiciones de operación. Realmente toda la organización debe estar involucrada para encontrar soluciones a los grandes problemas de operación y mantenimiento para ello debemos tener en cuenta que es necesario contar con buenos registros para poder generar informes efectivos. Se debe optimizar esfuerzos para que la empresa logre una mayor confiabilidad de los equipos en el rango superior de lo correspondiente al sector en el que se desempeña de manera sostenida a lo largo del tiempo, ejecutando programas que se basan en información precisa, oportuna y completa, utilizando toda la sinergia que se pueda convocar en la organización. Tener siempre presente que una adecuada gestión del mantenimiento es primordial para que La organización alcance sus metas y objetivos trazados. Tener en cuenta que la eficacia y la eficiencia de todos los

procesos del área de mantenimiento de equipos en movimientos de tierras deben conducirnos a los resultados deseados en maximizar la calidad y minimizar el costo, el riesgo y el tiempo del mantenimiento.

Como resultado de la aplicación progresiva de las mejoras expuestas podemos mostrar los resultados más importantes comparando una flota de equipos del año 2008 que se encuentra trabajando en Antamina con la flota de equipos que trabajo en el contrato de Yanacocha (2000-2002) que se tomo como. Línea Base cuyos resultados se adjuntan en la tabla 6.1.

ANALISIS DE RENDIMIENTOS DE LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO		
	FLOTA A	FLOTA B
	YANACOCHA	ANTAMINA
	2000-2002	2008
DISPONIBILIDAD		
MECANICA	85.97	92.2
MTBS	71.62	80.22
MTTR	14.12	6.79
FACTOR		
UTILIZACION	62.95	64.21
FACTOR		
PLANTA	54.12	59.2

Tabla 6.1 Comparación de rendimientos de las dos flotas

6.1 ROI DE LAS MEJORAS APLICADAS

El retorno de la inversión para las mejoras que se han ido aplicando se ven resumidas en la mejora, entre otros índices de gestión, de la disponibilidad me

canica de la flota, la cual con valor mayor en 6.23 % aplicado sobre una valorización de horas de maquina de \$1,200,000 nos refleja utilidad de \$ 74,760 dólares en un periodo es 5 meses de este año .Aparte de los resultados anteriores tenemos los beneficios potenciales de la mayor producción como movimientos de tierras lo que nos da un margen a adicional de \$ 187,000 dólares. La inversión que se realizo se orienta básicamente en las capacitaciones de los operadores de los equipos que tuvieron que aprobar el proceso de certificación de operación por los fabricantes de maquinaria, pero la mayoría de las mejoras que se orientan en el aspecto cualitativo de la de cultura organizacional y que van enmarcados dentro de los procedimientos integrados de calidad, seguridad y medio ambiente ya están presupuestados en todos los proyectos como inherentes al desarrollo del mismo.

Referente a las mejoras en el monitoreo de condiciones son parte de la nueva tecnología que nos proveen los fabricantes de maquinaria como parte de los equipos.

6.2 EVOLUCION DE LOS INDICADORES DE GESTION

A Continuación mostramos como han ido evolucionados los índices mas importantes del manejo de flotas de equipo para el caso de la flota de Antamina como son la disponibilidad mecánica, el factor de utilización, el factor de planta, el MTBS y el MTTR (Ver tabla 6.2).

También separadamente mostramos los siguientes gráficos

- Disponibilidad mecánica (grafico 6.1)

- Factor de utilización (grafico 6.2)
- Factor de planta (grafico 6.3)
- Factor MTBS (grafico 6.4)
- Factor MTTR (grafico 6.5)

Adicionalmente mostramos las siguientes tablas

- Índices de disponibilidad de equipos (Tabla 6.3)
- Factores de gestión de mantenimiento (Tabla 6.4)

También mostramos para el caso de la flota de volquetes Scania (parte de la flota general) tablas y gráficos donde se puede analizar la frecuencia y localización de los principales problemas distribuidos por sistemas y su influencia en la disponibilidad mecánica, en el MTTR y en el MTBS correspondientes a los meses de Junio, Julio, Agosto, septiembre y Octubre en el siguiente detalle

- Mes de Junio Tabla 6.5 gráficos 6.6 ,6.7 y 6.8
- Mes de Julio Tabla 6.6 gráficos 6.9 ,6.10 y 6.11
- Mes de agosto tabla 6.7 gráficos 6.12, 6.13 y 6.14
- Mes de septiembre Tabla 6.8 gráficos 6.15, 6.16 y 6.17
- Mes de octubre Tabla 6.9 gráficos 6.18 ,6.19 y 6.20

Como sustento adicional en el apéndice O se muestran la información de estos índices de disponibilidad y factores de gestión.

**FACTORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO / INDICES DE
DISPONIBILIDAD
FLOTA ANTAMINA**

Indice Mes	Disponibilidad	Utilización	Factor Planta	MTEBS	METR
Junio	95.89	83.42	79.99	116.99	5.02
Julio	92.42	72.72	67.21	77.08	6.32
Agosto	94.99	71.20	67.64	77.79	4.1
Septiembre	89.89	62.63	56.30	65.95	7.41
Octubre	89.94	45.96	41.34	92.71	10.37

Tabla 6.2 Factores de gestión e índices de disponibilidad

Flota ANTAMINA



Grafico 6.1 Disponibilidad Mecánica



INDICES DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

PAG. 1

DESDE MES: 06/2008 HASTA: 10/2008

FECHA: 19/11/2008

CR: 28778 CAMPAMENTO PERMAN. YANACAS: Todas las clases de equipos
 Todas las compañías
 Solo equipos activos

