

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
TOTAL PRODUCTIVO (TPM) EN EL GRUPO DE TRABAJO  
AMAZONICO Y LEVANTAMIENTO DE LA BASE DE DATOS  
PARA EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO API/PRO  
(VERSION 5.0) EN EL CEMAT - CEE”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**PATRICIO XAVIER CASTELLANOS TORRES**

**MARCELO DAVID HURTADO ARGÜELLO**

**DIRECTOR: ING. JUAN DIAZ T.**

**CODIRECTOR: ING. MELTON TAPIA**

**Sangolquí, Octubre 2005**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM) EN EL GRUPO DE TRABAJO AMAZONICO Y LEVANTAMIENTO DE LA BASE DE DATOS PARA EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO API/PRO (VERSION 5.0) EN EL CEMAT - CEE” fue realizado en su totalidad por Patricio Xavier Castellanos Torres y Marcelo David Hurtado Argüello, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Juan Díaz T.**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Melton Tapia Z.**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, Octubre 2005**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM) EN EL GRUPO DE TRABAJO AMAZONICO Y LEVANTAMIENTO DE LA BASE DE DATOS PARA EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO API/PRO (VERSION 5.0) EN EL CEMAT - CEE”**

**ELABORADO POR:**

---

**Patricio Castellanos T.**

---

**Marcelo Hurtado A.**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

***EL DECANO***

**Sangolquí, Octubre 2005**

## DEDICATORIA

### **Marcelo Hurtado**

A mi madre por el amor y constancia ya que nunca me dejo decaer.

A mi padre por seguir estando junto a mi en estos momentos.

A mi hermano para que logre sus sueños.

A Lisette por su comprensión y apoyo

Dedicado especialmente a Agustín allá en el infinito.

### **Patricio Castellanos**

A mis padres, por el amor y apoyo brindados en todo momento.

A mis hermanos, por su ejemplo de superación constante.

A todos quienes de una u otra forma brindaron su colaboración y creyeron en mis sueños.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Marcelo Hurtado**

Mis agradecimientos van a todas las personas que directa o indirectamente apoyaron a que este trabajo se haga realidad, ya que de ellas también es este triunfo.

### **Patricio Castellanos**

A Dios, luz y guía en el difícil camino de la vida.

A mis padres y hermanos quienes siempre me tendieron la mano y confiaron en mí.

A todos quienes ayudaron desinteresadamente con el propósito de alcanzar esta conquista.

### **Agradecimiento Conjunto**

A nuestro director de tesis el señor Ing. Juan Díaz por su valiosa ayuda.

A la Escuela Politécnica del Ejército, a su personal docente por sus invalorable enseñanzas.

A todas las personas que nos apoyaron dentro del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, así como en el Grupo de Trabajo Amazónico.

*Muchas gracias*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>II</b>
<b>LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTADO DE TABLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTADO DE CUADROS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTADO DE GRAFICOS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTADO DE IMÁGENES.....</b>	<b>XII</b>
<b>NOMENCLATURA .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTADO DE ANEXOS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>19</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>19</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	19
1.1.1 Orientación del TPM (Total Productive Maintenance).....	21
1.1.2 Importancia del TPM.....	23
1.1.3 Conceptos .....	23
1.1.4 Elementos del TPM.....	24
1.2 ANTECEDENTES.....	25
1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	27
1.1.2 Definición del Problema.....	29
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	29
1.4.1 Ventajas y desventajas del TPM .....	31
1.5 OBJETIVOS .....	32
1.5.1 Objetivo General.....	32
1.5.2 Objetivos específicos.....	32
1.6 ALCANCE.....	33
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>34</b>
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>34</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL CEMAT – CEE Y GTA – CEE.....	34
2.1.1 DESCRIPCION DEL CEE, CEMAT Y GTA.....	34
2.1.2 DESCRIPCION DEL GTA-CEE.....	37
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES DEL GTA-CEE.....	39
2.3 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL GTA-CEE.....	45
2.3.1 PRODUCCION GTA .....	45
2.3.2 MANTENIMIENTO GTA. ....	49
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>56</b>
<b>ESTUDIO DEL TPM .....</b>	<b>56</b>
3.1 FILOSOFÍA DEL TPM.....	56
3.1.1 Objetivos del TPM .....	57
3.1.2 Características del TPM.....	58
3.1.3 Plan de información y capacitación de la filosofía del TPM.....	58
3.2 APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN EL TPM .....	60
3.2.1 Herramientas Estadísticas.....	60
3.2.2 Herramientas administrativas.....	65
3.3 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	70
3.3.1 Previsión.....	70

3.3.2	Planeación.....	71
3.3.4	Integración.....	77
3.3.5	Dirección.....	78
3.3.6	Control.....	80
3.4	ORGANIZACIÓN DE LOS GRUPOS TPM DE TRABAJO.....	82
<b>CAPITULO 4</b>	<b>.....</b>	<b>84</b>
<b>APLICACIÓN DEL TPM-EM</b>	<b>.....</b>	<b>84</b>
4.1	DEFINICIÓN TPM-EM.....	84
4.1.1	ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN DEL GRUPO TPM.....	85
4.3	PLANIFICACIÓN DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS EN LOS EQUIPOS.....	87
4.3.1	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADECUADA.....	90
<b>CAPITULO 5</b>	<b>.....</b>	<b>92</b>
<b>APLICACIÓN DEL TPM EN LAS CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>.....</b>	<b>92</b>
5.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO MC.....	92
5.1.1	ESTANDARIZACIÓN DE PLANES DE MC.....	92
5.1.2	ELABORACIÓN DE FORMATOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS BÁSICOS.....	99
5.1.3	REPUESTOS.....	100
5.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO MP.....	102
5.2.1	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MP.....	102
5.2.2	FORMATOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS BÁSICOS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.....	105
5.2.3	ORGANIZACIÓN Y CONTROL DEL AREA DE TRABAJO (5'S).....	105
5.2.4	DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.....	109
5.3	MANTENIMIENTO PLANEADO.....	110
5.3.1	CONDICIONES AMBIENTALES Y DE TRABAJO.....	110
5.3.2	DIRECTRICES PARA EL MANTENIMIENTO PLANEADO.....	111
5.4	MANTENIMIENTO AUTONOMO.....	112
5.4.1	DIAGNOSTICO DEL PERSONAL OPERATIVO DEL GTA.....	113
5.4.2	DIRECTRICES PARA LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO.....	120
<b>CAPITULO 6</b>	<b>.....</b>	<b>122</b>
<b>SOFTWARE DE MANTENIMIENTO</b>	<b>.....</b>	<b>122</b>
6.1	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE “API/PRO” VERSIÓN 5.0.....	122
6.2	DESCRIPCIÓN DEL MODULO DE MANTENIMIENTO DEL SOFTWARE “API/PRO” VERSIÓN 5.0.....	125
6.3	MECANISMOS Y CARGA DE LA BASE DE DATOS AL MÓDULO.....	128
6.3.1	Programa de Importación en general.....	130
6.3.2	Crear una nueva importación.....	132
6.3.3	Ejecutar una Importación Preparada.....	133
6.4	CORRIDA DEL MODULO DE MANTENIMIENTO Y OBTENCION DE RESULTADOS.....	137
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>.....</b>	<b>141</b>
<b>EVALUACIÓN FINAL</b>	<b>.....</b>	<b>141</b>
7.1	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.....	141
7.1.1	PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO GTA.....	141
7.1.2	ANÁLISIS DE INDICES DE EFICIENCIA.....	148
7.2	ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO.....	150
7.2.1	Inversión fija.....	150
7.2.2	Activos Intangibles.....	150
7.2.3	Inversión Total.....	151
7.2.4	Determinación de los costos del desarrollo del TPM.....	152
7.2.5	Análisis financiero.....	154
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>.....</b>	<b>156</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>.....</b>	<b>156</b>
8.1	CONCLUSIONES.....	156

8.2	RECOMENDACIONES.....	158
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>160</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>284</b>
	DIRECCIONES ELECTRÓNICAS: .....	285



## LISTADO DE TABLAS

- 1.1: Cantidad maquinaria CEE
- 2.1: Grupos de Trabajo CEMAT-CEE
- 2.2: Análisis producción real mensual vs. Alicouta
- 2.3: Personal Mantenimiento GTA.
- 2.4: Disponibilidad de maquinaria por mes
- 3.1: Plan capacitación TPM
- 3.2: Cartas de control por variables vs. Atributos
- 4.1: matriz de análisis de valor
- 4.2: Matriz ponderada de selección
- 5.1: Planes de mantenimiento generalizados para equipo pesado.
- 5.2: Planes de mantenimiento generalizados para equipo rueda.
- 7.1 Eficiencia de mantenimiento.
- 7.2: Inversión equipos y muebles de oficina.
- 7.3 Inversión software.
- 7.4: Inversión gastos previos a la implementación.
- 7.5: Inversión total.
- 7.6: Recursos humanos.
- 7.7: Gastos administrativos.
- 7.8: Costo Supervisión.
- 7.9: Costo de desarrollo TPM.
- 7.10: Flujo de efectivo TPM.
- 7.11: Cálculo del VAN y TIR.

## **LISTADO DE CUADROS**

2.1: Maquinaria existente en el GTA

3.1: Actividades de mantenimiento.

4.1: Alternativas de solución.

5.1: Los 7 pasos del mantenimiento autónomo.

## LISTADO DE GRÁFICOS

- 1.1: Cantidad maquinaria CEE.
- 1.2: Estado de la maquinaria.
- 2.1: Áreas de acción del CEE.
- 2.2: Organigrama estructural GTA.
- 2.3: Producción real vs. Alícuota GTA.
- 2.4: Ordenes de trabajo personal mantenimiento GTA.
- 2.5: Ordenes de trabajo por día.
- 3.1: Intervalos de medición estadísticos
- 3.2: Cartas de control Compresión (psi) motor Tractor (Limites)
- 3.3: Cartas de control Compresión (psi) motor Tractor (Promedio)
- 3.4: Cartas de control Compresión (psi) motor Tractor (Dispersión)
- 3.5: Secciones de maquinaria para determinación de variables directas y estructurales
- 3.6: Ejemplo diagrama causa - efecto.
- 3.7: Proceso de comunicación
- 3.8: Organigrama estructural grupo TPM propuesto.
- 4.1: Diagrama causa – efecto 6M
- 5.1: Mantenimiento correctivo vs. Mantenimiento preventivo
- 5.2: Análisis repuestos ABC
- 5.3: Ejemplo de implementación 5´S.
- 6.1: Módulos del software APIPRO.
- 6.2: Flujo de trabajo módulo de mantenimiento.
- 6.3: Flujo orden de trabajo.
- 6.4: Vista de importación.

## **LISTADO DE IMÁGENES**

- 2.1: Taller de mantenimiento GTA.
- 3.1: Vista de código de maquinaria.
- 6.1: Pantalla principal APIPRO.
- 6.2: Módulo mantenimiento APIPRO.
- 6.3: Vista importación.
- 6.4: Datos en Notetab.
- 6.5: Editor pequeño.
- 6.6: Importación objetos de mantenimiento.
- 6.7: Árbol de objetos en APIPRO.
- 6.8: vista orden de trabajo.
- 6.9: Estadísticas graficas.
- 6.10: Estadísticas.
- 6.11: Análisis costo.

## NOMENCLATURA

EVACUADO.- Maquinaria que fue trasladada

OPR.- Maquinaria operando

RPR.- maquinaria en reparación

DISP.- Maquinaria disponible

CEMAT: Centro de Mantenimiento, abastecimiento y transporte

CEE: Cuerpo de Ingenieros del Ejercito

TR: Tractor.

TG: Tractor agrícola

CA: Cargadora

MN: Motoniveladora.

RO: Rodillo

EX: Excavadora

RX. Retroexcavadora

PT: Plataforma

JP: Jeep

CN: Camioneta.

CF: Camión furgón

CM: Camión

CQ: Camión tanquero

VQ: Volqueta

GTA: Grupo de Trabajo Amazónico

Emer: eficiencia de mantenimiento al equipo (%)

Eor: cantidad de equipo (vehículos) en operación

Err: cantidad de equipo de reserva

Emr: cantidad de equipo en mantenimiento

## LISTADO DE ANEXOS

	Pág. Ref.	Pág. Loc.
Anexo 1.1 Inventario de Maquinaria.....	26	163
Apéndice 1: Inventario Equipo Pesado		
Apéndice 2: Inventario Equipo Rueda.		
Apéndice 3: Inventario Equipo Complementario.		
Anexo 1.2 Estado de la Maquinaria.....	26	166
Anexo 1.3 Cuadro comparativo de ingresos y gastos		
Del CEMAT.....	30	168
Apéndice 1: Grafico Ingresos por mes CEMAT		
Apéndice 2: Grafico Gastos Mensuales CEMAT		
Anexo 1.4 Resumen Costos por Rubro del Grupo de		
Trabajo Amazónico.....	30	172
Anexo 2.1 Organigrama CEMAT.....	36	173
Anexo 2.2 Misión CEE.....	37	174
Anexo 2.3 Visión CEE.....	37	175
Anexo 2.4 Jefe de Proyecto.....	39	176
Anexo 2.5 Sección Técnica.....	39	178
Anexo 2.6 Sección Administrativa.....	40	184
Anexo 2.7 Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y		
Medio Ambiente.....	40	195
Anexo 2.8 Planificación Mensual Campo - Lago.....	46	196
Apéndice 1: Planificación Mensual Campo-Lago		
Anexo 2.9 Planificación Semanal Campo Lago.....	46	198
Anexo 2.10 Producción Mes de Junio 2005 Lago.....	47	199
Anexo 2.11 Esquema distribución layout área de		
Mantenimiento GTA Planta Baja.....	51	200
Apéndice 1; Esquema distribución layout área de		
Mantenimiento GTA Planta Baja		
Apéndice 2; Fotografías del área de mantenimiento		
Anexo 2.12 Formato orden de trabajo Mantenimiento GTA.....	51	206
Anexo 2.13 Reporte diario de Trabajo mantenimiento GTA.....	52	207
Anexo 3.1 Planes Analíticos.....	59	214
Anexo 3.2 Variables directas y estructurales.....	64	225

Anexo 3.3 Código de Maquinaria.....	74	227
Anexo 3.4 Código de Repuestos.....	75	229
Anexo 5.1 Procedimiento Mantenimiento Correctivo.....	99	231
Anexo 5.2 Acciones de Mantenimiento Correctivo.....	100	232
Anexo 5.3 Egresos de Repuestos Junio y Julio.....	10	233
Apéndice 1: Compra de Repuestos Junio y Julio		
Apéndice 2; Stock Mínimo y Máximo de Repuestos		
Anexo 5.4 Planes de Mantenimiento Preventivo.....	104	245
Anexo 5.5 Checklist Cumplimiento de procedimientos de Mantenimiento preventivo equipo pesado.....	105	255
Apéndice 1: Checklist Cumplimiento de procedimientos de Mantenimiento preventivo equipo pesado		
Anexo 5.6ª Formato Ficha Técnica de Maquinaria E.P.....	109	266
Anexo 5.6b Formato Ficha Técnica de Maquinaria E.R.....	109	267
Anexo 5.7 Registro de Evaluación del Nivel de Educación.....	111	268
Anexo 5.8 Registro de Evaluación Personal Técnico.....	115	269
Anexo 5.9 Registro de Evaluación Metodología de Trabajo.....	115	270
Anexo 5.10 Formato de Revisión de Partes y Piezas según Condiciones Ambientales.....	115	
Anexo 6.1 Levantamiento de la base de datos.....	136	271
Anexo 7.1 Ejemplo Formato Ficha Técnica.....	143	272
Anexo 7.2 Formato de Descripción de Fallas en la Maquinaria.....	143	273
Anexo 7.3 Formato de Análisis de Fallas de la Maquinaria.....	143	274
Anexo 7.4 Formato Posibles Soluciones de Fallas.....	143	275
Anexo 7.5 Flujo Estandarización de Mantenimiento Correctivo.....	146	276
Anexo 7.6 Formato de Reporte Diario de Trabajo de Mantenimiento GTA.....	146	277
Anexo 7.7 Ejemplo de Estandarización de Acciones de Mantenimiento Correctivo.....	146	278
Anexo 7.8 Cronograma Anual de Actividades de Mantenimiento.....	148	279

## RESUMEN

El Grupo de Trabajo Amazónico GTA es una unidad operativa del CEE está ubicado en la ciudad de Nueva Loja y fue creado con el propósito de brindar apoyo logístico, abastecimiento, mantenimiento y servicio de transporte a los diferentes frentes de trabajo que se encargan de la construcción y el mantenimiento de las vías que dirigen a los pozos de explotación de petróleo con los que se mantiene un contrato, el objetivo general de este proyecto, estará encaminado a la realización del plan maestro de implementación del TPM en GTA; Dicho plan o método será puesto a consideración por la Jefatura del GTA para su implementación y obtención de resultados de acuerdo a las sugerencias y recomendaciones del plan. Además se realizará el levantamiento de la base de datos para ser cargada en el software de mantenimiento API/PRO V5 en el CEMAT-CEE.

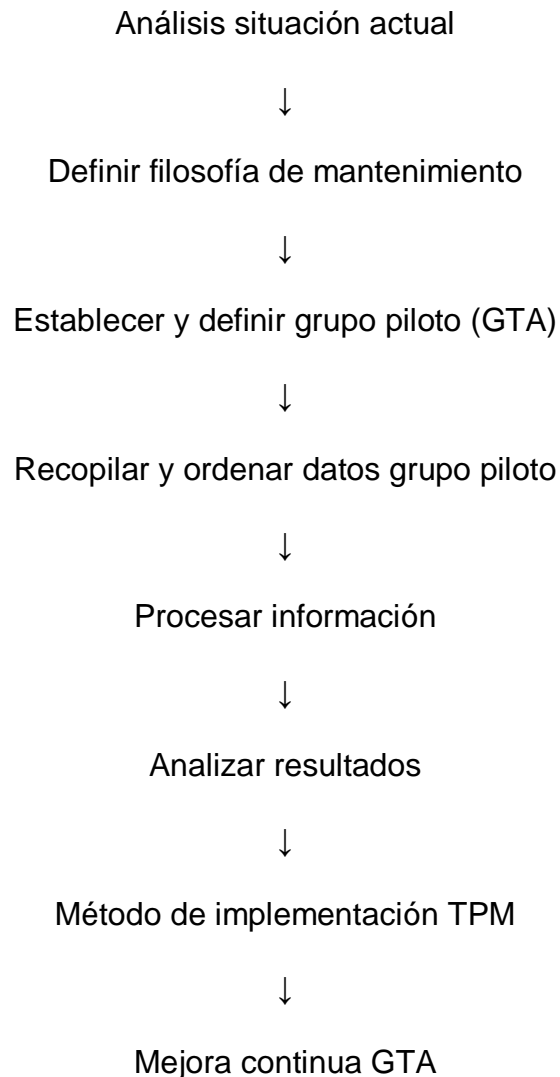
Por esta razón se ha planteado los siguientes objetivos específicos.

- Caracterizar la empresa y establecer la situación actual del Grupo de Trabajo Amazónico y la del CEMAT.
- Detallar los procedimientos y el personal que se encuentra a cargo del G.T.A y CEMAT - CEE para establecer prioridades y metodología en la planificación de la implantación del TPM.
- Establecer directrices para mejorar la organización y el control del mantenimiento en el G.T.A.
- Mejorar los planes de mantenimiento preventivo y correctivo bajo un enfoque de Mantenimiento Planeado.
- Estandarizar procedimientos correspondientes al mantenimiento preventivo y correctivo.
- Corrida del programa y obtención de resultados del software API/PRO V5 con la base de datos cargada y actualizada.
- Realizar un análisis y evaluación técnico - económico del Plan de implementación del TPM en el Grupo de Trabajo Amazónico en su periodo de transición.



El GTA requiere desarrollar un método de implementación del TPM que permita mejorar los procesos, el presente diagrama indica la metodología a seguir:

### **Método Implementación Gestión Mantenimiento**



La falta de eficiencia en los procedimientos y procesos de mantenimiento en el Grupo de Trabajo Amazónico así como la fiabilidad de la maquinaria, conlleva al aumento de los tiempos muertos reduciendo la disponibilidad de la maquinaria incrementando los costos de las acciones de mantenimiento.

Es por ello que una de las principales actividades del estudio de la implementación del TPM en el Grupo de Trabajo Amazónico, fue el de indagar y determinar las debilidades y omisiones en los procesos administrativos y operativos de mantenimiento tales como la falta de un sistema mantenimiento,

desorganización en la administración de repuestos, una programación automatizada del mantenimiento preventivo, etc.

Luego de haber realizado el estudio se plantea una alternativa de solución la cuál es el método de implementación del TPM en el GTA este método ayudará al Grupo TPM para la administración de recursos como el uso de registros y formatos, mejora continua, tipos de mantenimiento, capacitaciones, repuestos, planes de mantenimiento, etc.

Si la implementación es un éxito, hay que tomar en cuenta que hay que mantener a la maquinaria en los niveles máximos requeridos de mantenimiento y disponibilidad, además se necesitará de la participación del personal de todas las áreas del GTA.

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

La función del mantenimiento ha sido históricamente considerada como un servicio que genera gastos innecesarios en los negocios. Sin embargo, nuevas tecnologías y tendencias innovadoras están colocándola a la ingeniería del mantenimiento como una parte integral de la utilidad total en la industria. Las modernas tecnologías de mantenimiento y su aplicación práctica tienen el potencial para incrementar en forma significativa las ventajas competitivas en el mercado global.

Cual elementos finamente integrados en un conjunto de una maquinaria trabajan: Producción, Seguridad Industrial, Ingeniería de Producción, Ingeniería de Mantenimiento, Control de Calidad y otras áreas de la organización deben trabajar en conjunto para alcanzar la competitividad.

El mantenimiento no es una función "miscelánea", preserva un bien real y mantiene su servicio y puede resumirse en: capacidad del bien de producir con calidad, seguridad, rentabilidad y justo a tiempo.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la seguridad industrial a través de la prevención de riesgos, accidentes y lesiones en el trabajador, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

Una buena administración del mantenimiento nos representa mayor confiabilidad en el uso y explotación de la maquinaria, mayor disponibilidad de ésta para la producción y por lo tanto la reducción de costos globales de producción.

El reto que los gerentes de hoy, para los profesionales de la confiabilidad y todos quienes estamos involucrados en la ingeniería de mantenimiento se impone que se establezcan estándares para las acciones de mantenimiento y confiabilidad, creando un sistema adecuado de información para reunir los hechos y generar el entusiasmo, e iniciando planes que impulsen la acción hacia la toma de decisiones adecuadas y oportunas.

### **Breve Historia de la Organización del Mantenimiento**

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos y maquinaria de producción.

Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de tiempos y costos.

Para llegar al Mantenimiento Productivo Total TPM hubo que pasar por tres fases previas:

La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir utilizando el equipo. Siendo la primera de ellas el *Mantenimiento de Reparaciones* (o *Reactivo*), el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería.

Fué hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes del equipo acerca de los cuidados que se debían dar en la operación y explotación de máquinas y sus dispositivos. Esta fase de desarrollo se dio lugar a lo que se denominó el *Mantenimiento Preventivo*. Con ésta metodología de trabajo se busca por sobre todas las cosas la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción, estableciéndose para

ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes de que estas ocurran. Aún cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, era una alternativa costosa. La razón: muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber sido utilizados más tiempo y así explotar al máximo la vida útil remanente del elemento en estudio. También demasiadas horas de labor innecesaria se aplicaban, cuando de otra forma no eran necesarias.

En los años 70 tuvo lugar la aparición del *Mantenimiento Productivo*, lo cual constituye la tercer fase de desarrollo antes de llegar al TPM. El Mantenimiento Productivo incluye los principios del Mantenimiento Preventivo, pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices destinados a mejorar la *fiabilidad y manteneabilidad*.

Finalmente llegamos al *TPM* el cual comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. El mismo incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados a los métodos previos, entre los cuales caben destacar el *Mantenimiento Autónomo*, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el *Mantenimiento Preventivo*, nuevas herramientas tales como las *Mejoras de Manteneabilidad*, la *Prevención de Mantenimiento* y el *Mantenimiento Correctivo*.

El propósito es transformar la actitud de todos los miembros de la empresa industrial. Los trabajadores, operadores, supervisores, ingenieros, administradores, en todos los niveles organizacionales quedan incluidos en esta gran responsabilidad de garantizar la mayor disponibilidad de maquinaria y equipos para la producción.

### **1.1.1 Orientación del TPM (Total Productive Maintenance)**

El TPM orientado al mantenimiento de máquinas y equipos lo podemos definir como conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en

condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene.

Por disponibilidad ( $A$ ) se entiende la porción de tiempo en que la maquinaria está dispuesta para la producción con respecto al tiempo total planeado, es decir, la capacidad de la maquinaria para funcionar en un instante determinado. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

1. La frecuencia de las averías, y
2. El tiempo necesario para reparar las mismas.

Existen tres factores de la disponibilidad los cuales son:

- Inherente ( $A_i$ )
- Lograda ( $A_a$ )
- Operacional ( $A_o$ )

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + Mct} ;$$

MTBF = Tiempo medio entre fallas

Mct = Tiempo medio de mantenimiento correctivo.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M} ;$$

MTBM = Tiempo medio entre mantenimientos

M = Tiempo medio de mantenimiento activo.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} ;$$

MDT= Tiempo muerto de mantenimiento.

La fiabilidad, es un índice de la calidad de la maquinaria y de su estado de conservación, y se mide por el tiempo medio entre averías, es decir, la

capacidad de la maquinaria para funcionar durante determinado periodo de tiempo.

El segundo factor denominado manteneabilidad es representado por una parte de la bondad del diseño de las instalaciones, la eficacia del servicio de mantenimiento y la capacidad para ser mantenido preventivamente y correctivamente. Se calcula como el inverso del tiempo medio de reparación de una avería.

En consecuencia, un adecuado nivel de disponibilidad se alcanzará con unos óptimos niveles de fiabilidad y de manteneabilidad. Es decir, procurar que ocurran pocas averías y que éstas se reparen rápidamente.

La orientación del TPM es garantizar la producción de la empresa reduciendo los costos de mantenimiento involucrando al personal operativo en las actividades de mantenimiento de la maquinaria, generalmente a los niveles de 2do. y 3er. escalones.

### **1.1.2 Importancia del TPM**

La notable importancia que tiene el TPM en la eliminación de desperdicios y el mejoramiento de resultados económicos, la implementación de sistemas destinados a mejorar el mantenimiento de la maquinaria y los equipos, el cambio rápido de herramientas, la reducción de los tiempos de reparación, el mejoramiento en los niveles de calidad, el control y reducción en el consumo de energía, la mayor participación de los empleados vía círculos de calidad, círculos de incremento de productividad y sistemas de sugerencias, entre otros.

### **1.1.3 Conceptos**

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón en el año 1971 gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción "Just in Time", la

cual tiene cómo objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

El Mantenimiento Total Productivo, como herramienta de calidad total, que se enfoca al servicio que presta la maquinaria logrando la eficiencia productiva involucrando de manera armónica la producción y el mantenimiento a fin de alcanzar un mejor desempeño. El TPM es más que un plan de mantenimiento, es un plan de mejoramiento y cambio de mentalidad del personal involucrado directa o indirectamente en el mantenimiento de la maquinaria.

El TPM es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

#### **1.1.4 Elementos del TPM**

##### **1.1.4.1 TPM-EM (Mejoramientos de los Equipos)**

Esta fase comprende realizar un análisis básico de los problemas en el mantenimiento que permita establecer soluciones que mejoren la confiabilidad y eficiencia de la maquinaria, además de establecer una planificación de soluciones.

##### **1.1.4.2 TPM- PM (Manteneabilidad del Equipo)**

El TPM-PM abarca las categorías de las actividades de mantenimiento como son el Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Planeado con el propósito de elevar el rendimiento y disponibilidad de la maquinaria. En esta fase se debe asegurar que la planificación realizada en la fase anterior se realice adecuadamente.



### 1.1.4.3 TPM-AM (Mantenimiento Autónomo)

Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos. Tiene especial trascendencia la aplicación práctica de las *Cinco "S"* que comprende la conservación del área de trabajo y mantenerla libre de contaminación, suciedad y desorden.

## 1.2 Antecedentes

TPM está definido como un conjunto de actividades encaminadas a restaurar los equipos y maquinaria, llevándolos a una condición óptima y cambiar el entorno de trabajo para mantener estas condiciones.

Significa mantener la maquinaria en condiciones de perfecto estado de tal manera procurar reducir la frecuencia de averías, produciendo al 100% de capacidad.

Esto requiere de una serie de métodos estandarizados para el diagnóstico de equipos la detección temprana de anomalías, la gestión de las piezas de repuesto y los sistemas de información que registran el historial de los equipos y datos de averías.

El CEMAT brinda el servicio de mantenimiento hasta el IV escalón, mientras que en los grupos de trabajo se realiza el mantenimiento hasta el III escalón, siendo el operador de la maquinaria quien realiza el mantenimiento de I escalón. Los principales grupos de trabajo donde existe mayor cantidad de maquinaria y equipo son los siguientes:

**Tabla 1.1: Cantidad Maquinaria CEE**

Grupos de Trabajo	Equipo Pesado	Equipo Rueda
Amazónico	49	62
Sangay	31	26
Tena	31	22
Mazar	33	23
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>133</b>

Fuente Tabla1.1: CEMAT-CEE 2005/09

## Grupos de Trabajo:

### Gráfico 1.1: Cantidad Maquinaria CEE

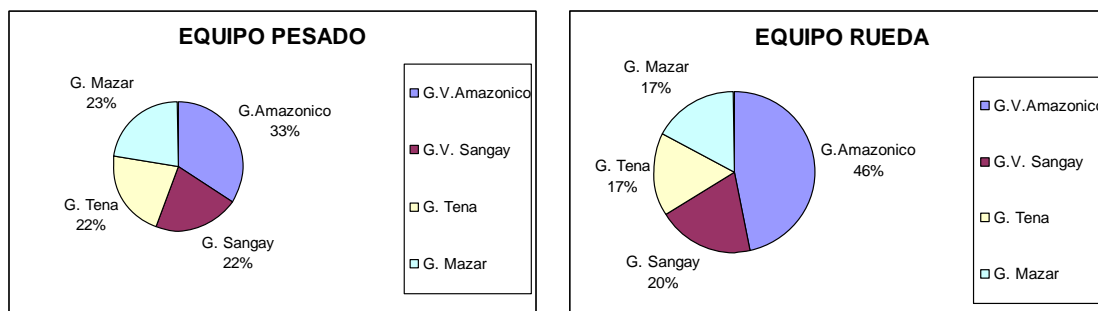


Gráfico 1.1: Fuente Tabla 1.2, CEMAT-CEE 2005/09

En los gráficos podemos observar que en el Grupo de Trabajo Amazónico existe un mayor porcentaje de maquinaria y equipo, por ende, en este grupo de trabajo existe mayor demanda de órdenes de mantenimiento.

El Grupo de Trabajo Amazónico (G.T.A), es un grupo de trabajo permanente en su ubicación ya que su base esta asentada en la ciudad de Nueva Loja, este grupo posee todas las facilidades de infraestructura y recursos para realizar las actividades de mantenimiento de la maquinaria que se dedica a la construcción y mantenimiento vial; este grupo de trabajo se encuentra certificado por la empresa BOREAU VERITAS QUALITY INTERNATIONAL bajo normas ISO 9001, ISO14001 y OHSAS 18001.

El GTA brinda el servicio de mantenimiento hasta de III escalón en equipo pesado y IV escalón en vehículos automotrices, es por eso que el GTA en su afán de ser más competitiva y eficiente desea establecer una mejor administración de sus procesos de mantenimiento, fundamentándose en los principios del mantenimiento total productivo

**Ver Anexo 1.1: (Inventario de la Maquinaria GTA).**

**Apéndice 1: Equipo Pesado.**

**Apéndice 2: Equipo rueda.**

**Apéndice 3: Equipo Complementario.**

**Ver Anexo 1.2: (Tabla Estado de Maquinaria GTA)**

### **Gráfico 1.2:**

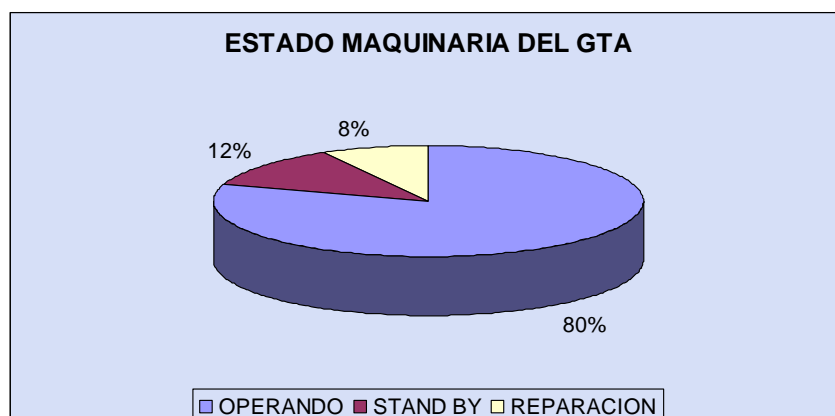


Gráfico 1.2: fuente Tabla 1.2, GTA – CEE 2005/09

El Grupo de Trabajo Amazónico necesita de la coordinación del departamento técnico para cumplir con los requerimientos de producción y de mantenimiento, provisión de partes y piezas, insumos y elementos de máquina que tienen desgaste o corta vida útil con la finalidad de conservar la maquinaria operativa al 100%.

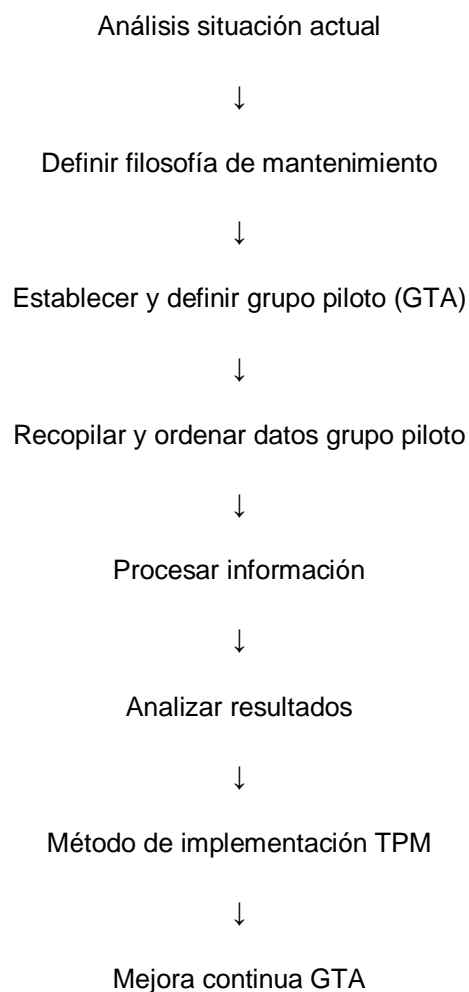
### **1.3 Identificación del problema**

Los costos excesivos de mantenimiento tanto en mano de obra directa o indirecta como de materiales y repuestos debido a razones como el abastecimiento de repuestos más caros debido a que los grupos de trabajo se encuentran distantes de las ciudades y casas comerciales, a su vez el transporte de repuestos aumenta el costo final del mismo, el manejo de la contabilidad y la falta de separación de los costos de mantenimiento de los costos generales provenientes de los diferentes grupos, el CEMAT y el GTA creen necesario realizar una reestructuración de sus procesos operacionales y administrativos que ayuden a bajar los costos y organizar el manejo de los mismos. Es por eso que como herramienta de gestión, el Mantenimiento Total Productivo, brindará el apoyo y guía necesarios para mejorar la planificación y el control de las acciones de mantenimiento del Grupo de Trabajo Amazónico.

El GTA requiere tecnificar los métodos de elaboración de planes de mantenimiento preventivo y correctivo para las máquinas, optimizar procedimientos y procesos de trabajo respectivos, con lo cual se dinamizará la administración para brindar un servicio de más alta fiabilidad.

El GTA requiere desarrollar un método de implementación del TPM que permita mejorar los procesos, el presente diagrama indica la metodología a seguir:

### **Método Implementación Gestión Mantenimiento**



Siendo el problema la falta de eficiencia en los procedimientos y procesos de mantenimiento en el Grupo de Trabajo Amazónico así como la fiabilidad de la maquinaria, conlleva al aumento de los tiempos muertos reduciendo la disponibilidad de la maquinaria incrementando los costos de las acciones de mantenimiento.

### **1.1.2 Definición del Problema**

Método de implementación del Mantenimiento Total Productivo (TPM) en el Grupo de Trabajo Amazónico y levantamiento de la base de datos para el software de mantenimiento API/PRO (Versión 5.0) en el CEMAT – CEE.

### **1.4 Justificación e importancia**

Se presenta la necesidad de levantar la base de datos del módulo de mantenimiento del software API/PRO V5, para su posterior implementación del software por parte de TOEOPSIS S.A. y el CEMAT-CEE con la finalidad de mejorar la disponibilidad de la maquinaria, disminuyendo la frecuencia de averías en los equipos y de paros de la maquinaria por falta de repuestos en un 10%, reduciendo los tiempos muertos de las acciones de mantenimiento y así alargar la vida útil tanto de los equipos como de la maquinaria.

El método de implementación del TPM en el G.T.A. se presenta por la necesidad de establecer un flujo continuo de información sobre el estado de los equipos y maquinaria que se encuentran distribuidos en los frentes de trabajo. Así como también procesar esta información para obtener índices de manteneabilidad, confiabilidad, disponibilidad y gestión del mantenimiento, estableciendo tendencias en cuanto a determinadas máquinas en su operación para corregirlas a tiempo.

Otro de los motivos es el de reducir los costos y establecer índices económicos en cuanto a mano de obra y repuestos los cuales consideramos son excesivos ya que actualmente se realiza primordialmente el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo aplicado resulta obsoleto para mantener disponible la maquinaria y coadyuvar a la productividad y la competitividad que se requiere en todas las empresas contemporáneas.

Se muestra una tabla comparativa detallada de los gastos del CEMAT vs. las planillas o ingresos contabilizados hasta junio del 2005, el cuál registro una pérdida de alrededor de 267.977,38 USD, es por eso la necesidad de

implementar una herramienta moderna para la planificación de mantenimiento en el CEMAT.

**Ver Anexo 1.3 (Cuadro comparativo de ingresos y gastos CEMAT - CEE)**

Se presenta las gráficas de los costos e ingresos que maneja el CEMAT.

**Ver Apéndice 1 al Anexo 1.3 (Grafica ingresos por mes CEMAT - CEE ).**

**Ver Apéndice 2 al Anexo 1.3 (Grafica gastos por mes CEMAT - CEE ).**

**Ver Apéndice 3 al Anexo 1.3 (Grafica utilidad-perdida por mes CEMAT - CEE ).**

Dentro de los costos que maneja el Grupo de Trabajo Amazónico, podemos verlo en la tabla detallada.