CLASE	REALES	HORAS		PORCENTAJES		
		STAND BY	TALLER	DISPON. MECANICA	UTILIZACION	FACTOR PLANTA
20007 TORRE DE ILUMINACION 4KW	4,431.40	1,214.60	83.00	98.55	78.49	77.35
20010 GRUPO ELECTROGENO 11 KW	1,170.70	1,007.00	19.00	99.14	53.76	53.29
43007 CARG FRONT LBE L551B,CAT 966F	1,785.00	922.00	251.00	91.51	65.94	60.34
43009 EXCAVADORA CAT 330B 222 HP 1.4	2,661.00	1,577.00	606.00	87.49	62.79	54.93
43010 EXCAVADORA LBE R954,CAT 345BL	1,315.00	738.00	316.00	86.66	64.05	55.51
43015 TRACTOR CAT D6D, D6G 150 HP	1,859.00	1,635.00	288.00	92.38	53.21	49.15
43016 TRACTOR 200 HP	1,492.00	1,421.00	137.00	95.51	51.22	48.92
43018 TRACTOR CAT D8R 305 HP 11.7 M3	1,696.00	1,188.00	709.00	80.27	58.81	47.20
43019 TRACTOR LBE PR-751 330 HP 5.0	742.00	1,029.00	605.00	74.54	41.90	31.23
43025 MOTONIVELADORA CAT 14G 200-230	676.50	1,015.00	107.00	94.05	39.99	37.61
43051 MINE CARCARGADOR CAT 73HP C/MA	495.00	365.00	40.00	95.56	57.56	55.00
51024 CAMION MB LAK/LAX 141842	1,097.00	304.00	37.00	97.43	78.30	76.29
52035 CAMION VOLQUETE VOL NL-12 395	20,942.00	9,749.00	2,128.00	93.52	68.23	63.81
52038 CAMION VOLQUETE MB 2638AK 15	887.00	832.00	112.00	93.88	51.60	48.44
	41,249.60	22,996.60	5,438.00	92.20	64.21	59.20

Tabla 6.3 Índices de disponibilidad - Antamina



FACTORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

PAG. 1

DESDE MES: 06/2008

HASTA: 10/2008

FECHA: 19/11/2008

CR: 28778 CAMPAMENTO PERMAN. YANACAN
 Todas las compañías
 Todas las clases de equipos

CLASE	HORAS			VECES TALLER	FACTORES		
	REALES	STAND BY	TALLER		MTBS	MTTR	TR
20007 TORRE DE ILUMINACION 4KW	4,431.40	1,214.60	83.00	24	235.25	3.46	0.02
20010 GRUPO ELECTROGENO 11 KW	1,170.70	1,007.00	19.00	4	544.43	4.75	0.02
43007 CARU FRONT LBE 1.55 (B.CAT 966F	1,785.00	922.00	251.00	39	69.41	6.44	0.14
43009 EXCAVADORA CAT 330B 222 HP 1.4	2,661.00	1,577.00	606.00	50	84.76	12.12	0.23
43010 EXCAVADORA LBE R954.CAT 345BL	1,315.00	738.00	316.00	34	60.38	9.29	0.24
43015 TRACTOR CAT D6D, D6G 150 HP	1,859.00	1,635.00	288.00	42	83.19	6.86	0.15
43016 TRACTOR 200 HP	1,492.00	1,421.00	137.00	28	104.04	4.89	0.09
43018 TRACTOR CAT D8R 305 HP 11.7 M3	1,696.00	1,188.00	709.00	45	64.09	15.76	0.42
43019 TRACTOR LBE PR-751 330 HP 5.0	742.00	1,029.00	605.00	34	52.09	17.79	0.82
43025 MOTONIVELADORA CAT 14G 200-250	676.50	1,015.00	107.00	8	211.44	13.38	0.16
43051 MINI CARGADOR CAT 73HP C/MA	495.00	365.00	40.00	9	95.56	4.44	0.08
51024 CAMION MB LAKA AX 1418/42	1,097.00	304.00	37.00	15	93.40	2.47	0.03
52035 CAMION VOLQUETE VOL NL-12.395	20,942.00	9,749.00	2,128.00	452	67.90	4.71	0.10
52038 CAMION VOLQUETE MB 2638AK 15	887.00	842.00	112.00	17	101.71	6.59	0.13
	41,249.60	23,006.60	5,438.00	801	80.22	6.79	0.13