**Ver Anexo 1.4 (Costos Grupo de Trabajo Amazónico por rubro)**

Por otro lado, creemos necesario tomar en cuenta el desarrollo tecnológico en el contexto mundial, el crecimiento acelerado del conocimiento y la aplicación de nuevas técnicas en todos los ámbitos de la industria. En este contexto se decidió enfocar en el desarrollo de un plan de implementación de tecnología en la administración del mantenimiento.

Esta implementación beneficiara tanto al CEMAT como al Grupo de Trabajo Amazónico, ya que la administración más confiable del mantenimiento a través del TPM logrará agilizar los procesos y proporcionar la mayor disponibilidad de la maquinaria.

### **1.4.1 Ventajas y desventajas del TPM**

#### **Ventajas**

- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
- El concepto está unido con la idea de calidad total, JIT, Kanban y mejora continua.
- Una máquina más limpia y mejor conservada tiene menor probabilidad de sufrir una falla, cualquier anomalía que pudo derivar en un problema mayor, será detectada y resuelta en sus etapas previas justo antes de cuando ésta falle, reduciendo costos de mantenimiento, aprovechando al máximo la vida útil.
- Mediante su participación en el mejoramiento y la puesta en óptimas condiciones de la máquina, operadores, supervisores y todo el equipo de trabajo de mantenimiento desarrollan un sentimiento de propiedad y unidad.

#### **Desventajas**

- Se requiere un cambio de filosofía general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
- La inversión en formación, capacitación del personal de operadores y los cambios generales en la organización es costoso. El proceso de implementación requiere de un tiempo aleatorio que puede ir desde ocho meses a tres años, según el ímpetu que imprima el GTA.
- Sin el visto bueno de la dirección para realizar las diferentes etapas del TPM, realmente no se podría implementar esta filosofía de mantenimiento.
- El tiempo de implementación del TPM es relativamente largo y los resultados técnicos y económicos son a largo plazo, esto no siempre

agrada a los Jefes de Grupo y Comandante del CEMAT quienes por lo general desean obtener resultados en un corto plazo.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

El objetivo de este proyecto estará encaminado a la realización del plan maestro de implementación del TPM en GTA; Dicho plan o método será puesto a consideración por la Jefatura del GTA para su implementación y obtención de resultados de acuerdo a las sugerencias y recomendaciones del plan. Además se realizará el levantamiento de la base de datos para ser cargada en el software de mantenimiento API/PRO V5 en el CEMAT-CEE.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- ✘ Caracterizar la empresa y establecer la situación actual del Grupo de Trabajo Amazónico y la del CEMAT.
- ✘ Detallar los procedimientos y el personal que se encuentra a cargo del G.T.A y CEMAT - CEE para establecer prioridades y metodología en la planificación de la implantación del TPM.
- ✘ Establecer directrices para mejorar la organización y el control del mantenimiento en el G.T.A.
- ✘ Mejorar los planes de mantenimiento preventivo y correctivo bajo un enfoque de Mantenimiento Planeado.
- ✘ Estandarizar procedimientos correspondientes al mantenimiento preventivo y correctivo .
- ✘ Corrida del programa y obtención de resultados del software API/PRO V5 con la base de datos cargada y actualizada.
- ✘ Realizar un análisis y evaluación técnico - económico del Plan de implementación del TPM en el Grupo de Trabajo Amazónico en su periodo de transición.



## **1.6 Alcance**

Realizar el método de implementación del Mantenimiento Total Productivo (TPM) en el Grupo de Trabajo Amazónico y el levantamiento de la base de datos para el software de mantenimiento API/PRO versión 5.0 en el CEMAT, con el fin de mejorar los sistemas de mantenimiento y por ende, obtener resultados rápidos y confiables que permitan elevar la eficiencia en el servicio de mantenimiento.

## **CAPITULO 2**

### **CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL CEMAT – CEE Y GTA – CEE**

##### **2.1.1 DESCRIPCION DEL CEE, CEMAT Y GTA.**

Uno de los principales objetivos nacionales es promover el desarrollo socioeconómico del país con obras de infraestructura para lo cual se necesita de maquinaria y equipo pesado, es por eso que se crea el Cuerpo de Ingenieros del Ejército el cual es una institución con el fin de planificar, ejecutar y supervisar las obras civiles que se ejecutan a lo largo del territorio nacional.

Es así que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, entidad técnica de carácter publico y personería jurídica, en su necesidad de establecer un control y organización de los diferentes equipos, maquinaria y personal que labora en las dependencias pertenecientes al CEE crea el Centro de Mantenimiento, Abastecimiento y Transporte CEMAT, que en sus principios fue creado como un cuerpo de apoyo logístico CAL-23.

##### **2.1.1.1 MISIÓN Y VISIÓN DEL CEMAT-CEE**

###### **a) Misión**

El CEMAT-CEE es una institución perteneciente al Ejército Ecuatoriano, cuya misión es: “Dar apoyo de servicio de mantenimiento, abastecimiento y transporte de maquinaria, vehículos e insumos con equipos y herramientas de última tecnología y con mano de obra capacitada y motivada, cumpliendo normas de seguridad, velando por el ser humano y su entorno ecológico en los grupos de trabajo del CEE”. *(Tomado textualmente)*

## b) Visión

La visión de esta institución es: “El CEMAT en su futuro mediato, como unidad operativa del CEE será líder en centros de mantenimiento, abastecimiento y transporte del país, aplicando los estándares de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional”. *(Tomado textualmente)*

### 2.1.1.2 RAZON SOCIAL

Centro de mantenimiento, abastecimiento y transporte del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito CEMAT-CEE

### 2.1.1.3 ACTIVIDAD PRINCIPAL DEL CEMAT

La principal actividad del CEMAT- CEE es proveer el servicio de mantenimiento de IV escalón de la maquinaria, así como los abastecimientos de transporte de materiales, maquinaria, mano de obra y personal tecnificado a los campos y frentes de trabajo del CEE.

El CEMAT posee un campo de acción muy extenso, donde brinda servicio de apoyo general de mantenimiento a los grupos y contratos de trabajo que se encuentran desplazados a lo largo del territorio nacional como lo muestra la tabla.

**TABLA 2.1:**

<b>GRUPOS DE TRABAJO</b>			
<b>GRUPO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>GRUPO</b>	<b>UBICACION</b>
CEMAT	QUITO	BRG. GALÁPAGOS	RIOBAMBA
MAZAR	AZUAY	BAT. CHIMBORAZO	AMAGUÑA
AMAZONICO	SUCUMBIOS	BAT. COTOPAXI	AMAGUÑA
SANGAY	CHIMBORAZO	BAT. MONTUFAR	SANTO DOMINGO
POMPEYA	SUCUMBIOS	PORTOVIEJO	MANABI
TENA	NAPO	LATACUNGA	COTOPAXI G.T.S.C
CENEPA	ZAMORA	BRIG. CENEPA	AMAGUÑA
OBRAS QUITO	QUITO	BALAO	ESMERALDAS
STA. CECILIA	SUCUMBIOS	DUCTOS Y REFINERIA	QUITO
CIA. PUENTES	EL ORO		

Fuente Tabla 2.1 : CEMAT-CEE 2005/02

En el siguiente grafico podemos observar como están dislocados los grupos y frentes de trabajo a lo largo del territorio nacional.

**GRÁFICO 2.1:**



**ÁREAS DE ACCIÓN DEL CEE**

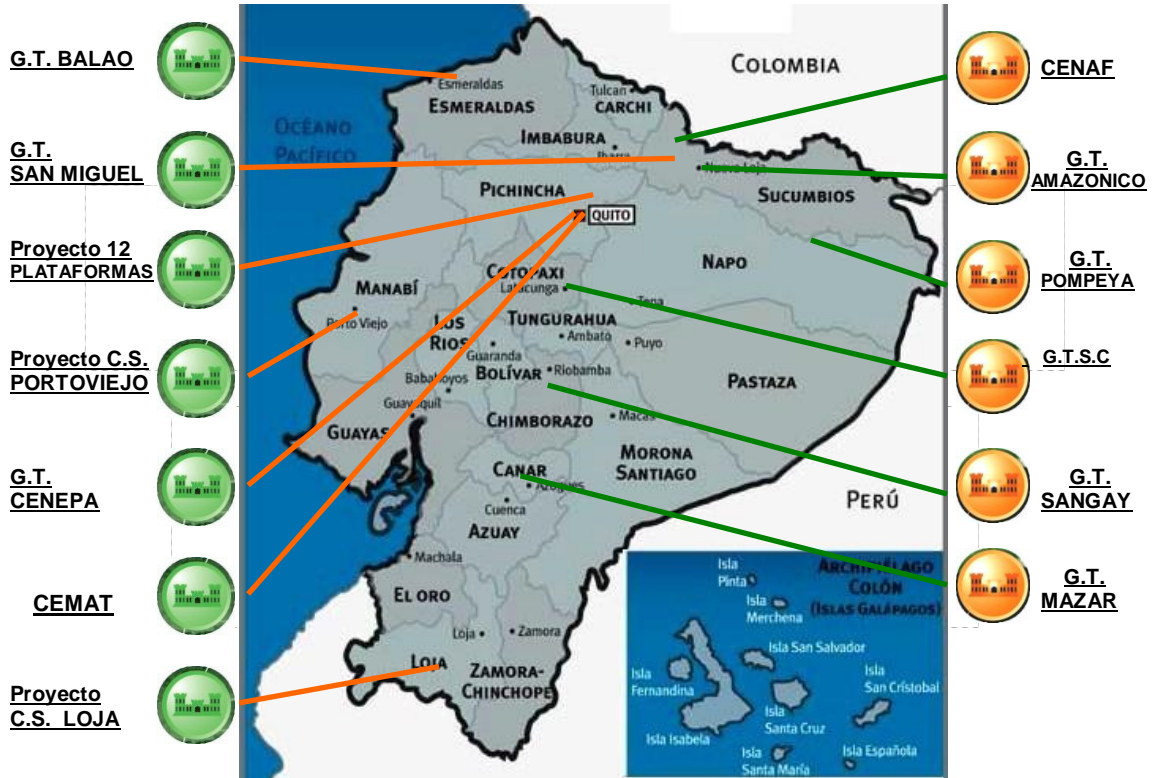


Gráfico 2.1: Fuente CEMAT-CEE 2005/02

El CEMAT brinda además servicio de mantenimiento de apoyo general a los batallones pertenecientes al Arma de Ingenieros y apoyo directo a todos los proyectos y grupos de trabajo del CEE. El nivel del apoyo de mantenimiento está en correspondencia con la envergadura del proyecto, localización geográfica y la estructura orgánica del CEE.

**2.1.1.4 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DEL CEMAT-CEE**

El CEMAT posee una organización de tipo lineal-funcional, que comprende a su vez niveles jerárquicos en sentido vertical que establecen las líneas de mando, de autoridad, de responsabilidad y de comunicación.

**Ver Anexo 2.1 (Organigrama CEMAT-CEE).**

**2.1.1.5 UBICACIÓN DEL CEMAT**

Las instalaciones del CEMAT se encuentran dentro del Cuerpo de Ingenieros del Ejército ubicado en la provincia del Pichincha, cantón Quito, ciudad Quito, Sector de la Magdalena en la Av. Rodrigo de Chávez;

### **2.1.2 DESCRIPCION DEL GTA-CEE.**

El Grupo de Trabajo Amazónico es una unidad operativa del CEE de compañía reforzada está ubicado en la ciudad de Nueva Loja y fue creado con el propósito de brindar apoyo logístico, abastecimiento, mantenimiento y servicio de transporte a los diferentes frentes de trabajo que se encargan de la construcción y el mantenimiento de las vías que se dirigen a los diferentes pozos de explotación de petróleo con los que se mantiene un contrato.

#### **2.1.2.1 MISIÓN Y VISIÓN DEL GTA**

La misión y visión del GTA se derivan de las respectivas del CEE, ya que es un grupo de trabajo y una unidad de producción de acuerdo a la Directiva Administrativa y Técnica N.- 7 para unidades y grupos de trabajo.

**Ver Anexo 2.2 (Misión CEE)**

**Ver Anexo 2.3 (Visión CEE)**

#### **2.1.2.2 RAZÓN SOCIAL**

Grupo de Trabajo Amazónico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, GTA – CEE.

#### **2.1.2.3 ACTIVIDAD PRINCIPAL DEL GTA**

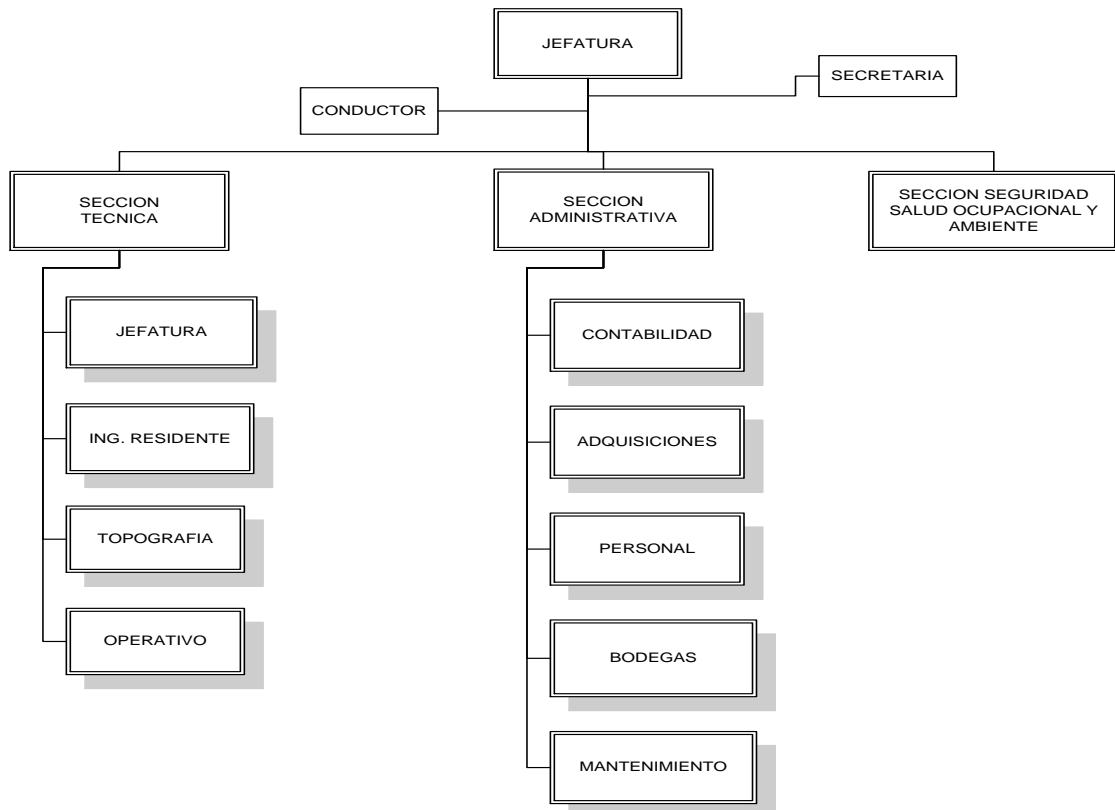
El Grupo de Trabajo Amazónico se encarga de la construcción y mantenimiento de las vías de acceso a las plataformas petroleras dependiendo de los contratos con Petroproducción, que estén en vigencia. Además se dedica a la construcción de obras civiles dependiendo las necesidades y/o contratos que asuma el GTA.

El GTA tiene a su cargo frentes de trabajo asentados en el Distrito Amazónico, los cuales son: Campo Lago Agrio, Shushufindi, San Salvador, Guanta 17, Secoya, Auca; existen además sitios eventuales de trabajo donde se envía la maquinaria, según requerimiento de Petroproducción de acuerdo a el contrato vigente.

#### 2.1.2.4 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DEL GTA

De acuerdo a la Directiva N.- 7 aprobada por el CEE, el organigrama estructural funcional del Grupo de Trabajo Amazónico será:

**Gráfico 2.2 Organigrama Estructural GTA:**



Fuente Gráfico 2.2: GTA-CEE, Directiva N.- 07, Organización de un Grupo de Trabajo Tipo – Anexo “1” (NPm1201 versión: 01)

#### 2.1.2.5 UBICACIÓN DEL GTA

Las instalaciones del Grupo de Trabajo Amazónico se encuentran ubicadas en la provincia de Sucumbios, cantón Lago Agrio, ciudad Nueva Loja, Km. 1 vía al aeropuerto.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES DEL GTA-CEE.

De acuerdo al organigrama estructural, el GTA está principalmente conformado por la jefatura de proyectos y las secciones técnica, administrativa y de seguridad, salud ocupacional y ambiente.

**Jefatura de Proyectos.-** Es la responsable de la construcción de las obras asignadas al grupo de trabajo, basándose en el plan de ejecución remitido por el departamento correspondiente, y en base al diseño (planos), especificaciones técnicas y presupuestos establecidos para la obra<sup>1</sup>.

Listado detallado de las funciones principales, **ver Anexo 2.4.**

**Sección Técnica.-** Se encarga de colaborar con el Jefe de Proyecto, mediante la programación y supervisión permanente de las obras a cargo del grupo de trabajo, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de los cronogramas, normas, especificaciones, diseños y presupuestos establecidos en el contrato<sup>1</sup>.

Son parte de la sección técnica: el residente de obra, el topógrafo, perfilero, cadeneros, supervisor de movimiento de tierras, supervisor de obras de arte, supervisor de afirmados y el supervisor de asfaltos.

Listado detallado de las funciones principales, **ver Anexo 2.5.**

**Sección Administrativa.-** Se encarga de organizar, dirigir, coordinar y controlar todas las actividades contables y de personal del Grupo<sup>1</sup>.

Son parte de la sección administrativa el Contador del grupo, pagador del grupo, auxiliar de contabilidad, Jefe de personal, Kardista, personal de seguridad, encargado de adquisiciones locales, encargado de adquisiciones provinciales, bodeguero central, bodeguero de combustibles y lubricantes, Jefe de mantenimiento, mecánico de equipo pesado, ayudantes de mecánica en general.

---

<sup>1</sup> Directiva N.-07 – CEE, Orgánico funcional de un Grupo de Trabajo Tipo Anexo N.- 03 (NPm1203 versión: 01).

Listado detallado de las funciones principales, **ver Anexo 2.6.**




**Sección Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente.-** Es la responsable de hacer cumplir con las disposiciones relativas a la seguridad industrial, salud ocupacional y manejo amigable del medio ambiente<sup>1</sup>.

Conforman esta sección un jefe, un médico/enfermero, personal de seguridad física y varios servicios.






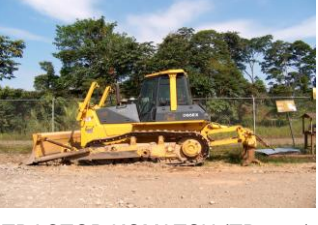









Listado detallado de las funciones principales, **ver Anexo 2.7.**






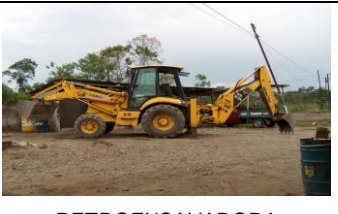


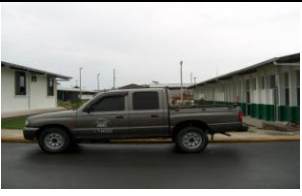









Dentro de la descripción del Grupo de Trabajo Amazónico, es mandatorio realizar un inventario gráfico de la maquinaria que esta a cargo el GTA con sus años de adquisición para determinar su edad y finalmente su posible fecha de reemplazo en función de la vida útil económica.