Tabla 6.4 Factores de gestión - Antamina

Flota ANTAMINA

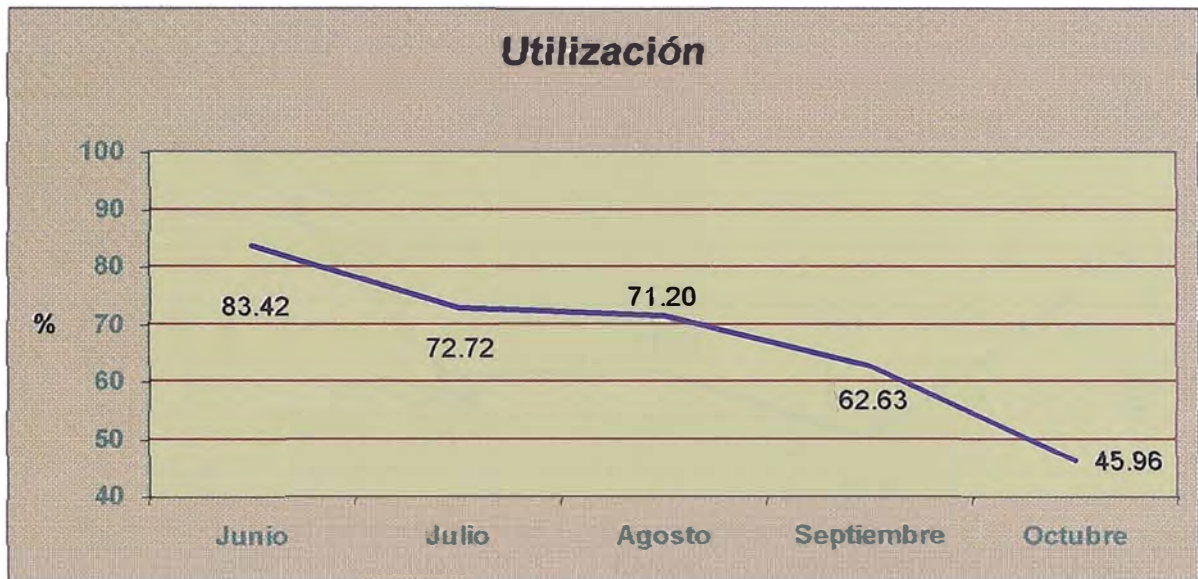


Grafico 6.2 Factor de utilización

Flota ANTAMINA

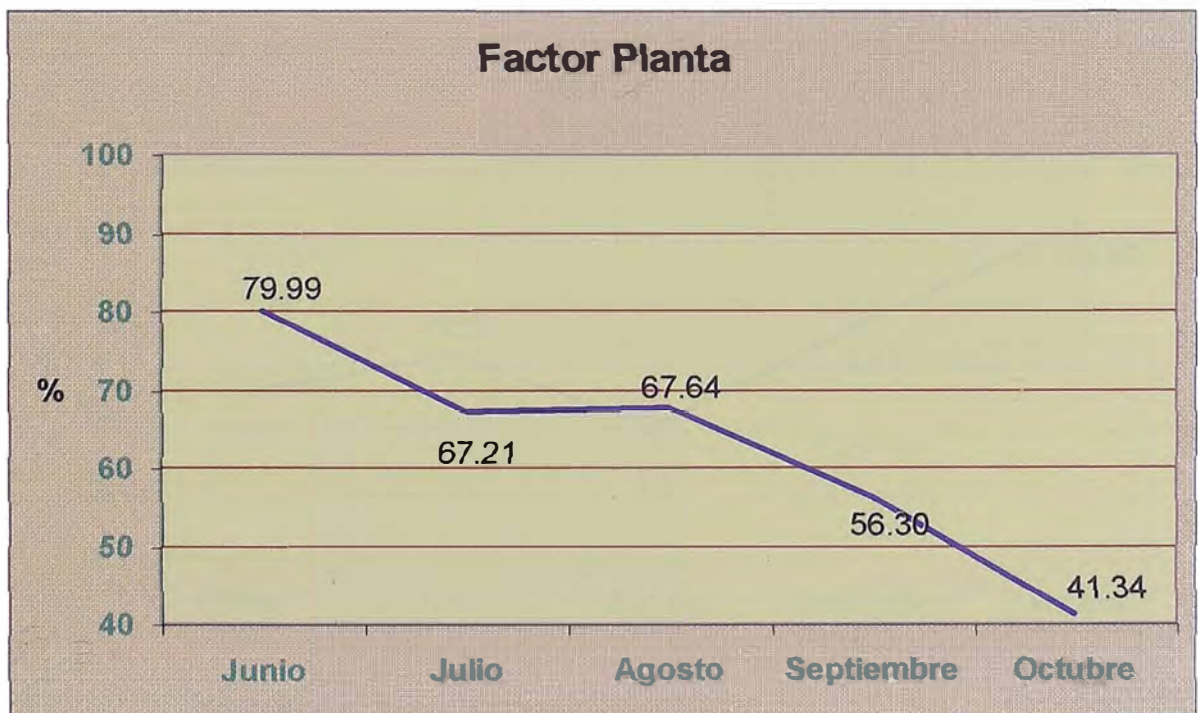


Grafico 6.3 Factor de planta

Flota ANTAMINA

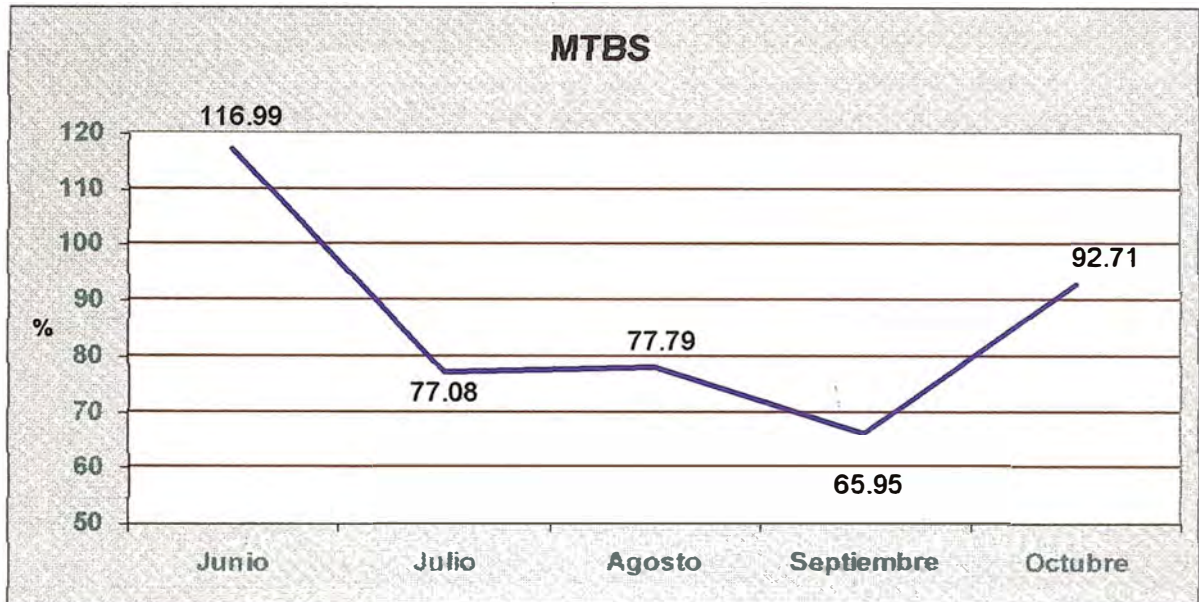


Grafico 6.4 Factor MTBS

Flota ANTAMINA

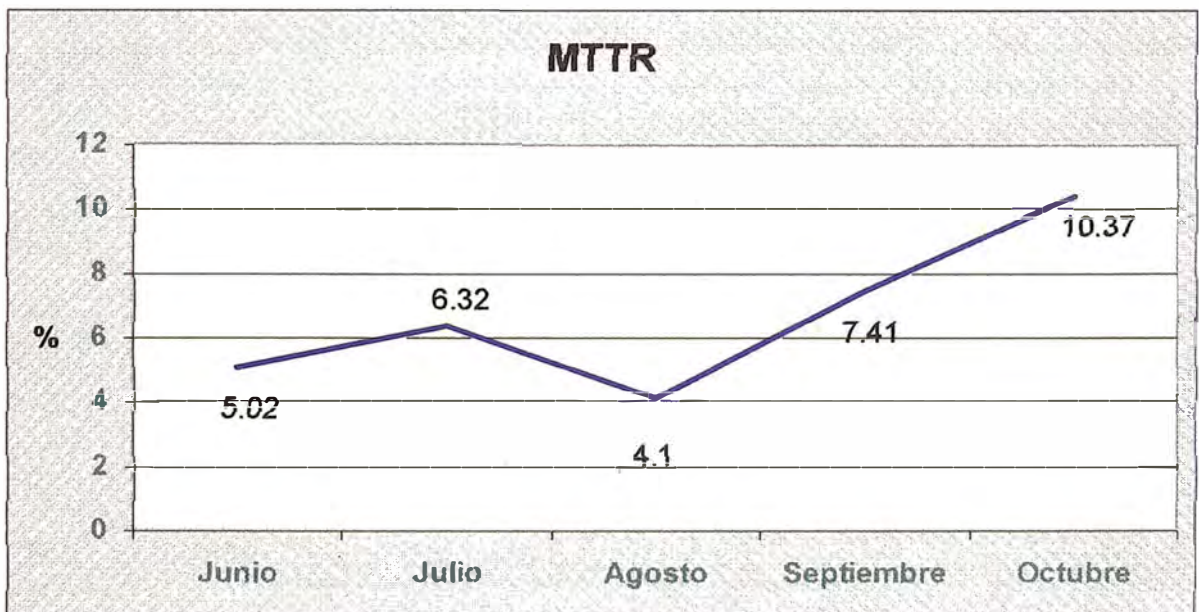


Grafico 6.5 Facot MTTR

INDICADORES GENERALES DE DESEMPEÑO / FLOTA SCANIA P - 360 / JUNIO-2008

COLOR	SISTEMA	PARADAS	MTTR	MTBS	% MTTR	% MTBS	% PARALIZACION
	LLANTAS	58.0	1.3	41.8	7.4	79	56.81
	PM	9.0	4.3	269.1	25.4	12	30.35
	CABINA	2.0	2.5	1211.0	14.6	3	3.89
	SUSPENSION	1.0	6.0	2422.0	35.1	1	4.67
	SISTEMA ELECTRICO	1.0	0.5	2422.0	2.9	1	0.39
	TRANSMISION	2.0	2.5	1211.0	14.6	3	3.89

Tabla 6.5 Indices de gestión -Junio

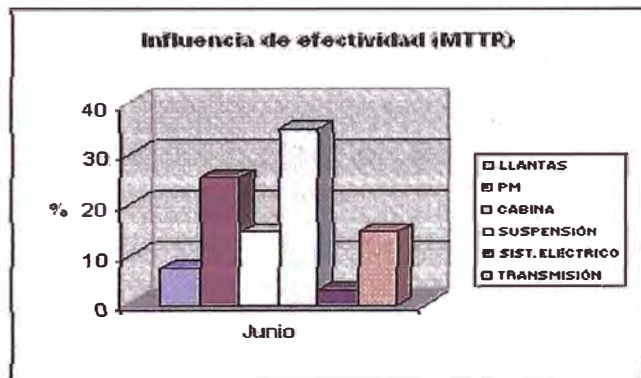
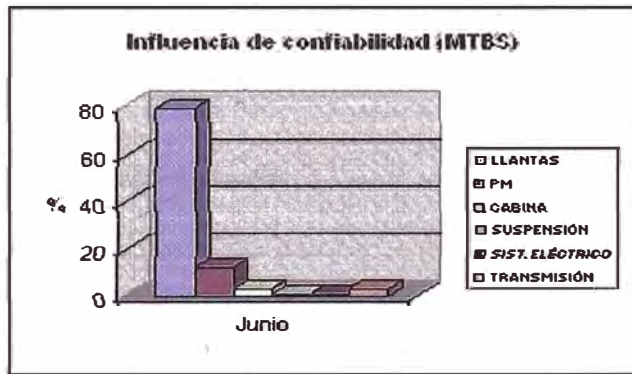
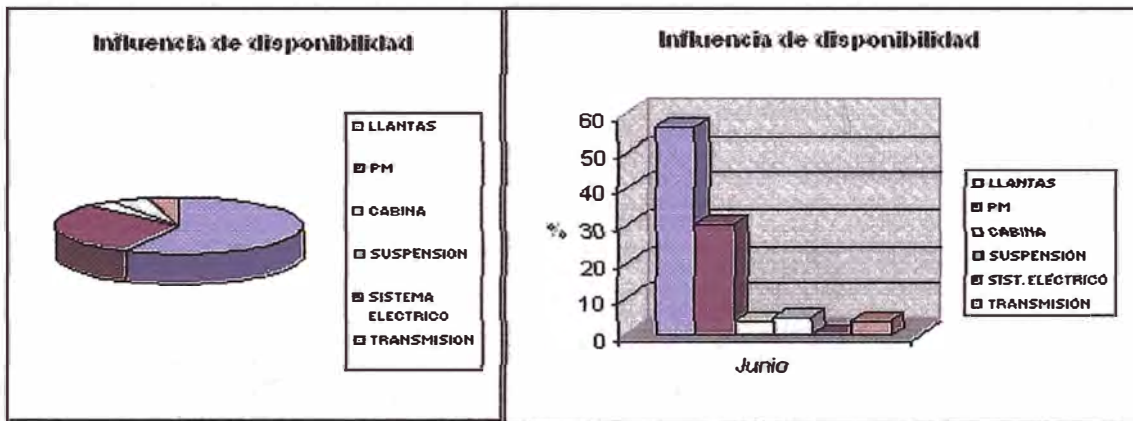


Grafico 6.8 Influencia en MTTR Junio

INDICADORES GENERALES DE DESEMPEÑO / FLOTA SCANIA P - 360 / JULIO 2008

COLOR	SISTEMA	PARADAS	MTTR	MTBS	% MTTR	% MTBS	% PARALIZACION
	LLANTAS	66.0	1.26	41.7	4.4	63	39.90
	PM	19.0	4.74	144.8	16.6	18	43.27
	DIRECCION	1.0	2.00	2752.0	7.0	1	0.96
	MOTOR	4.0	1.75	688.0	6.1	4	3.37
	CABINA	2.0	1.00	1376.0	3.5	2	0.96
	FRENOS	3.0	0.83	917.3	2.9	3	1.20
	SISTEMA INYECCION	2.0	2.50	1376.0	8.7	2	2.40
	SISTEMA ELECTRICO	5.0	0.50	550.4	1.7	5	1.20
	TRANSMISION	1.0	4.00	2752.0	14.0	1	1.92
	EMBRAGUE	1.0	10.00	2752.0	35.0	1	4.81