**Cuadro 2.1: Maquinaria existente en el GTA (Septiembre-2005)**

 <p>CARGADORA CASE (CA2591) 1996</p>	 <p>CARGADORA CASE (CA2407) 1996</p>	 <p>CARGADORA KOMATSU (CA1300) 2001</p>
 <p>CARGADORA KOMATSU (CA1301) 2002</p>	 <p>CARGADORA KOMATSU (CA1302) 2001</p>	 <p>TRACTOR CATERPILLAR (TR2039) 1989</p>
 <p>TRACTOR CATERPILLAR D6H (TR4168) 1991</p>	 <p>TRACTOR CATERPILLAR D7H (TR5792) 1994</p>	 <p>TRACTOR CATERPILLAR D7H (TR5802) 1994</p>



 <p>TRACTOR CATERPILLAR (TR0211) 1994</p>	 <p>TRACTOR KOMATSU (TR0201) 2004</p>	 <p>TRACTOR KOMATSU (TR0202) 2004</p>
 <p>TRACTOR KOMATSU (TR1584) 1999</p>	 <p>TRACTOR KOMATSU (TR2259) 1994</p>	 <p>TRACTOR KOMATSU (TR3467) 2001</p>
 <p>TRACTOR KOMATSU (TR7357) 2004</p>	 <p>TRACTOR AGRÍCOLA FORD (TG2171) 2002</p>	 <p>MOTONIVELADORA CATERPILLAR (MN2183) 2002</p>
 <p>MOTONIVELADORA GALION (MN2336) 1997</p>	 <p>MOTONIVELADORA KOMATSU (MN1266) 2002</p>	 <p>MOTONIVELADORA KOMATSU GD611A-1 (MN0605) 1999</p>
 <p>RODILLO BOMAG (RO1618) 2002</p>	 <p>RODILLO CATERPILLAR CS-533D (RO0193) 2002</p>	 <p>RODILLO DINAPAC (RO8621) 2002</p>

 <p>RODILLO CATERPILLAR CS-533D (RO0455) 2002</p>	 <p>EXCAVADORA KOMATSU (EX2854) 2002</p>	 <p>EXCAVADORA KOMATSU PC200-7 (EX1629) 2002</p>
 <p>RETROEXCAVADORA KOMATSU (RX3500) 2001</p>	 <p>RETROEXCAVADORA KOMATSU (RX3633) 2001</p>	 <p>RETROEXCAVADORA KOMATSU (RX5321) 2003</p>
 <p>JEEP TOYOTA PRADO (JP1466) 2004</p>	 <p>CAMIONETA TOYOTA HILUX 4X4 (CN0805) 2003</p>	 <p>CAMIONETA TOYOTA HILUX 4X4 (CN0133) 2004</p>
 <p>CAMIONETA TOYOTA HILUX 4X4 (CN0802) 2003</p>	 <p>CAMIONETA TOYOTA HILUX 4X4 (CN2087) 2004</p>	 <p>CAMION MITSUBISHI CANTER (CF3613) 2004</p>
 <p>CAMION HINO FF-194-S (CM1650) 1993</p>	 <p>PLATAFORMA CAMA BAJA FREIGHTLINER 120SD (PT0764) 1995</p>	 <p>PLATAFORMA CAMA ALTA NISSAN CBW459HDLB (PT0176) 2002</p>
 <p>PLATAFORMA CAMA ALTA NISSAN CBW459HDLB (PT0177) 2002</p>	 <p>CAMION TANQUERO HINO FF-195-S (CQ1791) 1995</p>	 <p>CAMION TANQUERO INTERNACIONAL SA49540 (CQ1727) 1997</p>



 <p>CAMION TANQUERO INTERNACIONAL B61-260 (CQ1188) 1997</p>	 <p>CAMION TANQUERO NISSAN TK20GDL (CQ0431) 1992</p>	 <p>CAMION TANQUERO CHEVROLET KODIAK211 (CQ1103) 2002</p>
 <p>CAMION TANQUERO CHEVROLET KODIAK211 (CQ1101) 2002</p>	 <p>CAMION TANQUERO NISSAN CWA-45PHLT (CQ1969) 1989</p>	 <p>CAMION TANQUERO NISSAN T4U41 (CQ3029) 2004</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN PKC212HLB (VQ0164) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN TK20GDL (VQ2598) 1995</p>	 <p>VOLQUETA MACK CV713 (VQ955) 2004</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN TK20GDL (VQ2577) 1995</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0151) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0152) 2002</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0153) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0154) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0155) 2002</p>

 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0158) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0159) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0160) 2002</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0161) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0168) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0170) 2002</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0171) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0174) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN CBW459HDLB (VQ0175) 2002</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN PKC212HLB (VQ0444) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN PKC212HLB (VQ0447) 2002</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN PKC212HLB (VQ0449) 2002</p>
 <p>VOLQUETA NISSAN TK20GDL (VQ1603) 1992</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN TK20GDL (VQ2576) 1992</p>	 <p>VOLQUETA NISSAN TK20GDL (VQ2579) 1995</p>





Gráfico 2.1: Fuente P. Castellanos y M. Hurtado Septiembre 2005

## 2.3 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL GTA-CEE

### 2.3.1 PRODUCCION GTA

Para determinar la situación actual del GTA, en cuanto a producción se refiere, nos basaremos en la planificación que la sección técnica realiza para sus diferentes proyectos, ya sea de mantenimiento vial o construcciones.

La sección técnica es la responsable de aprobar, planificar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades a fin de dar cumplimiento a todas las órdenes de trabajo tanto de mantenimiento vial como de proyectos de construcción emitidas por PETROPRODUCCIÓN, quien a la vez es el fiscalizador de la obra.

El mantenimiento vial se comprende del acarreo de material sub-base y/o arena, material triturado, colocación de recubrimientos por ejemplo el geotextil tejido y no tejido, construcción de muro de gaviones, construcción de cunetas, bordillos de seguridad, roce de maleza en las vías, etc. los mismos que están claramente estipulados dentro del contrato que suscribe el GTA con el cliente; para la coordinación del adelanto o retraso de la ejecución del mantenimiento vial. La sección técnica controla el avance de la obra por medio de kilómetros realizados en el día, y así poder prever el tiempo de duración de la obra.

Así mismo en el control de producción en cuanto a mantenimiento vial, se lleva un registro de las horas de trabajo diarias de cada maquina usada dependiendo de la orden de trabajo emitida por PETROPRODUCCIÓN.

La sección técnica del GTA realiza la planificación del mantenimiento vial y actividades relacionadas, así como también, las horas de trabajo de cada maquinaria requerida para la realización de la obra.. En dicha planificación consta además las cantidades estimadas, ejecutadas y planificadas, también consta el número de personas o cuadrilla y la cantidad a ejecutar que se ha planificado diariamente/semana y mensual.

**Ver Anexo 2.8:(Planificación Mensual Campo Lago-  
Mantenimiento Vial)**

**Apéndice 1: (Planificación Semanal Campo Lago-  
Mantenimiento Vial)**

De la misma manera la sección técnica del GTA realiza una evaluación semanal del trabajo realizado con cada uno de los rubros en las respectivas unidades entre lo planificado y lo realizado para obtener las diferencias, realizar el análisis y tomar las acciones correctivas correspondientes. (Libro de Obra RESERVADO).

**Ver Anexo 2.9 (Evaluación Semanal Campo Lago-Mantenimiento Vial)**

El reporte de producción por campo muestra cada uno de los rubros, la cantidad de kilómetros trabajados, volúmenes de material transportado y horas trabajadas por cada maquinaria, estos reportes son diarios teniendo un reporte total por cada semana de trabajo de lunes a domingo.

Así mismo, es importante observar los cuadros donde se registra la producción mensual real por rubro. Esta información se obtiene el total acumulado, la orden emitida por PETROPRODUCCIÓN y obtener las diferencias correspondientes

## Ver Anexo 2.10 (Reporte de producción real mensual)

### 2.3.1.1 ANALISIS DE RESULTADOS.

Dentro de la situación actual de producción, analizaremos la producción mensual del GTA en lo que corresponde a mantenimiento vial del mes de junio del 2005 en el campo Lago Agrio.

#### Gráfico 2.3: Producción real mensual vs. Alicouta

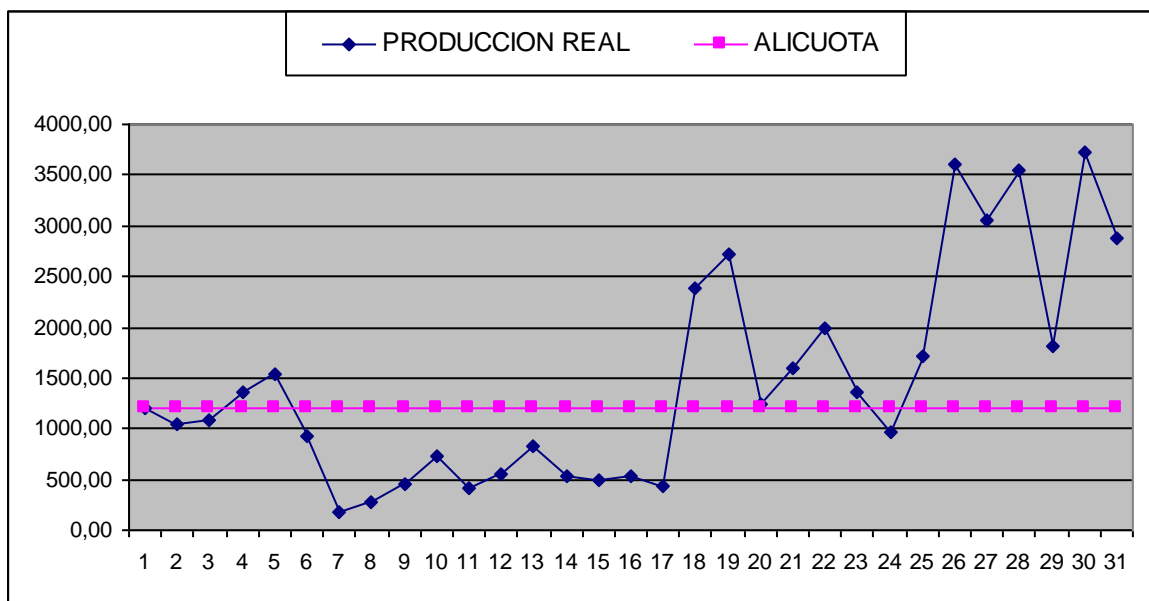


Gráfico 2.3: Fuente Sección Técnica GTA julio 2005

**Tabla 2.2 : Análisis de producción real mensual vs. Alícuota**

FECHA	PROD. REAL	ALICUOTA
01/07/2005	1209,42	1203,28
02/07/2005	1044,67	1203,28
03/07/2005	1086,97	1203,28
04/07/2005	1363,82	1203,28
05/07/2005	1539,44	1203,28
06/07/2005	932,20	1203,28
07/07/2005	180,71	1203,28
08/07/2005	266,22	1203,28
09/07/2005	443,68	1203,28
10/07/2005	735,44	1203,28
11/07/2005	420,87	1203,28
12/07/2005	551,33	1203,28
13/07/2005	818,07	1203,28
14/07/2005	536,93	1203,28
15/07/2005	488,68	1203,28
16/07/2005	529,94	1203,28
17/07/2005	440,90	1203,28
18/07/2005	2382,16	1203,28
19/07/2005	2724,12	1203,28
20/07/2005	1234,33	1203,28
21/07/2005	1596,57	1203,28
22/07/2005	1980,46	1203,28
23/07/2005	1367,66	1203,28
24/07/2005	969,96	1203,28
25/07/2005	1707,27	1203,28
26/07/2005	3601,90	1203,28
27/07/2005	3063,25	1203,28
28/07/2005	3548,90	1203,28
29/07/2005	1803,60	1203,28
30/07/2005	3729,43	1203,28
31/07/2005	2885,13	1203,28
<b>PROD. TOTAL</b>	<b>45184,01</b>	<b>37301,68</b>

<b>PORCENTAJE DE PRODUCCION:</b>	<b>1,21</b>
----------------------------------	-------------

Tabla 2.2: Fuente Sección Técnica GTA julio 2005

En el gráfico anterior nos muestra la relación existente entre la alícuota vs. la producción real. La alícuota representa la producción base o planificada por la sección técnica la misma que se considera constante a lo largo del mes.



### **2.3.2 MANTENIMIENTO GTA.**

El departamento de mantenimiento tiene a cargo la conservación y el mantenimiento de la maquinaria pesada y a rueda del GTA. Debido a que la maquinaria es uno de los factores productivos para cumplir con los objetivos propuestos por el CEE, se hace necesario aplicar un sistema de mantenimiento preventivo planificado para evitar posibles daños y fallas durante la operación.

El nivel de mantenimiento en el GTA tiene un alcance hasta el III escalón de mantenimiento, siendo el operador de la maquinaria quien realiza el mantenimiento de I escalón, por lo tanto, el II y III escalón es realizado por el personal de mantenimiento.

El GTA realiza la coordinación con el departamento técnico del CEMAT, para cumplir con los requerimientos de mantenimiento, provisión de partes y piezas, insumos y elementos de máquina que tienen desgaste o corta vida útil con la finalidad de conservar la maquinaria operativa, esto es garantizar una disponibilidad al 100% para la producción.

Actualmente el GTA cuenta con personal que presta servicios tanto al equipo rueda como al equipo pesado en función de la orden de trabajo emitida. En la tabla que se muestra a continuación detallamos el personal de mantenimiento del GTA por turno de trabajo, además es necesario aclarar que cada persona cuenta con un código, que permite controlar las horas/hombre de trabajo.

**Tabla 2.3: Personal Mantenimiento GTA**

CATEGORIA	CANTIDAD
Auxiliar Servicios Generales	1
Carpintero	1
Electromecánico	1
Lubricador	2
Mecánico	4
Mecánico Radiadores	1
Soldador	2
Tornero	1
Vulcanizador	1

Fuente Tabla 2.3: GTA - CEE, DEPT. PERSONAL 2005/08

La superficie física del departamento de mantenimiento es de 874 m<sup>2</sup> aproximadamente, consta de secciones como: mecánica equipo pesado, mecánica equipo rueda, electromecánica, radiadores, tornos, área de tecles (máx. 5 TON), mesas de trabajo y área de soldadura. Además cuenta con servicios como: Oficina, baños con duchas y vestidores con casilleros, bodegas para repuestos, suministros y herramientas, todas ellas debidamente señalizadas basadas en normas de seguridad industrial OHSAS 18001.

**Imagen 2.1: Taller Mantenimiento GTA**



Imagen 2.1: Fotografía Vista frontal Área de Mantenimiento GTA

El esquema de distribución layout del área de mantenimiento del GTA muestra en detalle cada una de las áreas de la sección de mantenimiento del GTA.

**Ver Anexo 2.11 (Esquema distribución layout área de Mantenimiento GTA Planta Baja)**

**Apéndice 1: (Esquema distribución layout área de Mantenimiento GTA Planta Alta)**

**Apéndice 2:(Fotografías del área de Mantenimiento GTA).**

El departamento de mantenimiento maneja un sistema de ordenes de trabajo de mantenimiento, la cuales son solicitadas por los operadores de las diferentes maquinarias y a su vez asignadas al personal de mantenimiento de la sección especializada dependiendo del tipo de falla de la maquinaria que ha diagnosticado el mecánico y /u operador.

**Ver Anexo 2.12 (Formato Orden de Trabajo - Mantenimiento GTA)**

La orden de trabajo es un documento muy importante dentro del mantenimiento ya que nos proporciona información relevante sobre:

- Número de Orden de Trabajo
- Fechas de:
  - Orden de trabajo
  - Inicio de la orden
  - Finalización de la orden
- Personal de mantenimiento asignado
- El diagnóstico de la falla
- Descripción de la tarea realizada
- Repuestos, materiales y suministros utilizados
- Número de horas que se emplearon en la ejecución de la orden de trabajo.

Cada orden de trabajo se encuentra numerada con el fin de mantener un control de mano de obra, tiempos de trabajo, tipos de trabajo realizados en cada maquinaria y establecer los costos que representan cada uno de los rubros antes mencionados.

El personal de mantenimiento al que se asigna la orden de trabajo esta en la obligación de informar cada una de la actividades que realizó en la maquinaria mediante un reporte diario de trabajo.

La descripción de la tarea realizada es muy importante ya que es la que nos permite conocer que actividad y el procedimiento que efectuó en la maquinaria.

Los repuestos, materiales y suministros utilizados por el personal de mantenimiento asignado, tienen que ser informados con el fin de verificar si el repuesto fue reemplazado y concuerda con la orden de compra o egreso de bodega realizados.

Las horas que se emplearon en la ejecución de la orden de trabajo son notificadas por el mismo personal que realizo la orden de trabajo; este procedimiento para establecer las horas de trabajo reales tiene un inconveniente debido a que no existe un control de los tiempos incurridos en cada acción de mantenimiento, ni su procedimiento, tampoco existe tablas de tiempos estándares o predeterminados.

### **Ver Anexo 2.13 (Reporte diario de trabajo - mantenimiento GTA-julio2005)**

La situación actual de la disponibilidad de la maquinaria, es decir cuanta maquinaria esta disponible, operando o en reparación dentro del GTA se muestra en el cuadro de estado de maquinaria presentado en el anexo 1.2 del capítulo I.

**Tabla 2.4 Disponibilidad de la Maquinaria por mes**

ORD	CODIGO MAQUINARIA	TIEMPO PLANEADO	TIEMPOS MUERTOS			DISPONIBILIDAD (A)
			MTTO ACTIVO	RETRASOS LOGISTICOS	RETRASOS ADMINISTRATIVOS	
1	CA0629	240	5	9	1	93,75%
2	CA1300	240	4	7	3	94,17%
3	CA1301	240	36	7	2	81,25%
4	CA1302	240	9	2	0	95,42%
5	CA2407	240	17	7	6	87,50%
6	CF3613	240	18	8	8	85,83%
7	CM1650	240	13	4	4	91,25%
8	CN0101	240	6	5	5	93,33%
9	CN0133	240	6	2	2	95,83%
10	CN0345	240	3	1	1	97,92%
11	CN0798	240	12	0	0	95,00%
12	CN0800	240	4	0	0	98,33%
13	CN0805	240	36	0	0	85,00%
14	CN2087	240	30	0	0	87,50%
15	CN6485	240	13	3	0	93,33%
16	CQ0183	240	2	2	0	98,33%
17	CQ0431	240	14	1	0	93,75%
18	CQ1101	240	12	0	0	95,00%
19	CQ1103	240	17	1	0	92,50%
20	CQ1188	240	24	7	3	85,83%
21	CQ1727	240	22	4	2	88,33%
22	CQ1969	240	6	1	1	96,67%
23	CQ3029	240	2	0	0	99,17%
24	CQ3613	240	6	1	1	96,67%
25	EX1629	240	23	4	4	87,08%
26	JP1466	240	6	2	2	95,83%
27	MN0603	240	12	0	0	95,00%
28	MN0605	240	32	0	0	86,67%
29	MN2333	240	4	0	0	98,33%
30	MN2336	240	19	0	0	92,08%
31	PT0176	240	34	4	0	84,17%
32	PT0177	240	49	2	0	78,75%
33	PT0764	240	68	1	0	71,25%
34	PT2657	240	19	0	0	92,08%
35	RO0193	240	5	0	0	97,92%
36	RO1613	240	2	4	4	95,83%
37	RO1619	240	5	2	2	96,25%
38	RO8621	240	1	1	1	98,75%
39	RX1302	240	3	0	0	98,75%
40	RX3633	240	15	1	0	93,33%
41	RX5302	240	2	1	0	98,75%
42	TG2171	240	1	1	0	99,17%
43	TR1584	240	39	3	0	82,50%
44	TR2039	240	6	0	0	97,50%
45	TR2259	240	6	7	1	94,17%
46	TR4168	240	11	9	1	91,25%
47	TR5792	240	12	1	1	94,17%
48	TR5802	240	34	3	3	83,33%

ORD	CODIGO MAQUINARIA	TIEMPO PLANEADO	TIEMPOS MUERTOS			DISPONIBILIDAD (A)
			MTTO ACTIVO	RETRASOS LOGISTICOS	RETRASOS ADMINISTRATIVOS	
49	VQ0151	240	6	0	0	97,50%
50	VQ0155	240	4	6	6	93,33%
51	VQ0157	240	19	8	8	85,42%
52	VQ0160	240	3	0	0	98,75%
53	VQ0168	240	29	1	0	87,50%
54	VQ0170	240	15	1	0	93,33%
55	VQ0171	240	14	3	0	92,92%
56	VQ0173	240	61	2	0	73,75%
57	VQ0174	240	2	1	0	98,75%
58	VQ0175	240	38	1	1	83,33%
59	VQ0449	240	19	1	1	91,25%
60	VQ2593	240	4	3	3	95,83%
61	VQ2598	240	20	2	2	90,00%
62	VQ3453	240	63	1	1	72,92%

Fuente: Tabla 2.4 Dept. Mantenimiento GTA.