Tabla 6.6 Indices de gestión - Julio

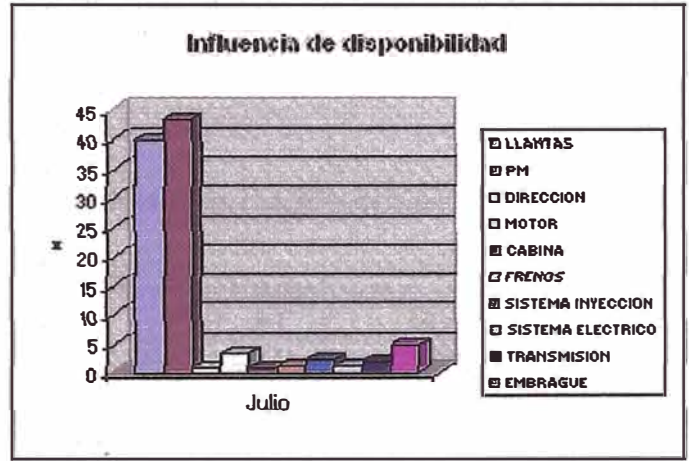


Gráfico 6.9 influencia en disponibilidad Julio

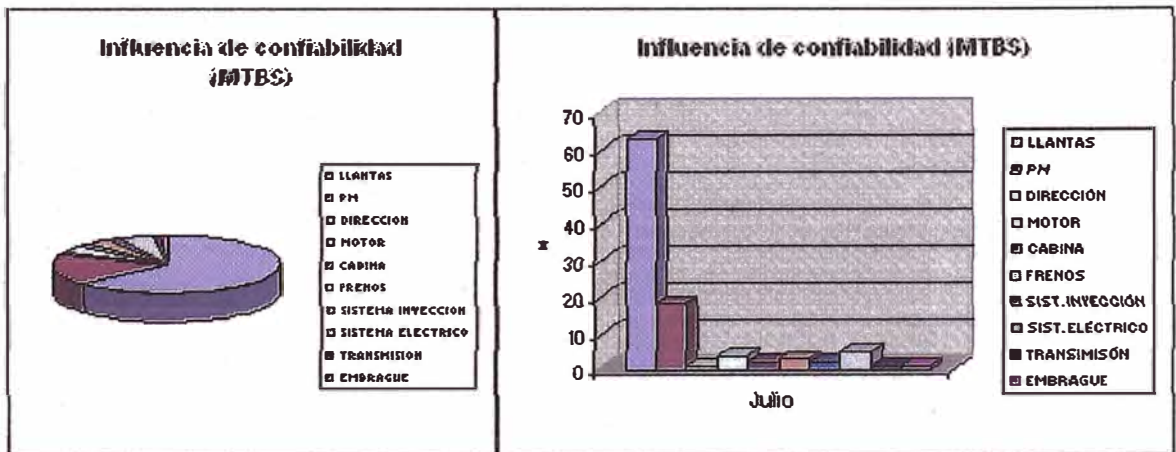


Gráfico 6.10 Influencia en Confiabilidad - Julio

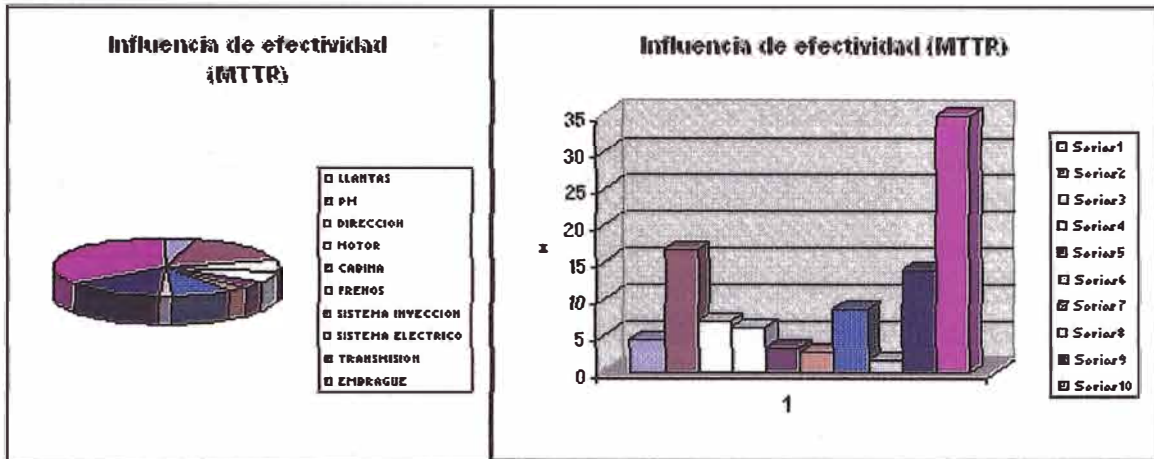


Grafico 6.11 Influencia en MTTR Julio

INDICADORES GENERALES DE DESEMPEÑO / FLOTA SCANIA P - 360 / AGOSTO-2008

COLOR	SISTEMA	PARADAS	MTTR	MTBS	% MTTR	% MTBS	% PARALIZACION
	LLANTAS	164.0	1.3	41.7	9.6	82	60.29
	PM	25.0	5.0	273.5	38.3	13	36.47
	DIRECCION	1.0	1.0	6837.0	7.7	1.0	0.29
	MOTOR	2.0	0.5	3418.5	3.9	1.0	0.29
	CABINA	2.0	0.8	3418.5	5.8	1.0	0.44
	SISTEMA INYECCION	2.0	2.0	3418.5	15.4	1.0	0.18
	SUSPENSION	1.0	2.0	6837.0	15.4	1.0	0.59
	SISTEMA ELECTRICO	3.0	0.5	2279.0	3.9	2.0	0.44

Tabla 6.7 Indices de gestión - Agosto

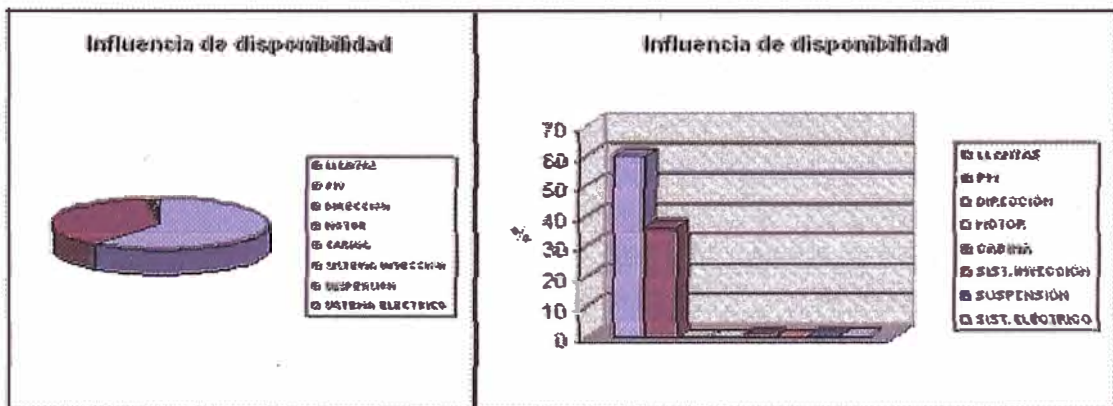


Grafico 6.12 Influencia en confiabilidad Agosto

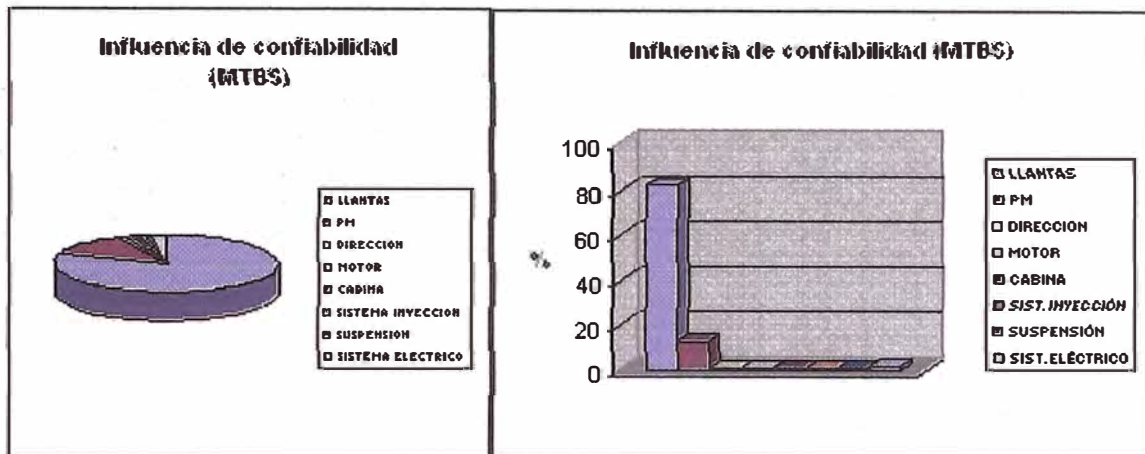


Gráfico 6.13 Influencia en MTBS – Agosto

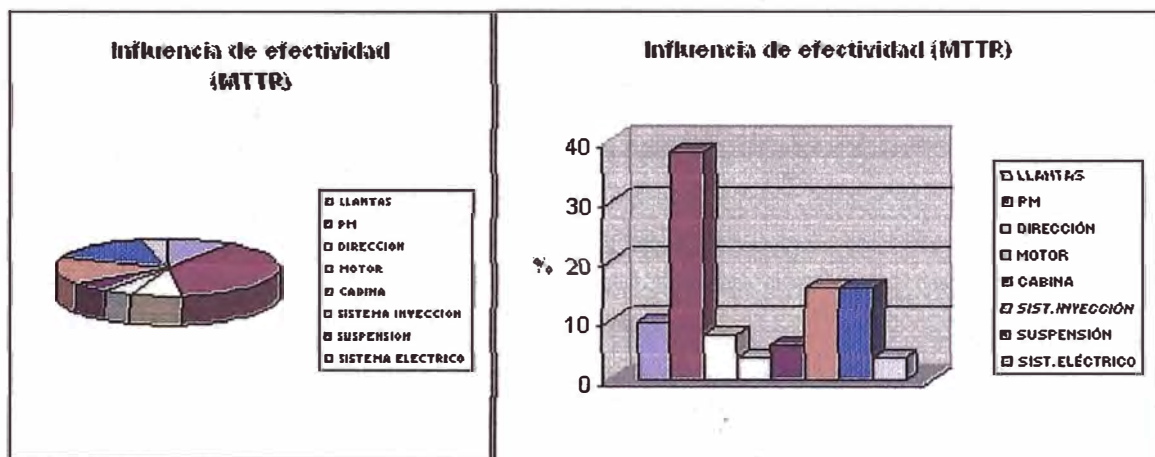


Gráfico 6.14 Influencia en MTTR - Agosto

INDICADORES GENERALES DE DESEMPEÑO / FLOTA SCANIA P - 360 / SEPTIEMBRE 2008

COLOR	SISTEMA	PARADAS	MTTR	MTBS	% MTTR	% MTBS	% PARALIZACION
	LLANTAS	127	1.25	42	4.7	73	50.08
	PM	24	5.25	221	19.6	14	39.69
	DIRECCION	1	2.00	5294	7.5	1	0.63
	MOTOR	3	1.17	1765	4.4	2	1.10
	CABINA	1	0.50	5294	1.9	1	0.16
	FRENOS	1	0.50	5294	1.9	1	0.16
	SISTEMA INYECCION	2	2.50	2647	9.3	1	1.57
	SUSPENSION	1	6.00	5294	22.4	1	1.89
	SISTEMA ELECTRICO	13	0.62	407	2.3	7	2.52
	EMBRAGUE	1	7.00	5294	26.1	1	2.50