### 2.3.2.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Dentro de la situación actual en el área de mantenimiento analizaremos la carga de órdenes de trabajo dependiendo del tipo de tarea, así mismo analizaremos el número de trabajos que se tiene por día dentro del GTA.

**Gráfico 2.4**

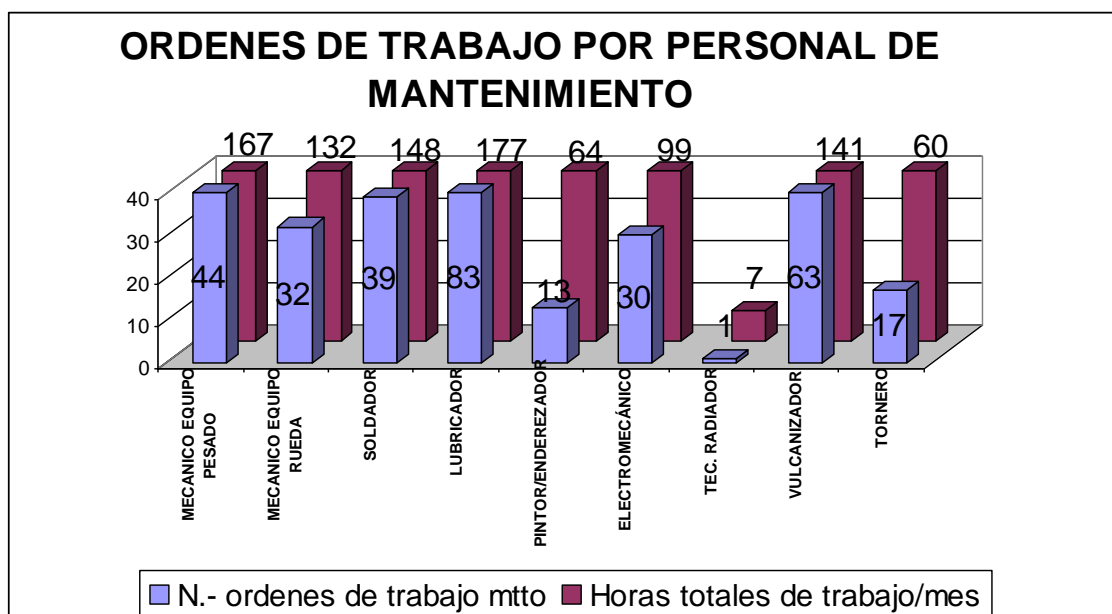


Gráfico 2.4: Fuente Sección Mantenimiento GTA julio 2005

El gráfico muestra un estado de la carga de trabajo que tiene cada uno de los mecánicos y personal de mantenimiento en el mes de Julio del 2005, lo que nos demuestra que las áreas de mayor trabajo en orden descendente son:

- Lubricador
- Vulcanizador
- Mecánico equipo pesado
- Mecánico equipo rueda

**Nota:** No se toma en cuenta en este orden al soldador debido a que la mayoría de sus trabajos no representan mayores tiempos en la ejecución de la orden de trabajo, es por eso que el soldador tiene un buen número de órdenes de trabajo.

**Gráfico 2.5**

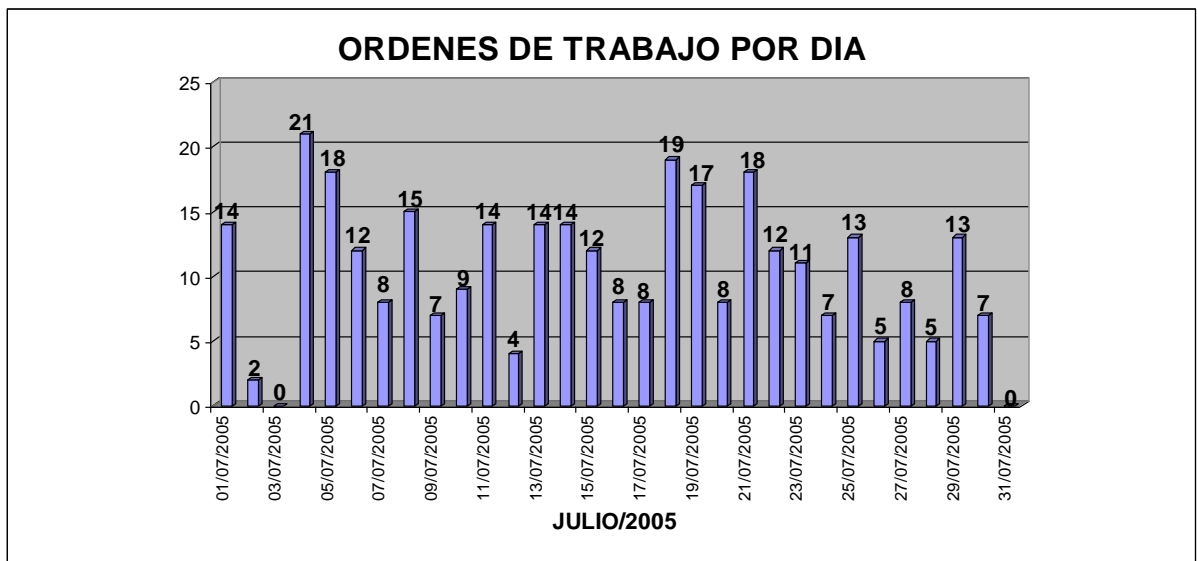


Gráfico 2.5: Fuente Sección Mantenimiento GTA julio 2005

El gráfico anterior representa las órdenes de trabajo que se realizan en cada día, podemos ver que el día 3 de julio por razón del Día del Arma de Ingeniería fue un día no laborable, razón por la cual no existen ordenes de trabajo.

## CAPITULO 3

### ESTUDIO DEL TPM

#### 3.1 FILOSOFÍA DEL TPM

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) el cual define al mantenimiento como productivo ya que involucra la participación de todos los empleados para lograr la eliminación de las *seis grandes pérdidas de los equipos*, 1) Pérdidas por averías. 2) Pérdidas por preparación y ajustes. 3) Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas. 4) Pérdidas por reducción de velocidad. 5) Defectos de calidad y trabajos rehechos. 6) Pérdidas de arranque; a los efectos de poder hacer factible la producción "Just in Time", la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios, desechos, rechazos y retrabajos.

El objetivo del TPM es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado. El sistema TPM se inicio en los años 70's y se ha mantenido tan popular en el mundo industrial. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización.

La filosofía del TPM se basa en aspectos valiosos del TQM (Total Quality Manufacture) ó "Manufactura de Calidad Total" que son:

- El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable.
- El personal técnico calificado debe tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.



- Se debe tener un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar desde uno hasta varios años.
- También deberá tener lugar un cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.

TPM le dá un nuevo enfoque al mantenimiento. se hace a un lado el antiguo concepto de que éste es una actividad improductiva y se otorgan los tiempos requeridos para mantener el equipo que ahora se consideran como una parte del proceso productivo. El objetivo es reducir o eliminar los paros de emergencia, los servicios de mantenimiento.

### **3.1.1 Objetivos del TPM**

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

**Objetivos estratégicos:** Construir capacidades competitivas desde las operaciones de producción, gracias a su contribución a la mejora de la eficiencia del sistema productivo, flexibilidad y respuesta, reducción de costos operativos y conservación de la maquinaria.

**Objetivos operativos:** Asegurar la disponibilidad máxima de la maquinaria y equipos, a costos razonables. Mantener la planta y equipo con el máximo de economía, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de la maquinaria y emplear el verdadero potencial del área de mantenimiento y reemplazo a períodos predeterminados.

**Objetivos organizativos:** Fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno inmediato creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

### **3.1.2 Características del TPM**

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación activa de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener maquinaria.
- Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener la maquinaria funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de la maquinaria y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

### **3.1.3 Plan de información y capacitación de la filosofía del TPM**

Dentro del método de implementación del TPM, la primera fase es realizar un plan de información y capacitación hacia la filosofía que involucra el TPM y las ventajas que este tiene en su lugar de trabajo dirigido inicialmente a los integrantes del grupo TPM. Es necesario además capacitar al personal de operadores de maquinaria y mecánicos permitiendo nivelar sus conocimientos básicos. Luego de esta fase es necesario el entrenamiento del operador en actividades y destrezas de mantenimiento, este entrenamiento será posible con un cambio de actitud y suficiente motivación para ser asimilado por el operador y las personas encargadas del mantenimiento.

**Tabla 3.1: Plan de Capacitación TPM**

CAPACITACIÓN	TIEMPO	TEMPORADA
<p>Conocimientos básicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Matemáticas</li> <li>▶ Administración del mantenimiento</li> <li>▶ Procesos de manufactura</li> <li>▶ Metrología</li> <li>▶ Resistencia de materiales</li> <li>▶ Motores de combustión interna</li> <li>▶ Inglés técnico</li> <li>▶ Tecnología mecánica</li> <li>▶ Diagnóstico de fallas</li> </ul> <p><b>Ver Anexo 3.1 (Planes Analíticos)</b></p>	<p>400 horas teóricas / 400 horas prácticas</p>	<p>1er. año, Luego de la aprobación de la implementación.</p>
<p>Iniciación en el TPM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Qué es?</li> <li>▶ Cómo funciona?</li> <li>▶ Sus principios</li> <li>▶ Sus ventajas</li> </ul>	<p>10 horas</p>	<p>2do. mes, luego del año de conocimientos básicos</p>
<p>Como aplicar el TPM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Uso de Formatos</li> <li>▶ Aplicación de registros.</li> <li>▶ Principios del Mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las 5´S</li> <li>○ Mantenimiento Autónomo</li> <li>○ Mantenimiento Planeado</li> </ul> </li> </ul>	<p>10 horas</p>	<p>3er mes</p>
<p>Uso del Software y herramientas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistema API/PRO, módulo mantenimiento.</li> <li>▶ Uso herramientas de análisis de problemas Ishikawa, Pareto.</li> </ul>	<p>30 horas</p>	<p>4to mes</p>

Mejora continua y Gestión de Calidad.	10 horas	5to mes.
Uso de herramientas y ventajas	5 horas	1er. semestre
Charlas de uso adecuado de maquinaria por Caterpillar y Komatsu	2 horas	1er. semestre

Fuente Tabla 3.1: M. Hurtado P. Castellanos septiembre 2005

## 3.2 APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN EL TPM

### 3.2.1 Herramientas Estadísticas.

Son una técnica poderosa para separar la variación generada por las causas comunes y las causas especiales dentro del proceso de producción. Existen cartas de control por variables y por atributos.

**Tabla 3.2 Cartas por variables vs. Atributos**

VARIABLE	ATRIBUTOS
Información Cuantitativa	Información Cualitativa
Tienen un número infinito de valores	Tienen dos valores: Si/No, defectuoso/no defectuoso, bueno/malo, pasa/no pasa
Características que tienen dimensiones continuas	Los ítems son de valoración subjetiva y no pueden ser comparados fehacientemente
Valor medible, dimensional y puede ser evaluado.	

Fuente Tabla 3.2: M. Hurtado P. Castellanos septiembre 2005

Para el análisis y seguimiento del desempeño de la maquinaria, se utilizará las cartas de control por variables, ya que los factores son medibles y tienen características dimensionales continuas además que nos entregan una información cuantitativa.

## Gráfica de control de promedio y desviación estándar

El gráfico de control de la media, también llamado Gráfico  $\bar{x} - \sigma$  recoge la evolución del promedio muestral, en muestras de tamaño  $n$ , de la característica de calidad de interés. Si la variable  $X$  sigue una distribución normal, el promedio muestral  $\bar{x}$  será también normal. Si la variable original no es normal, pero  $n$  es elevado, por el teorema central del límite  $\bar{x}$  será aproximadamente normal. Existen, además, transformaciones que permiten convertir una variable aleatoria continua asimétrica en una variable que se aproxime razonablemente a la normal. Por otra parte, si el proceso está en estado de control, es muy razonable esperar que la variable de interés sea normal. Por esta razón, la construcción de los gráficos  $\bar{x} - \sigma$  se realiza suponiendo que el promedio muestral sigue una distribución normal.

Por tanto la distribución del estadístico promedio muestral  $\bar{x}$  es,

$$\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{n}\right),$$

donde  $\mu$  y  $\sigma$  son la media y desviación estándar típica, respectivamente, de la variable de interés  $X$  cuando la variabilidad procede solo de causas no asignables, es decir, cuando el proceso está bajo control.

El promedio y la desviación estándar se calcula:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N}}$$

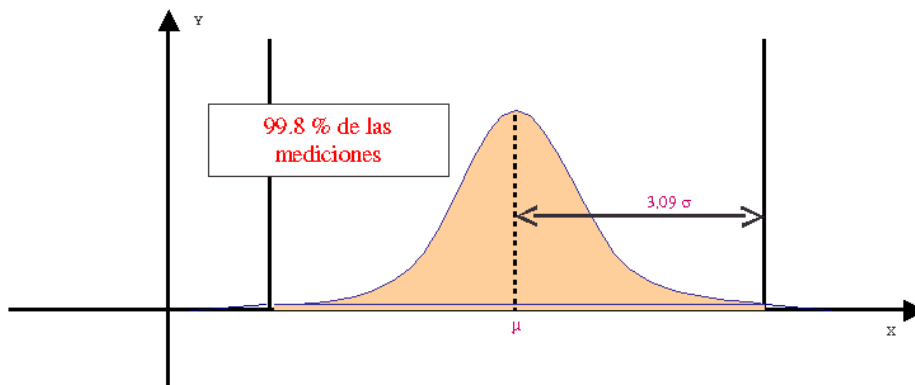
Luego se calculan los Límites de Control de la siguiente manera:

$$\text{Lím. Superior} = \bar{X} + 3,09 \cdot \sigma$$

$$\text{Lím. Inferior} = \bar{X} - 3,09 \cdot \sigma$$

Estos límites surgen de la hipótesis de que la distribución de las observaciones es normal. En general se utilizan límites de 2 sigmas ó de 3 sigmas alrededor del promedio. En la distribución normal, el intervalo de 3,09 sigmas alrededor del promedio corresponde a una probabilidad de 0,998.

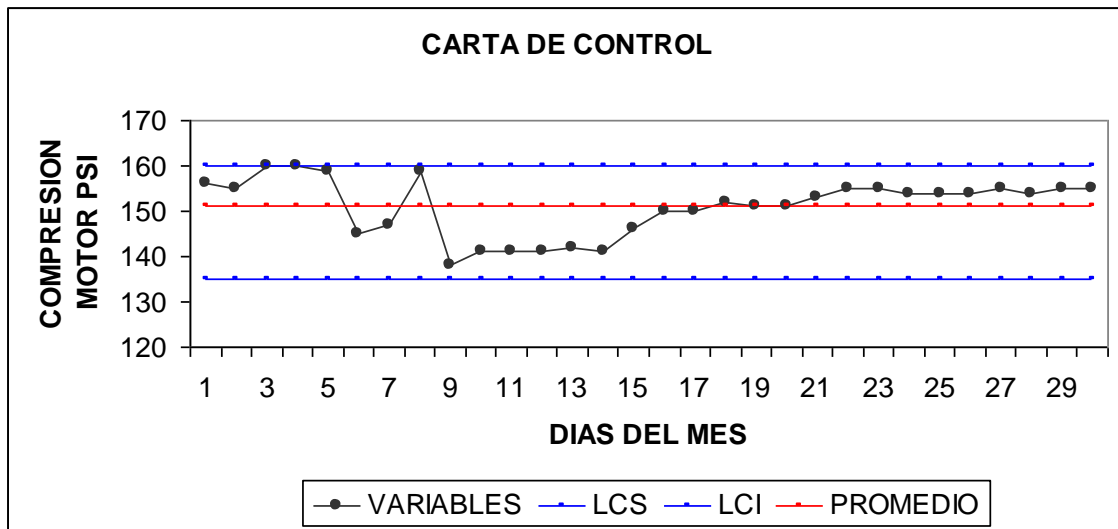
### **Grafico 3.1: Intervalos de medición estadísticos**



Fuente Grafica 3.1: M. Hurtado P. Castellanos octubre 2005

Entonces, se construye un gráfico de prueba y se traza una línea recta a lo largo del eje de ordenadas (Eje Y), a la altura del promedio (Valor central de las variables) y otras dos líneas rectas a la altura de los límites de control.

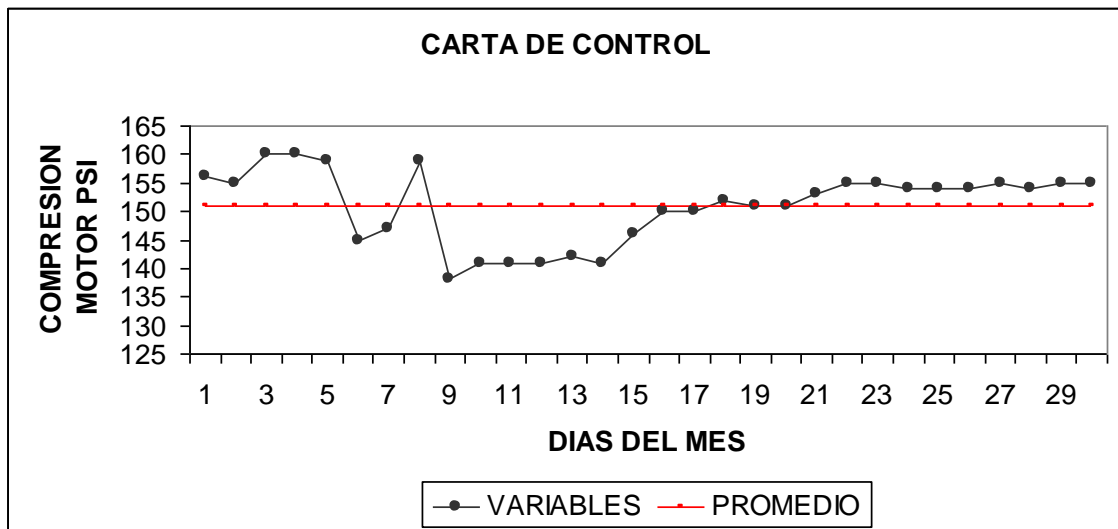
**Grafico 3.2: Cartas de Control Compresión(psi) motor Tractor (Límites).**



Fuente Grafica 3.2: M. Hurtado P. Castellanos octubre 2005

En este gráfico se representan los puntos correspondientes a las variables con las que se calcularon los límites de control.