Tabla 6.8 Índice de gestión - Setiembre

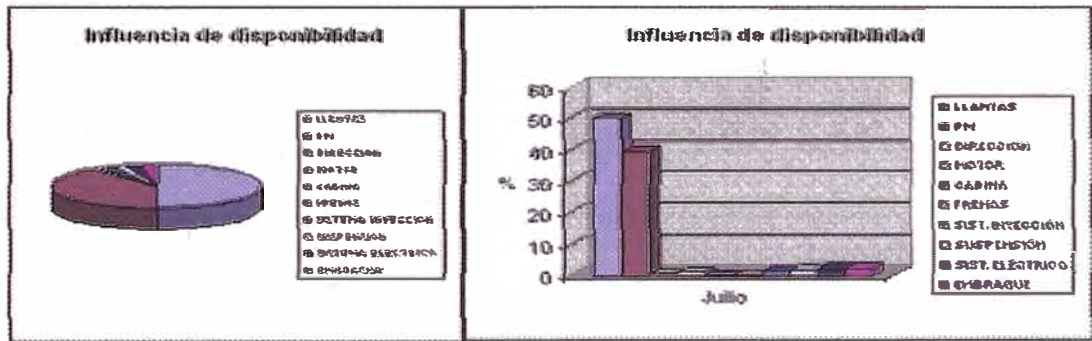


Gráfico 6.15 Influencia en disponibilidad - Setiembre

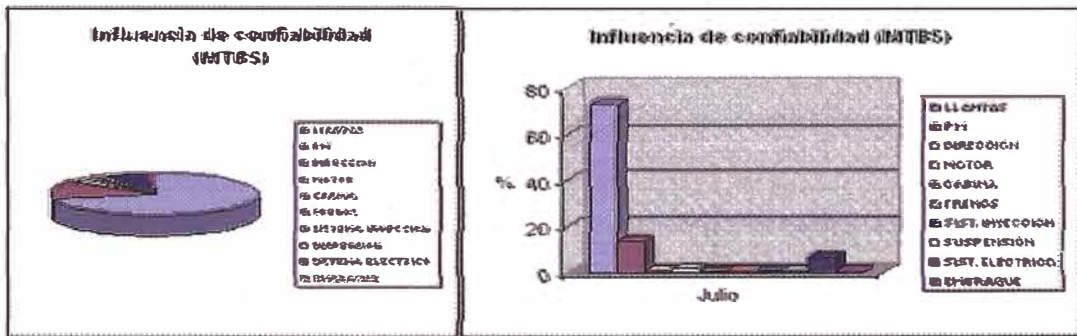


Gráfico 6.16 Influencia en MTBS - Setiembre

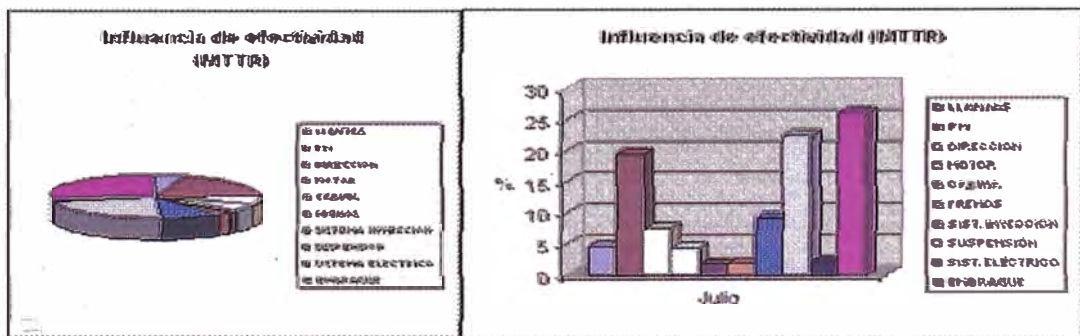


Gráfico 6.17 Influencia en MTTR - Setiembre

INDICADORES GENERALES DE DESEMPEÑO / FLOTA SCANIA P - 300 / OCTUBRE-2000

COLOR	SISTEMA	PARADAS	MTTR	MTBS	% MTTR	% MTBS	% PARALIZACION
	LLANTAS	87	1.25	42	4.3	64.00	42.08
	PM	13	5.54	280	19.0	10.00	27.80
	TOLVA	1	0.50	3637	1.7	1.00	0.19
	DIRECCION	9	2.39	404	8.2	7.00	8.30
	MOTOR	4	2.13	909	7.3	3.00	3.28
	CABINA	2	0.75	1819	2.6	1.00	0.58
	FRENOS	1	1.00	3637	3.4	1.00	0.39
	SISTEMA INYECCION	2	0.75	1819	2.6	1.00	0.58
	SUSPENSION	2	4.00	1819	13.80	1.00	3.09
	AROS	1	2.00	3637	6.90	1.00	0.77
	SISTEMA ELECTRICO	7	1.36	520	4.70	5.00	3.67
	TRANSMISION	4	1.75	909	6.00	3.00	2.70
	EMBRAGUE	3	5.67	1212	19.50	2.00	6.56