**Grafico 3.3 Cartas de Control Compresión(psi) motor Tractor (Promedio).**

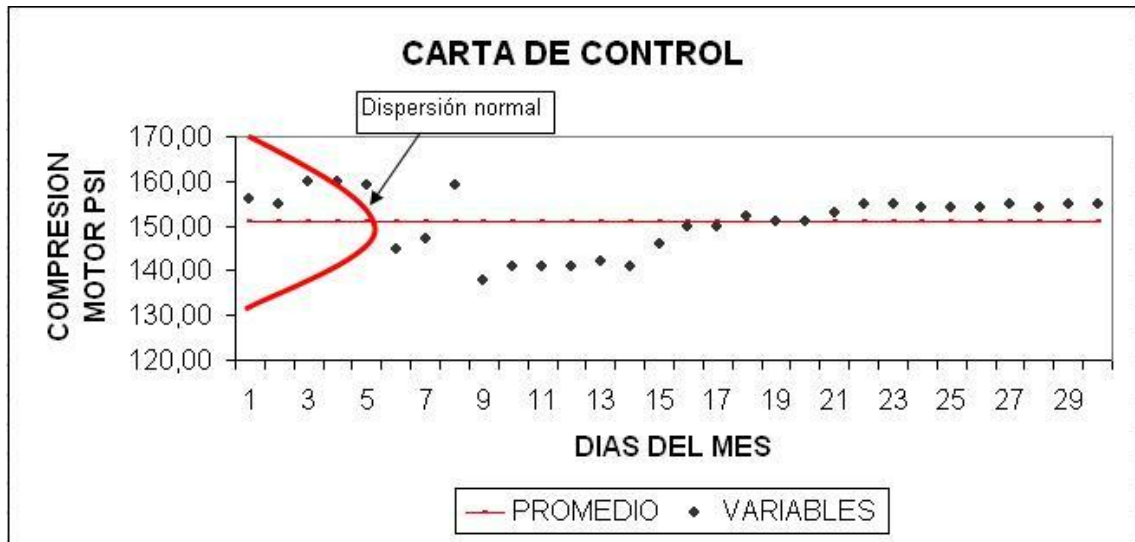


Fuente Grafica 3.3: M. Hurtado P. Castellanos octubre 2005

Este gráfico de prueba se analiza detenidamente para verificar si está de acuerdo con la hipótesis de que la variabilidad del proceso se debe sólo a un sistema de causas aleatorias o si, por el contrario, existen causas asignables de variación. Esto se puede establecer porque cuando la fluctuación de las

mediciones se debe a un sistema constante de causas aleatorias la distribución de las variables es normal.

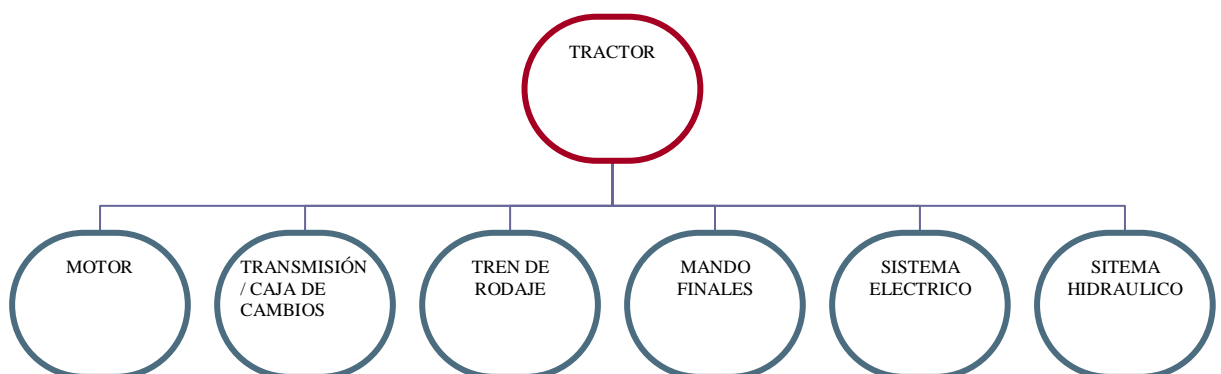
**Grafico 3.4 Cartas de Control Compresión(psi) motor Tractor (Dispersión).**



Fuente Grafica 3.4: M. Hurtado P. Castellanos octubre 2005

Variables que causan el deterioro y el aparecimiento de fallas en la maquinaria

**Grafico 3.5: Secciones de Maquinaria para Determinación de Variables de Diagnóstico y Estructurales.**



Fuente: Grafico 3.5. P. Castellanos y M. Hurtado

Ver Anexo 3.2 (Variables para la elaboración de las cartas de control)



### **3.2.2 Herramientas administrativas.**

Las herramientas administrativas de calidad son ayudas que nos facilitan el trabajo, existen algunas herramientas como gráficas, métodos, procedimientos, etc.; pero por su aplicabilidad y características las más afines a este proyecto que nos sirven para desarrollar en forma práctica y sencilla el trabajo administrativo de conservación de la maquinaria.

#### **3.2.2.1 Técnicas Exploratorias.**

##### **3.2.2.1.1 Principio de Pareto.**

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Esta es una herramienta que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

1. Decidir el problema a analizar.
2. Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
3. Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
4. Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.

5. Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
6. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.
7. Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
8. Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.
9. Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituye las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

#### **3.2.2.1.2 Lluvia de Ideas (Brainstorming)**

La lluvia de ideas es una manera en que los grupos generan tantas ideas como sea posible en un período muy breve aprovechando la energía del grupo y la creatividad individual. Se trata de un método desarrollado por A.F. Osborne en los años 1930.

La lluvia de ideas es muy útil cuando se trata de generar ideas sobre problemas, aspectos para mejorar, posibles causas, otras soluciones y oposición al cambio. Al presentar la mayor cantidad de ideas posibles en corto período e invitar a todos los miembros del grupo a participar, esta herramienta ayuda a la gente a pensar con mayor amplitud y tener otras perspectivas. Sirve para que las ideas se propaguen por la influencia que ejercen entre ellas. Pero no sirve para reemplazar a los datos.

## **Procedimiento para realizar la lluvia de ideas.**

- Escriba en un lugar claro y legible la pregunta o la cuestión a estudiar mediante una lluvia de ideas, o bien use algún otro lugar que todos puedan ver. Cerciórese de que todos entiendan bien el tema.
- Repase las reglas de la lluvia de ideas:
  - No analice las ideas durante la lluvia de ideas.
  - No abra juicio: no se permite criticar la idea de otra persona.
  - Se aceptan todas las ideas: no sea convencional.
  - Aproveche las ideas de otros para basarse en ellas.
  - La cantidad de ideas es importante.

## **Precauciones al realizar la lluvia de ideas**

- La lluvia de ideas es una técnica para generar ideas, pero cada una tiene que tener algún fundamento.
- El análisis o la crítica de las ideas durante la lluvia de ideas prolonga la duración del ejercicio y limita el flujo de ideas creativas. Deje el análisis de las ideas para el final.
- Si alguna persona o un grupo de personas domina el análisis, el líder tendrá que cambiar el formato de la lluvia de ideas a uno más estructurado.

### **3.2.2.1.3 Diagrama Ishikawa (Causa – Efecto)**

Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Algunas veces es denominado *Diagrama Ishikawa* o *Diagrama Espina de Pescado* por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los

grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

El Diagrama de Causa y Efecto se debe utilizar cuando se pueda contestar “sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

1. ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
2. ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

El uso de un Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

El desarrollo y uso de Diagramas de Causa y Efecto son más efectivos *después* de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido.

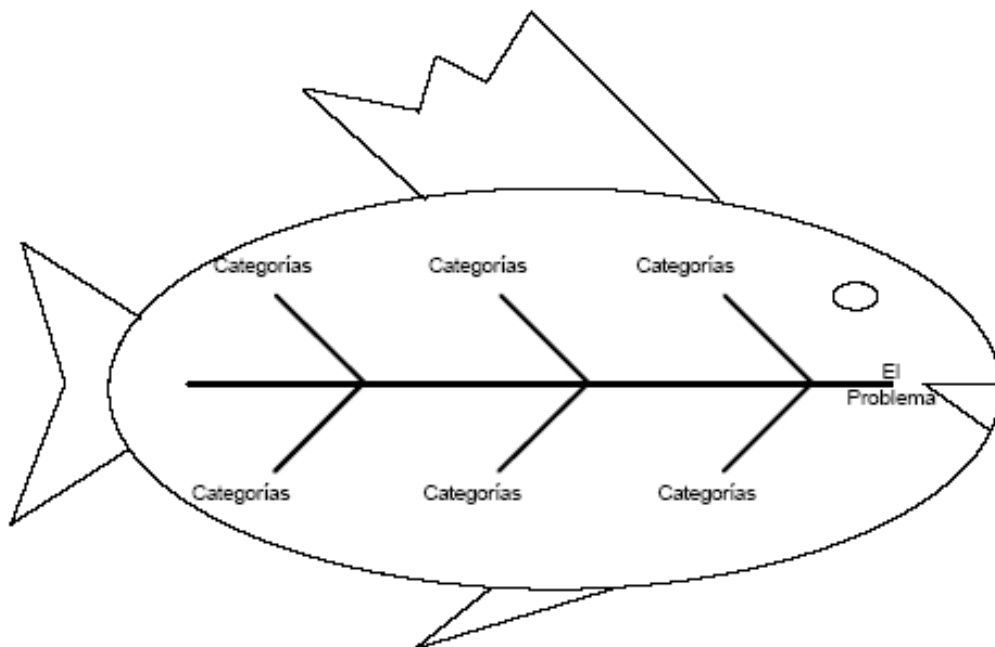
### **Procedimiento para realizar el diagrama Causa Efecto**

1. Identificar el problema. El problema es algo que queremos mejorar o controlar. El problema deberá ser específico y concreto. Esto causará que el número de elementos en el Diagrama sea muy alto.
2. Registrar la frase que resume el problema. Escribir el problema identificado en la parte extrema derecha del papel y dejar espacio para el resto del Diagrama hacia la izquierda. Dibujar una caja alrededor de la frase que identifica el problema (algo que se denomina algunas veces como la cabeza del pescado).
3. Dibujar y marcar las espinas principales. Las espinas principales representan el *input* principal/ categorías de recursos o factores causales. No existen reglas sobre qué categorías o causas se deben utilizar, pero las más comunes utilizadas por los equipos son los materiales, métodos, máquinas, personas, y/o el medio.
4. Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema. Este es el paso más importante en la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto. Las ideas generadas en este paso guiarán la selección de las causas de raíz.

Es importante que solamente causas, y no soluciones del problema sean identificadas.

5. Identificar los candidatos para la “causa más probable”. Las causas seleccionadas por el equipo son opiniones y deben ser verificadas con más datos.
6. Cuando las ideas ya no puedan ser identificadas, se deberá analizar más a fondo el Diagrama para identificar métodos adicionales para la recolección de datos.

### **Gráfico 3.6: Ejemplo Diagrama Causa-Efecto**



Fuente Gráfico 3.6: M. Hurtado-P. Castellanos

## **3.2.2.2 Técnicas de Registro**

### **3.2.2.2.1 Hoja de Verificación o Checklist.**

Es una planilla confeccionada para evidenciar o verificar la recurrencia de un determinado parámetro. Previo a su confección se deben determinar los siguientes ítems, respondiendo a las preguntas: QUE, CUANDO, CUANTO, CUANTAS VECES, QUIEN DEBE, DONDE Y COMO VERIFICAR?. Las respuestas obtenidas servirán para concentrar la atención sobre los datos

fundamentales, descartando aquellos anexos y sin importancia para el tema analizado.

Con el checklist se puede:

- Confirmar la ejecución de las tareas según la planificación prevista.
- Controlar la repetibilidad de cierto defecto o falla.
- Verificar dimensionalmente determinado parámetro de un producto o proceso.
- Confirmar la aceptabilidad de las ideas de una sesión (Brainstorming).

### **3.3 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

Siguiendo una metodología de búsqueda del mejoramiento en la administración del mantenimiento y promoviendo un estudio constante de los procedimientos dentro del GTA, las acciones administrativas del mantenimiento se basarán en dos fuentes importantes y complementarias, la primera es la Directiva N.- 07 del CEE, documento que es un instructivo para la administración del mantenimiento, y segundo la administración según Agustín Reyes Ponce.

#### **3.3.1 Previsión.**

"El análisis de la información relevante del presente y del pasado, ponderando probables desarrollos futuros de tal manera que puedan determinarse los cursos de acción (planes) que posibiliten a la organización para el logro de objetivos" (Sisck y Sverdlik).

"Es el elemento de la administración en el que con base en las condiciones futuras en que una empresa habrá de encontrarse, reveladas por una investigación técnica, se determinan los principales cursos de acción que nos permitirán realizar los objetivos de la empresa" (Agustín Reyes Ponce).

"Es calcular el porvenir y prepararlo. Hacer articular los programas de acción". (Henri Fayol).

Entonces, se entiende por previsión como aquella etapa del proceso administrativo donde se diagnostica a través de datos de mantenimiento históricos y actuales que sean relevantes, en los que se desenvolverá el GTA en el mediano como en el largo plazo.

### **Principios cualitativos de la Previsión.**

*Principio de consistencia de dirección:* Se debe ser estables y coherentes cuando se tome una decisión, y mantener la firmeza hasta finalizar lo que se ha propuesto en el TPM. Si surgieren inconvenientes, debe buscarse alternativas de solución resolver los problemas e ir siempre en el camino que se ha trazado.

*Principio de la Primacía:* Por ser la primera etapa del proceso administrativo del TPM, la previsión tiene incidencia directa e indirecta en el resto de etapas (planificación, organización, integración, dirección y control).

*Principio de la transitividad:* Tiene relación con el principio anterior, ya que la previsión está inmersa en las demás etapas del proceso administrativo del TPM y transita por todas.

*Principio de ejecutividad:* Todo lo que se haya propuesto realizar, se debe llevar a cabo en los tiempos programados, tratando de evitar demoras y situaciones que causen retraso a las operaciones del GTA.

### **3.3.2 Planeación.**

La Planificación es el proceso por el cual se obtiene una visión del futuro, en donde es posible determinar y lograr los objetivos, mediante la elección de un curso de acción.

Existen diversos tipos de planes, entre los que se tienen:

*Objetivos:* Son el resultado que se espera obtener, y hacia el cual se encaminan los esfuerzos conjuntos del TPM. El principal objetivo es aumentar la disponibilidad de la maquinaria reduciendo las causas que ocasionan los tiempos muertos en el mantenimiento.

*Metas:* Son los diferentes propósitos que se deben cumplir para lograr el objetivo. Las metas son fines más específicos que integran el objetivo de la empresa. Dentro de las metas del TPM tenemos:

- Capacitar a los operadores tecnológicamente para aumentar sus conocimientos a fin de elevar su responsabilidad en el mantenimiento de primer escalón a segundo escalón.
- Mejorar los procedimientos en el área de mantenimiento del GTA.
- Reducir los tiempos muertos relacionados con los retrasos administrativos.

*Políticas:* Son guías o lineamientos de carácter general, que indican el marco dentro del cual los empleados del GTA pueden tomar decisiones, usando su iniciativa y buen juicio.

- Promover la toma de conciencia del personal para lograr que los riesgos dentro del taller de mantenimiento sean nulos en cuanto a los procesos, impactos ambientales, a través de la prevención y el uso adecuado de los recursos.
- Para cumplir con la administración del mantenimiento el jefe de mantenimiento se regirá a los procedimientos de mantenimiento.

*Reglas:* Son normas precisas que regulan una situación en particular, dentro del GTA.

- Usar casco de seguridad mientras se este dentro del área de mantenimiento.
- Usar adecuadamente el plan de reciclaje de desechos.
- No fumar dentro del GTA.

*Programas:* Son planes que comprenden objetivos, políticas, estrategias, procedimientos, reglas, asignación de funciones y recursos, y las acciones necesarias para alcanzar los objetivos del TPM.

*Presupuestos:* Es un plan que representa las expectativas para un período futuro, expresados en términos cuantitativos. El presupuesto que se debe



asignar para la implementación del TPM así como el análisis económico financiero se encuentra detallado en el capítulo 7 de este documento.

*Procedimientos:* Son planes que señalan una serie de labores concatenadas que deben realizarse de acuerdo a una secuencia cronológica, para alcanzar los objetivos preestablecidos. Los procedimientos desarrollados dentro del método de implementación son:

- Procedimiento de mantenimiento correctivo.
- Procedimiento de mantenimiento preventivo.
- Directrices mantenimiento planeado.
- Directrices mantenimiento autónomo.

### **3.3.3 Organización**

Se refiere a la creación de una estructura, la cual determine las jerarquías necesarias y agrupación de actividades, con el fin de simplificar las mismas y sus funciones dentro del Grupo de Trabajo Amazónico.

A continuación se enumeran y explican los elementos de la organización los cuales son:

#### **Puestos y Responsabilidades**

En esta fase de la administración se enlistará todas las funciones a realizar por parte del personal del GTA.

#### **Ver Anexo 2.4 al 2.7 (Funciones personal GTA)**

Las responsabilidades del personal encargado de la implementación del GTA son las siguientes:

- El responsable de supervisión de las actividades del grupo TPM es el jefe de grupo.

- El responsable de planificar, organizar, dirigir y controlar la implementación del TPM es el grupo TPM.
- El grupo TPM estará conformado por el Jefe de Grupo a la cabeza, y miembros de la sección técnica, mantenimiento, supervisor SIG y operadores.

### **Identificación y codificación de los equipos.**

Una de las bases principales del TPM es la codificación y identificación de la maquinaria y equipos, dicha codificación debe de ser diferente a la codificación que se toma en el inventario o activos fijos.

### **Codificación de maquinaria y equipos.**

Como aseguramos anteriormente una de las bases para la administración es la Directiva N.- 07, la cual estipula que la codificación se debe realizar de la siguiente manera.

- Se tomará dos letras que representen el nombre de la maquinaria ej. Retroexcavadora “RX”
- Se tomará los cuatro últimos números de No de serie de la maquinaria ej. No. Serie 12345678 “5678”

Dando como resultado la codificación de la maquinaria según la Directiva N.- 7.

<b>RX</b>	<b>5678</b>
-----------	-------------

Para la codificación según el TPM se ha decidido mantener ese mismo código, ya que no representa problemas en cuanto a su manejo.

### **Ver Anexo 3.3 (Codificación de maquinaria GTA)**

Para el correcto manejo de la codificación de la maquinaria se pone a consideración ciertas reglas que deberán ser respetadas y usadas.

- El código de la maquinaria debe ser diferente al código del inventario.
- Se deberá pintar el código en los dos lados (izquierdo y derecho) de la maquinaria de color negro e inmediatamente debajo del logotipo del CEE, con el objetivo de que se pueda identificar el tipo de maquinaria y su número.

### **Imagen 3.1: Código vista maquinaria**



Imagen 3.1: Fuente Maquinaria GTA

- Entiéndase por maquinaria todo el equipo pesado, equipo rueda, equipo complementario asignado a una unidad o grupo de trabajo.

Las ventajas de esta identificación son:

- La mayor facilidad para el personal de mantenimiento de conocer o nombrar a la maquinaria.
- Un mejor control del libro de vida o bitácora de la maquinaria.
- Una mejor administración de los repuestos asignados a cada maquinaria.

### **Codificación de repuestos**

Para la codificación de los repuestos, se empleará tres campos los cuales nos permitirán:

El primer campo nos indica a que grupo de repuesto pertenece, este puede ser:

Mecánico.....M

Eléctrico.....E

Electrónico.....L

Hidráulico.....H

Instrumentación.....I

Varios.....V (Repuestos que no interfieren en el desempeño de la maquinaria)

El segundo campo nos indica la descripción del repuesto. Por ejemplo:

Rodamientos.....Rod

Neumáticos.....Neum

Baterías.....Bat

El tercer campo nos indica el número del ítem que será alfanumérico, teniendo las letras OC para la orden de compra y EB para egreso de bodega, acompañado de su respectivo número dependiendo del pedido, con esto se podrá establecer un control en el mantenimiento de la maquinaria.

### **Ver Anexo 3.4 (Codificación repuestos GTA)**

### **Identificación de las actividades de mantenimiento relacionadas con el operador y el personal de mantenimiento.**

Es importante aclarar e identificar las actividades del personal de mantenimiento y los operadores, ya que son ellos quienes son la mano de obra que está inmersa en la producción del grupo de trabajo.

El operador capacitado puede realizar tareas básicas de mantenimiento en su equipo dentro de las que se puede incluir inspecciones y reparaciones menores, ya que el operador es quien tiene más contacto con la maquinaria.

El operador ayuda al personal de mantenimiento a identificar y detectar anomalías tempranas en la maquinaria, entregando información necesaria sobre el daño para que este sea analizado y corregido.

En el siguiente cuadro se indica las actividades tanto del operador como del personal de mantenimiento, encaminadas a mejorar el estado de la maquinaria.

### **Cuadro 3.1 Actividades de mantenimiento**

<b>Operador</b>	<b>Personal de Mantenimiento</b>	<b>Actividades conjuntas</b>
El operario es pieza importante en la identificación de problemas y fallas en la maquinaria	El personal se encarga de identificación física y la posterior reparación o cambio de las piezas que tengan problemas en la maquinaria.	Los operarios y los mecánicos trabajan en equipo en la manutención y buen estado de la maquinaria
Revisión de fluidos, instrumentación, mandos de control y neumáticos.	Se encargan de la reparación y del cambio de estas partes siguiendo las directivas de mantenimiento.	Realizar procedimientos conjuntos de cambios reparaciones e inspecciones de las piezas, fluidos y neumáticos y tener presente el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo.
Revisión e inspección de piezas o partes fuera de su lugar, seguir normas de seguridad industrial	Inspección, ajuste o cambio de dichas piezas para seguridad de la maquinaria y del operador	Seguimiento de las normas de seguridad industrial.
Poner atención en sonidos fuera de lo común o movimientos extraños de la maquinaria.	Guiarse por las explicaciones de los operadores para identificar la falla y posteriormente cambiarla o repararla.	Realizar un mantenimiento correctivo en el que este presente el operador para saber los cambios hechos a su máquina y poder explicarlos en el caso de cambios de mecánicos.
Condiciones de trabajo con alta humedad, altas temperaturas y suelos corrosivos.	Fijar condiciones de humedad, de temperatura, suelos para la detección y prevención de fallas.	Involucrarse en el mantenimiento planeado.

Fuente Cuadro 3.1: M. Hurtado y P. Castellanos. Agosto 2005

#### **3.3.4 Integración**

La integración de personal se define de manera alternativa como administración de recursos humanos, que supone la planeación del recurso humano, reclutamiento, selección, contratación, inducción, evaluación, capacitación y desarrollo y mantenimiento del factor humano.

*Reclutamiento*, es buscar personal interesado en trabajar en el grupo TPM y ser participes de esta filosofía en mantenimiento.

*Selección*, se refiere a la evaluación de capacidades, experiencias y habilidades de un candidato, en relación con un puesto, para elegir al más apto a desempeñar dicho cargo. Se hace a través de entrevista, pruebas de inteligencia, habilidades y aptitudes, test psicológicos, etc.

*Inducción*, se refiere al acoplamiento entre la persona que ingresa al GTA a formar parte de la organización. Esta se realiza a nivel de empresa en general, unidad orgánica en la que laborará y puesto de trabajo.

*Capacitación y desarrollo*, con la cual se busca que el operador se desenvuelva cada vez mejor en su puesto de trabajo, y que le permita ascender dentro del grupo. Dentro de la capacitación al personal de operadores y mecánicos se tiene un plan de capacitación el cual se encuentra al inicio de este capítulo en el tabla 3.1.

### **3.3.5 Dirección**

La dirección es aquel elemento de la administración en el que se logra la realización efectiva de todo lo planeado, por medio de la autoridad del administrador, ejercida a base de decisiones, ya sea tomadas directamente, ya, con más frecuencia, delegando dicha autoridad, y se vigila simultáneamente que se cumplan en la forma adecuada todas las órdenes emitidas.

### **La Motivación**

La palabra motivación proviene del latín "motus", que significa movido, y "motio" que significa movimiento.

Según Harold Koontz, la motivación es un término genérico que se aplica a una serie de impulsos, deseos, necesidades, anhelos y fuerzas similares. Decir que los administradores motivan a sus subordinados, o sea, que realizan cosas con las que esperan satisfacer esos impulsos y deseos e inducir a los subordinados a actuar de determinada manera.

### **Teoría de la Jerarquía de las Necesidades.**

Esta teoría se enfoca en las necesidades internas de las personas, creada por Abraham Maslow, presenta cinco tipos de necesidades, las cuales están clasificadas jerárquicamente, así:

1. *Necesidades fisiológicas*: son aquellas indispensables para mantener el equilibrio orgánico en el individuo, tales como alimentación, sed, sueño, sexo, aire, vivienda, ropa, etc.

2. *Necesidades de Seguridad*: constituyen el deseo del individuo de tener seguridad tanto en lo físico como en lo psicológico, y acá se pueden mencionar a la seguridad ciudadana, estabilidad laboral, etc.

3. *Necesidades de pertenencia*: la necesidad de pertenecer a un grupo es vital para la existencia de las personas, por lo que se tiende a establecer relaciones afectivas con otros seres humanos.

4. *Necesidad de estima*: todo individuo necesita tener cierto grado de poder dentro de su grupo, ser respetado y autosuficiente, así como estatus y reconocimiento.

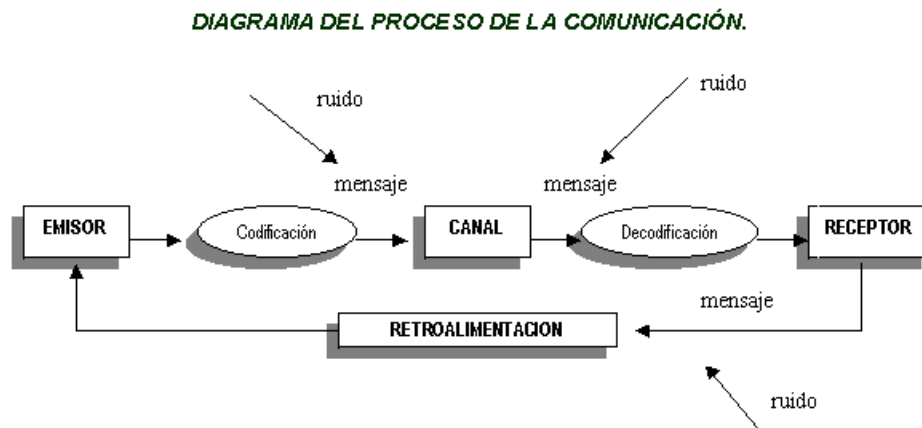
5. *Necesidad de autorrealización*: constituye la tendencia del hombre a desarrollar sus propias potencialidades, puede ser expresada como el deseo de llegar a ser todo lo que uno es capaz, por ejemplo, desarrollo de ideas creativas e innovadoras, superación académica y profesional, etc.

## **Comunicación**

Es la base para cualquier relación es la comunicación, o sea, la capacidad de una persona para transmitir sus sentimientos e ideas hacia otra. Para establecer la comunicación establecer los tres siguientes elementos básicos.

- ➔ Emisor
- ➔ Canal
- ➔ Receptor

### **Grafico 3.7: Proceso de Comunicación.**



Fuente Grafica 3.7: M. Hurtado y P. Castellanos. Agosto 2005

### **Toma de decisiones y Ejecución**

Todos tenemos que tomar decisiones constantemente. Estas van desde la decisión más elemental hasta las decisiones sumamente importantes que se toman al negociar acuerdos entre empresas por lo que desde el punto de vista administrativo podemos decir que la ejecución es una acción neta de la toma de decisión que realiza el jefe de grupo hacia sus subordinados o hacia las tareas del GTA.

### **Coordinación**

Otro de los puntos esenciales en la Dirección es lograr que los esfuerzos del grupo estén sincronizados y adecuados en tiempo, cantidad y dirección a esto se le llama coordinación. Cumpliéndose estos requisitos se obtendrán grandes rendimientos en la actuación de los recursos humanos del GTA.

#### **3.3.6 Control**

Stephen Robbins define el control como "un proceso de vigilar las actividades para cerciorarse de que se desarrollan conforme se planearon y para corregir cualquier desviación evidente". En tanto que James Stoner manifiesta que "el control administrativo es el proceso que permite garantizar que las actividades reales se ajusten a las actividades proyectadas".



El control se refiere a los mecanismos utilizados para garantizar que conductas y desempeño se cumplan con las reglas y procedimientos del GTA.

En este sentido, puede establecerse los siguientes aspectos por los cuales es de suma trascendencia el control en el GTA:

- Contribuye a medir y corregir la labor ejecutada por los operadores, a fin de lograr los propósitos.
- Se constituye para el jefe de grupo en una herramienta, a través de la cual se comprueban si los propósitos de la organización son alcanzados de acuerdo a la planificación.

### **El Proceso del Control**

Las técnicas y sistemas de control son esencialmente los mismos, ya sea dinero en efectivo, procedimientos rutinarios de oficina, calidad del producto o cualquier otra acción dentro de la empresa. Entonces, es necesario aclarar, que para ejercer el proceso de control en una organización, y sin importar que se va a controlar, existen tres pasos básicos que son:

- 1) Establecimiento de normas, parámetros y métodos;
- 2) Ejecución de las acciones correctivas.

*1) Establecimiento de normas, parámetros y métodos: Acá se encuentran incluidos todos los estándares o unidades de medición que se establezcan en la Planificación, y por lo tanto, la cantidad de unidades a producir, la cantidad de unidades a vender, requerimientos de calidad, etc. Sin embargo, puesto que los planes varían en lo que se refiere a su grado de detalle y complejidad, y dado que por lo general los administradores no pueden vigilarlo todo, es preciso establecer normas especiales. Por definición, normas son sencillamente criterios de desempeño. Esto significa que el establecimiento de normas se vuelve en establecer las metas y objetivos que quieren alcanzar los administradores de la organización. Estas deben definirse en términos claros y medibles, que indiquen plazos de tiempo determinados. Solamente de esta*

forma las metas se pueden evaluar con más facilidad en lo que concierne a cumplimiento y utilidad. Además, los objetivos bien definidos se pueden transmitir con facilidad, así como traducirlos a parámetros y métodos que se puedan usar para cuantificar el rendimiento.

2) Ejecución de las acciones correctivas: Esta etapa es necesaria sobre todo si el desempeño no cumple con los niveles establecidos y el análisis indica que se requiere una intervención. Las medidas correctivas pueden necesitar un cambio en una o varias actividades de las operaciones de la empresa, o bien, un cambio en las normas establecidas originalmente.

### **3.4 ORGANIZACIÓN DE LOS GRUPOS TPM DE TRABAJO**

Dentro de la filosofía del TPM, es necesario establecer un equipo de trabajo que involucre a todas las áreas que intervienen en el proceso productivo en el GTA. La creación de los grupos TPM tiene como objetivo mejorar la efectividad de la maquinaria y equipos a través de un trabajo organizado.

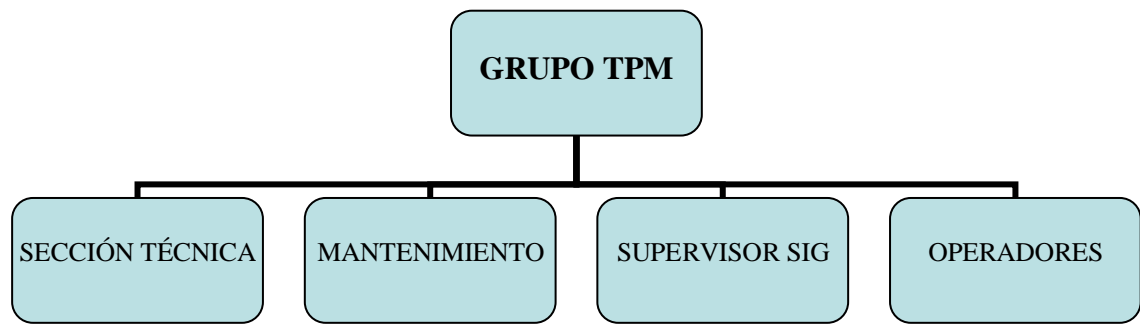
La elaboración de estos equipos de trabajo se realiza en forma voluntaria con los operadores que trabajan en una o varias maquinarias y que estén dispuestos a formar parte del equipo.

El equipo de trabajo o grupo TPM está conformado de 4 a 7 integrantes los cuales deben pertenecer a las áreas de:

- Sección Técnica
- Control de Calidad ó Supervisor SIG
- Mantenimiento
- Operadores

El objetivo principal del grupo TPM es analizar e identificar los problemas en la maquinaria y dar soluciones o propuestas para su mejoramiento, sin menospreciar las ideas que se den dentro de este grupo.

**Gráfico 3.8: Organigrama estructural Grupo TPM propuesto.**



Fuente Gráfico 3.8: M. Hurtado y P. Castellanos Agosto 2005

El Jefe de Grupo es quien dirigirá las actividades del Grupo TPM y a su vez estará encargado de la conformación del mismo con personal dispuesto a formar parte de este grupo en cada una de sus áreas.

## **CAPITULO 4**

### **APLICACIÓN DEL TPM-EM**

#### **4.1 DEFINICIÓN TPM-EM.**

Uno de los primeros componentes dentro del TPM es el TPM-EM, el cual tiene como objetivo primordial el mantener la maquinaria tanto en su rendimiento como en su disponibilidad al máximo, lo que llevará a que la producción sea más estable.

Los planes de mejora de la disponibilidad y rendimiento se los realizará con el objetivo de eliminar factores prioritarios que se los puede identificar usando las herramientas tales como pareto o diagrama causa – efecto.

Estas herramientas son prioritarias en la identificación de fallas, ya que por medio de ellas se puede conocer o identificar las causas y a su vez tener un diagnostico adecuado y completo de fallas, causas y soluciones que se pueda plantear el problema que tenga la maquinaria, ya sea en ese momento o problemas que la maquinaria este acarreando tiempo atrás.

El mantenimiento tiene como fines los siguientes:

- Reducir descomposturas y accidentes causados por el equipo.
- Incrementar los tiempos de producción y operación.
- Reducir los costos y tiempos de mantenimiento.
- Incrementar la calidad de los servicios y productos.

#### **4.1.1 ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN DEL GRUPO TPM**

La administración del equipo o maquinaria está dividido en Sección Técnica y Departamento de mantenimiento. La prevención del mantenimiento por medio del grupo TPM es un aspecto significativo en la Ingeniería del mantenimiento.

La meta de las actividades de prevención del grupo TPM es reducir los costos de mantenimiento y pérdidas por deterioro en la maquinaria, considerando los datos de mantenimiento pasados para alta confiabilidad de mantenimiento, operatividad, seguridad y otros requerimientos.

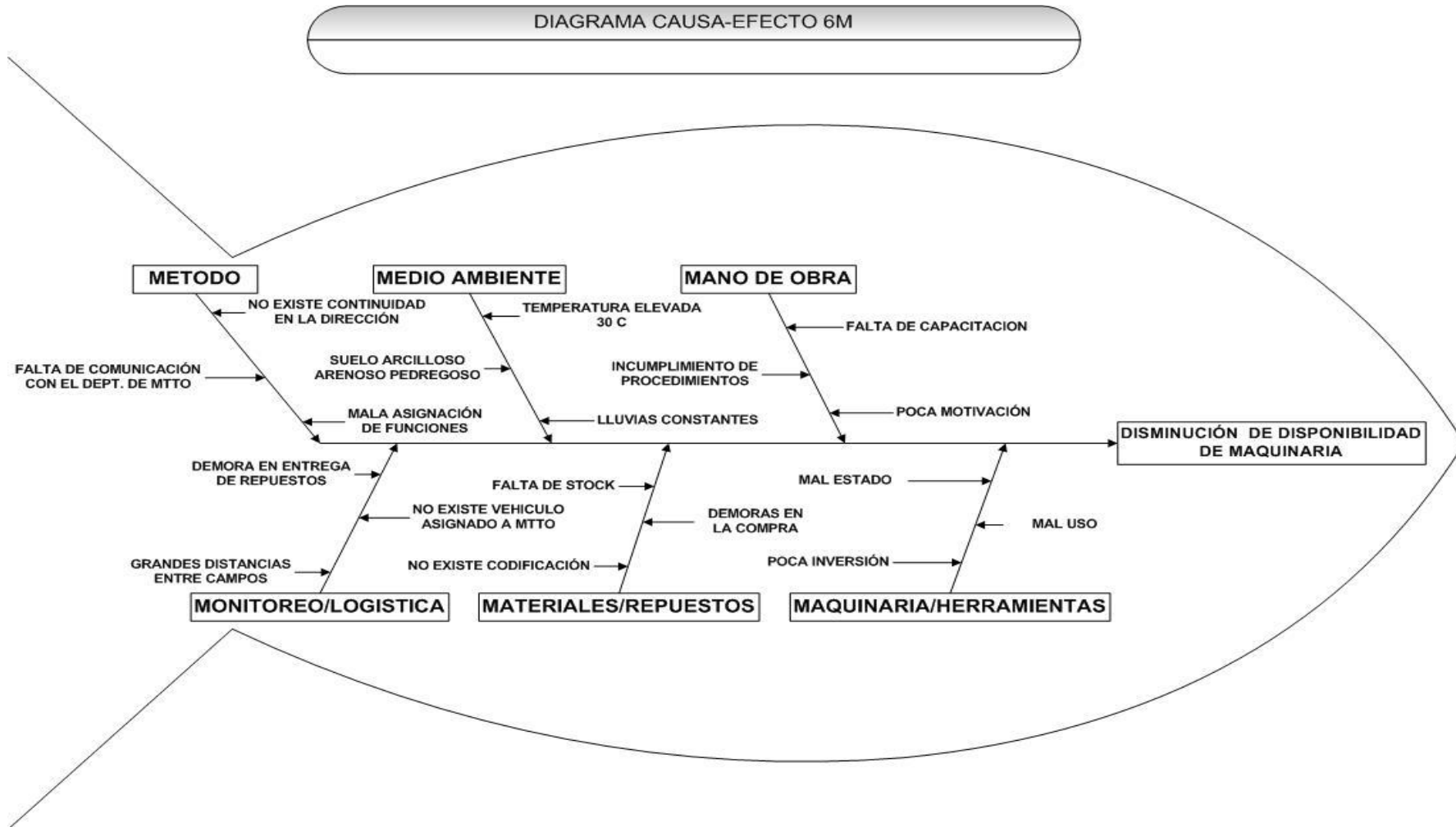
#### **4.2 ANÁLISIS BÁSICO DE LOS PROBLEMAS EN LOS EQUIPOS.**

Dentro del análisis básico de los equipos se hablan de los problemas más importantes que disminuyen la disponibilidad de la maquinaria dentro del taller de mantenimiento.