Tabla 6.9 Índice de gestión - Octubre

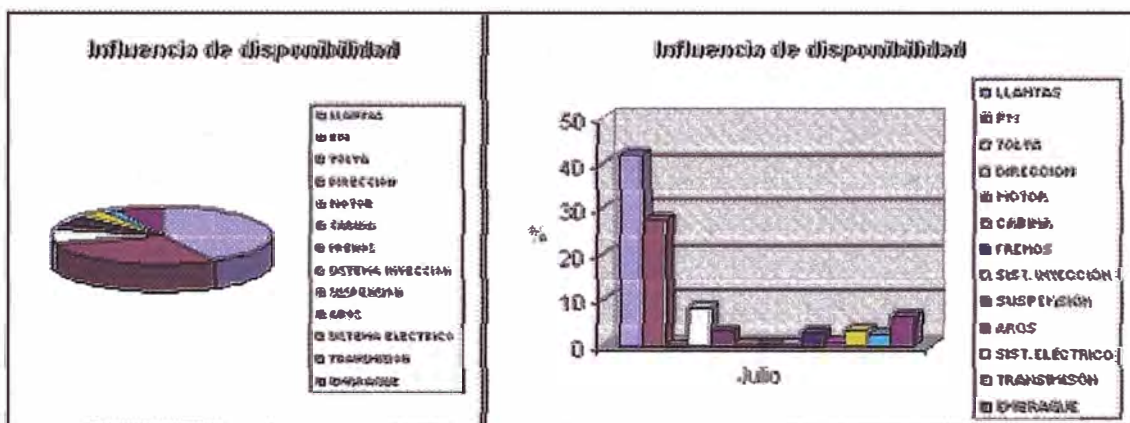


Gráfico 6.18 Influencia de disponibilidad - Octubre

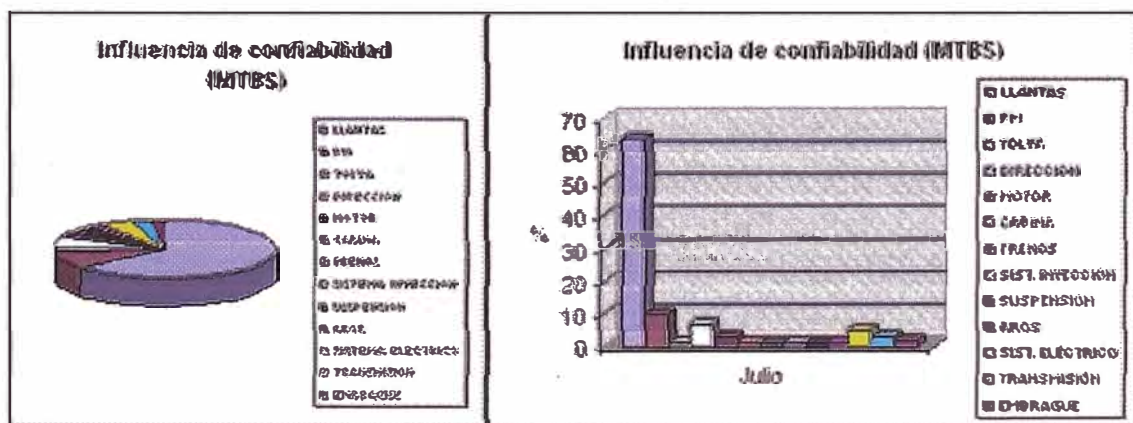


Gráfico 6.19 Influencia en MTBS - Octubre

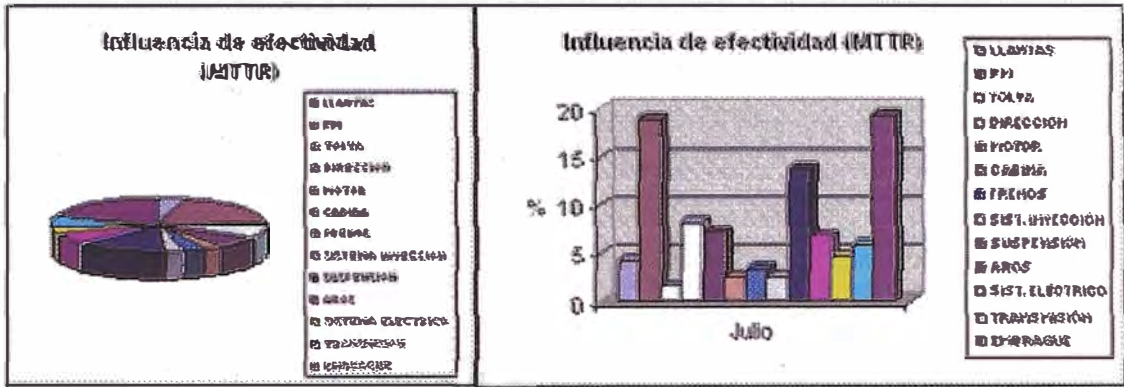


Gráfico 6.20 Influencia en MTTR - Octubre

CONCLUSIONES

Podemos mencionar las siguientes

Hemos verificado que la aplicación de las mejoras, según las últimas tendencias nos han elevado la disponibilidad mecánica y por ende la confiabilidad (MTBS) lo cual repercute positivamente en la productividad del negocio de movimiento de tierras, según la comparación de las dos flotas que se han analizado.

Los conceptos de calidad total y de la mejora continua aplicados a los procesos de mantenimiento optimizan la eficacia y eficiencia de los mismos lo que redundará en la productividad del negocio de movimiento de tierras.

La contaminación silenciosa de los fluidos de los equipos es responsable de un elevado porcentaje de las fallas y debe estar siempre controlándose utilizando los servicios del muestreo atómico de aceites

El empoderamiento y sentido de pertenencia de los operadores de maquina con sus equipos es base fundamental para lograr elevar la productividad de los equipos (mantenimiento autónomo)

La aplicación de los conceptos de MCC influye en la optimización de vida económica de los activos generando un crecimiento sostenido conservando los activos de las empresas que se dedican al negocio de movimiento de tierras.

Los procedimientos de seguridad y cuidados medioambientales mejoran la gestión del mantenimiento generando el justo equilibrio entre la confiabilidad y el costo. El mantenimiento de excelencia debe tener características de pro actividad y participación de tal manera que pueda adaptarse a los cambios de la aplicación de los equipos.

RECOMENDACIONES

Tener muy en cuenta las ideas y opiniones del personal de mantenimiento y operadores de equipos para seleccionar las mejoras de los procesos del área de mantenimiento ya que son una fuente muy importante, es importante mantener un adecuado clima laboral que es la mejor garantía para una elevada confiabilidad y productividad del personal de mantenimiento

Es indispensable contar con la participación y compromiso de la gerencia para el éxito de la aplicación de las nuevas estrategias de mantenimiento de equipos.

Se debe buscar siempre la coordinación entre el área de operaciones y el área de mantenimiento para optimizar el tiempo de parada por mantenimiento (arte del mantenimiento) que beneficia la productividad.

Es importante analizar bien el contexto operacional o entorno operativo que nos guiara a la correcta selección del equipo con el diseño para la aplicación específica que nos indicara la estrategia más adecuada para el mantenimiento.

Utilizar siempre un punto de partida (línea base) para analizar el resultado de las mejoras aplicadas, de tal manera de generar informes de calidad para la gerencia.

Es importante alinearse con las tendencias del ciclo de mantenimiento denominado Clase Mundial utilizando toda la sinergia que se pueda convocar en la organización y el apoyo de una constante auditoria de los procesos de mantenimiento, monitoreándonos con los parámetros referenciales de desempeño (indicadores y mejores prácticas).