Dentro de las causas que generan esta disminución de disponibilidad están problemas de tipo administrativo, logístico, costos, repuestos, mano de obra y herramientas; los cuáles consideramos son los más incidentes para que se presente el problema.

A continuación se muestra el diagrama Causa-Efecto, el cuál es el resultado de una sesión de lluvias de ideas con el fin de determinar las posibles causas.

**Grafico 4.1**



Fuente Grafico 4.1: M. Hurtado y P. Castellanos Septiembre 2005.

### 4.3 PLANIFICACIÓN DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS EN LOS EQUIPOS.

Luego de analizar las diferentes causas de los problemas de la maquinaria y haber definido el problema, se formulan las posibles alternativas según los principios del TPM.

**Cuadro 4.1 Alternativas de Solución**

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION 1	SOLUCION 2
<b>MANO DE OBRA</b>	Falta de capacitación	Contratar capacitación externa	Promover programas de capacitación técnica, talleres, procedimientos y manejo de formatos
	Poca motivación	Aplicar técnicas científicas de motivación tales como <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teoría X y Y de la motivación.</li> <li>- Teoría de Jerarquía de Necesidades</li> </ul>	Fomentar las buenas relaciones entre operadores, mecánicos, supervisores y jefes. Organizar reuniones periódicas con el personal operativo y de mantenimiento con el fin de escuchar sus iniciativas y recomendaciones
	Incumplimiento de procedimientos	Incrementar multas y advertencias con el fin de cumplir procedimientos	Supervisar que el personal de mantenimiento cumpla con los procedimientos de mantenimiento correctivo.

<b>MAQUINA / HERRAMIENTAS</b>	Mal uso	Supervisar y controlar estrictamente el manejo de herramientas por parte de los operadores, y tomar las debidas acciones en caso de perdidas o mal uso.	Invertir en herramientaje nuevo necesario para los mantenimientos correctivos de acuerdo a la asignación de cada mecánico. Distribuir herramientas de buena calidad a los campos y frentes de trabajo. Realizar talleres de capacitación sobre el buen uso de la herramienta.
	Mal estado		
	Poca inversión		
<b>MATERIALES / REPUESTOS</b>	Falta de stock	Implementar un sistema automatizado que ayude con la administración de los repuestos.	Determinar a tiempo la falta de repuestos en stock en bodega. Agilizar los procedimientos administrativos que permitan realizar las adquisiciones y compras con mayor facilidad y rapidez. Seguir el modelo de codificación que se presenta en este proyecto.
	Demoras en compra		
	No existe codificación		
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	Temperatura elevada 30 C	Tomar precauciones necesarias en la operación de la maquinaria tomando en cuenta las	Tener un plan especifico de mantenimiento para el sistema de refrigeración de los motores de la



	Suelos arcillosos, arenosos y pedregosos	condiciones ambientales	maquinaria, además realizar la implementación del TPM en el GTA y a su vez aplicar el mantenimiento planeado
	Lluvias constantes		
<b>MONITOREO/LOGISTICA</b>	No existe vehiculo asignado a mantenimiento	Asignar un vehiculo dotado al GTA para que sea parte del Área de mantenimiento.	Asignar un vehiculo nuevo adecuado para las actividades netas del departamento de mantenimiento
	Demora en entrega de repuestos	El auxiliar de mantenimiento debe prever la adquisición de repuestos, con la ayuda de un sistema computarizado.	Permitir que el Grupo TPM avalice y determine la importancia de la adquisición de repuestos y su respectiva logística, para lograr una entrega justo a tiempo (JIT).
	Grandes distancias entre campos	Asignar una persona encargada de entregar repuestos en los campos periódicamente	Mejorar la logística con un vehiculo de mantenimiento. Realizar un mantenimiento a las vías que conducen a los campos ya que esto mejorara los tiempos de entrega de los repuestos.

<b>MÉTODO</b>	No existe continuidad en la dirección	Se recomienda la creación de una subjefatura de grupo que estará encargada por un civil con título de ingeniero civil con amplia experiencia	Al ser una unidad militar existe rotación de los jefes de grupo, como solución promover la continuidad de los proyectos. Se recomienda que el jefe de grupo tenga un periodo de 2 años como máximo en sus funciones.
	Poca comunicación con el departamento de mantenimiento	Establecer un cronograma de actividades con las diferentes secciones del GTA para acoger sugerencias y necesidades	Mejorar las relaciones interdepartamentales. Promover reuniones interdisciplinarias asistidas por el grupo TPM.
	Mala asignación de funciones	Realizar una re-planteación de funciones en las secciones del GTA	Cumplir y hacer cumplir con la lista de funciones de trabajo presentadas en la directiva No.7 del CEE.

Cuadro 4.1: Fuente M. Hurtado y P. Castellanos Septiembre 2005.

#### 4.3.1 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ADECUADA.

Para la selección de la mejor alternativa nos guiaremos por el método de la matriz de ponderación, que nos guiará hacia la mejor alternativa.

Para realizar este análisis es necesario realizar una matriz de análisis de valor para saber el porcentaje de importancia de los factores.

**Tabla 4.1 Matriz de Análisis de Valor.**

Factores							PUNTAJE	%	% Suavizado
	1	2	3	4	5	6			
MANO DE OBRA	X	1	1	1	1	1	5	33,33%	30,00%
METODO		X	1	1	1	1	4	26,67%	25,00%
MATERIALES			X	1	1	1	3	20,00%	20,00%
MEDIOAMBIENTE				X	1	1	2	13,33%	15,00%
MAQUINAS					X	0,5	0,5	3,33%	5,00%
MONITOREO					0,5	X	0,5	3,33%	5,00%
<b>TOTAL</b>							<b>15</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente Tabla 4.1: M. Hurtado, P. Castellanos

**Tabla 4.2 Matriz Ponderada de Selección**

Factores	PONDERACION		Solución 1	Solución 2
	% de Importancia	Puntos de calificación		
MANO DE OBRA	30,00%	60	40	58
METODO	25,00%	50	30	47
MATERIALES	20,00%	40	33	37
MEDIOAMBIENTE	15,00%	30	27	23
MAQUINAS	5,00%	10	2	9
MONITOREO	5,00%	10	9	6
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>200</b>	<b>141</b>	<b>180</b>

Fuente Tabla 4.2: M. Hurtado, P. Castellanos

Como podemos observar la matriz nos muestra que la alternativa mas adecuada para esta solución es la 2, la cual toma un puntaje de ponderación de 180 puntos, con esto podemos recomendar la aplicación de las soluciones que se muestran en esta alternativa.

## **CAPITULO 5**

### **APLICACIÓN DEL TPM EN LAS CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO**

#### **5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO MC.**

Es imperativo reconocer que el mantenimiento correctivo tiene dos enfoques:

- a) cuando una máquina o pieza de la misma se ha dañado ya se en forma fortuita o aleatoria durante la operación.
- b) Cuando el mantenimiento correctivo se lo realiza mediante un paro planeado antes de que el fallo se produzca (diagnostico).

Este tipo de mantenimiento se lo puede realizar tanto en el taller de mantenimiento como en el lugar donde la maquinaria se paro; así las reparaciones pueden ser parciales y definitivas. Parciales hasta que la maquinaria pueda moverse o transportarse al taller para realizar la reparación definitiva.

El mantenimiento correctivo dentro del Grupo de Trabajo Amazónico es un mantenimiento hasta III escalón, ya que el IV y V escalón se realiza en los talleres del CEMAT-CEE ubicado en Quito.

##### **5.1.1 ESTANDARIZACIÓN DE PLANES DE MC**

En el TPM las acciones requeridas de mantenimiento correctivo hasta segundo escalón, deberán ser solucionadas por el mecánico-operador.

Para la estandarización de los planes de mantenimiento, se procederá ha normalizar una metodología de observación directa del problema (Gemba Gembutsu), la cual nos proporciona el seguimiento de pasos para evitar la intervención o reparación sin considerar la totalidad de las causas raíces que presenta la falla o avería en la maquinaria para el III escalón de mantenimiento.

## **Paso 1. Diagnostico de la falla de la avería e Inspección del sitio operacional de reparación parcial.**

Una vez que se de el aviso de que una maquinaria esta parada por una avería, el equipo encargado del mantenimiento correctivo debe movilizarse al sitio donde se encuentra la maquinaria averiada en donde se debe evaluar los riesgos de potenciales de accidentes, esto conlleva a que el mecánico o encargado de mantenimiento tome las medidas de seguridad para evitar los riesgos contra la integridad física de las personas alrededor de la maquinaria; dentro de la medidas de seguridad que el mecánico debe usar se encuentran:

- ▶ Conos de seguridad
- ▶ Cintas de seguridad mostrando “PELIGRO”
- ▶ Vallas en donde se muestre que la maquinaria esta en reparación o parada.

## **Paso 2. Generar la orden de trabajo**

El área de mantenimiento, al recibir la solicitud de trabajo inmediatamente procederá a generar la orden de trabajo. Se establecerá que toda tarea que necesite cierta preparación y conocimiento de la maquinaria se la realice teniendo como respaldo la orden de trabajo emitida por el oficinista de mantenimiento.

## **Paso 3. Información de la falla.**

Para que el equipo mecánico de mantenimiento correctivo lleve a cabo el levantamiento de la información sobre la falla, este debe guiarse en la solicitud de trabajo emitida por los operadores de maquinaria, donde se describe la maquinaria, la identificación de la maquinaria o parte de esta que este averiada, fecha, hora que ocurrió la avería y descripción detallada de cómo sucedió la avería.

Para tener una mejor perspectiva de la causa de la avería el mecánico deberá recurrir a los registros históricos de las averías en la maquinaria, contenido en el libro de vida del equipo pesado, esto con el objetivo de poder aclarar la clase

de problema que va a enfrentar y plantearse una hipótesis sobre la inspección detallada que tendrá que probar.

#### **Paso 4. Identificación del problema**

Para el mejor análisis de la falla el jefe del área de mantenimiento, dependiendo de la complejidad de la falla deberá guiarse con la herramienta de calidad “Causa – Efecto”, esto aclarará las causas probables que condujeron a la falla para ello deberá tomar en cuenta los siguientes factores.

- ▶ Tipo de Material o Terreno con el cual estuvo trabajando la maquinaria cuando sucedió la avería, es posible que se presento problemas ya que se pudo introducir partículas de este material dentro de los mecanismos de la maquinaria, lo que produjo su falla.
- ▶ Turno de Trabajo en el que se presentó el problema y el operador, se debe investigar que si el mismo fallo se produjo en turnos similares, este factor no se debe descartar ya que puede ser un índice importante para descubrir alguna variable que pueda ayudar a la solución del problema.
- ▶ Tipo de avería y la frecuencia de ocurrencia. Identificar los tipos de averías o fallas permiten determinar la confiabilidad de la maquinaria. Esta información se obtiene del operador y del libro de vida de la maquinaria.
- ▶ La ubicación de la maquinaria, es uno de los factores importantes dentro de las causas de fallas, ya que la maquina puede ser afectada por el tipo de suelo, topografía, vegetación, condiciones ambientales, temperatura, humedad, condiciones meteorológicas: calor, iluminación, visibilidad, lluvia, viento. Estos factores pueden conducir a mayores riesgos de avería.
- ▶ Área circundante de la avería; Uno de los factores que no se debe de dejar de tomar en cuenta es la posibilidad de encontrarnos con áreas donde se visualiza fisuras, rajaduras o deformaciones por averías ocurridas en el presente o pasado. Este tipo de factores generalmente no son tomados en cuenta o son tomados en cuenta

en forma somera pero es importante analizarlos y registrarlos para futuras referencias de fallas o averías.

### **Paso 5. Evaluación apariencia física y forma de la avería**

El personal de mantenimiento decide en primer lugar y siguiendo un comportamiento sin meditar, retirar el componente, motor, mecanismo, etc. el cual tiene problemas, esto normalmente se lo realiza con el objeto de llevarlo al taller para su revisión para mayor comodidad, además se presenta la posibilidad de mover toda la maquinaria al taller para ser desmontada con mayor facilidad y así poder tener todo el conjunto presente para una mejor comprensión de la falla. Esta es un practica técnicamente no muy adecuada.

Es necesario que los mecánicos encargados de la maquinaria a reparar visualicen cualquier fenómeno extraño en la superficie de la pieza a reparar o en la maquinaria esto ayudara a la mejor comprensión de la avería, antes de desmontar el sistema o mecanismo se debe tomar en cuenta los siguientes factores.

- ▶ La pérdida de dimensiones por desplazamiento de algún elemento ovalamiento, alabeo y perdida de forma original.
- ▶ Deformaciones superficiales en los componentes, mecanismos, subconjuntos, rayaduras, depósitos de materiales, oxidaciones, corrosión, cavitación, etc.
- ▶ Cambio de color en superficies, brillo o suciedad en partes deslizantes.
- ▶ Partículas metálicas o de otros materiales en superficies de deslizamiento, desgaste, fisuras, desprendimientos.
- ▶ Doblado y deformación de soportes o piezas.
- ▶ Olores extraños en los equipos.
- ▶ Fugas o escapes de líquidos hidráulicos o combustibles en la maquinaria.
- ▶ Piezas como fusibles mecánicos, elementos mecánicos en correcta posición pero fuera de sus soportes, tornillos flujos o elementos de seguridad fuera de su posición.

- ▶ Sonidos extraños que la maquinaria pueda tener.
- ▶ Alineamiento y balanceo de los neumáticos y carriles.
- ▶ Posibles vibraciones en áreas cercanas al motor o a piezas que puedan ser afectadas por estas vibraciones.
- ▶ Temperaturas fuera de los rangos establecidos en áreas de combustión o áreas cercanas al motor.

Hay que recordar que una sola causa no es suficiente para que exista una avería, las averías se producen por combinación de varias causas o factores.

### **Paso 6. Análisis de causas de averías**

Se recomienda la utilización de la técnica de las 6M como modelo de análisis para seguir la búsqueda de causas de averías haciendo referencia a (Materiales, Métodos, Maquinaria, Mano de obra). El personal de mantenimiento que se encuentre en proceso de reparación siempre debe tener en cuenta estos 6 factores para la búsqueda ordenada de la causa raíz de la avería.

Si es posible, se debe realizar una lista de las posibles causas de la avería en una hoja de papel sin importar el formato, lo importante es que se realice una profunda reflexión sobre el posible fenómeno que alteró las funciones de la maquinaria (esto va en el plan).

### **Paso 7. Desarme del equipo**

Una vez que se comienza con el desmontaje del sistema y el desarmado de sus partes se recomienda la inspección minuciosa y marcado de las piezas desplazadas de su posición con un marcador de tinta permanente, pintura o rayadores metálicos, esta inspección y marcación ayudará a comprender la magnitud del fallo y el posterior armado de las piezas en la maquinaria, así como a la clasificación de las piezas que deben cambiadas, recuperada y utilizadas sin trabajo correctivo.



Hay que tener en cuenta de seguir la mismas especificaciones e inspecciones cuando se inicie el desarmado interior de la maquinaria, se debe tener en cuenta cada una de las medidas estándares de cada pieza a desarmar, medir tolerancias y desplazamientos, tener siempre presente el método de las 6M. En el caso de restauración de piezas se deberá generar la respectiva orden de trabajo de acuerdo al proceso tecnológico requerido y decidido.

Generalmente los jefes de mantenimientos o personal de mantenimiento reemplazan piezas deterioradas por piezas nuevas como un mecanismo para resolver el problema, esta acción no garantiza el desvanecimiento de la causa del problema, pues existen muchos factores que ayudan que la falla surja.

### **Paso 8. Reparación**

Se realiza la reparación de los sistemas o mecanismos que necesiten del mantenimiento, cambio o sustitución.

### **Paso 9. Armado y montaje**

Elaborar un plan de acción que nos permita retomar las condiciones iniciales de la maquinaria y llevarla a condiciones estándar. La secuencia tecnológica es la siguiente:

- ▶ Armado de las partes
- ▶ Ajuste, balanceo y comprobación de las partes
- ▶ Armado final del conjunto
- ▶ Ajuste, balanceo y comprobación del conjunto
- ▶ Montaje final y lubricación
- ▶ Ajuste y prueba final ~ Trabajos estéticos
- ▶ Entrega y puesta en producción

### **Paso 10. Reporte del trabajo realizado**

La mayor parte de pérdida de información o registros de la maquinaria se da en el área de mantenimiento, esto ocurre en los reportes del trabajo realizado por los equipos de intervención en la reparación de cierto componente. Tenemos que entender que cada avería o falla es una fuente de aprendizaje para el

equipo de mantenimiento, es importante tener un historial de fallas y saber que solución se la dio. Los reportes de trabajo deberán contener la siguiente información:

- ▶ Estado en que se encontró la maquinaria en la inspección.
- ▶ Causas potenciales de la avería.
- ▶ Posibles soluciones a la avería
- ▶ Trabajo de intervención realizado: cambios, reparaciones, repuestos y tiempo empleado.
- ▶ Comentarios del operario sobre la forma en que se encontró el fallo
- ▶ Comentarios del jefe de mantenimiento sobre la solución a emplear en la falla.

Si encontramos que, dentro del taller de mantenimiento la maquinaria a la cual se le realiza el plan de mantenimiento preventivo ésta presenta mayor cantidad de acciones de mantenimiento correctivo que acciones de mantenimiento preventivo quiere decir que es necesario cambiar los planes de mantenimiento preventivo, ya que se estaría ejecutando de forma equivocada y esto produce fallas continuas en la maquinaria.

El reporte técnico deberá ir acompañado de los gráficos estadísticos correspondientes y tablas de datos.

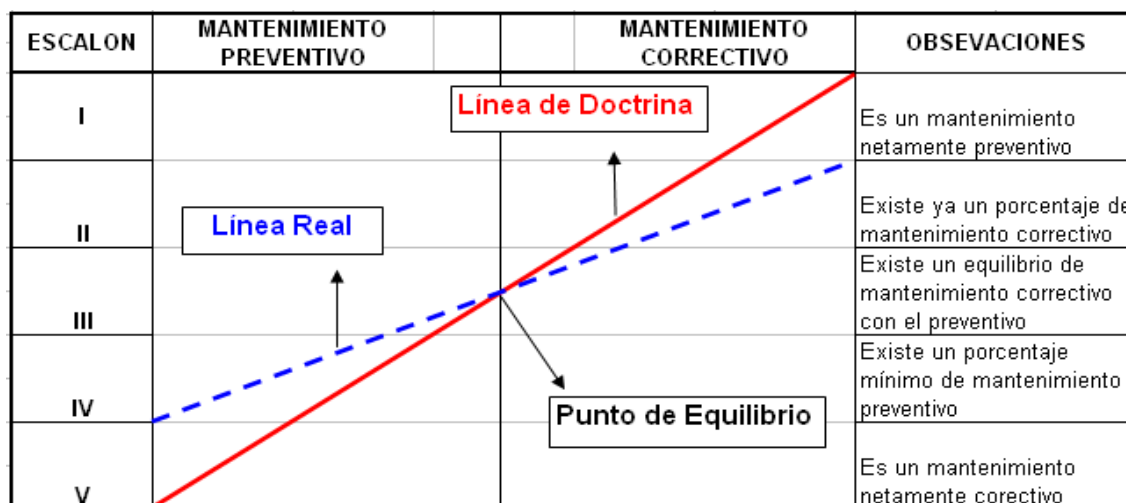
Finalmente, en el reporte deberá ir el criterio sobre las condiciones finales y previsión de acciones futuras del mantenimiento sobre el equipo en reparación.

La relación normal que debe haber entre el mantenimiento preventivo con el mantenimiento correctivo se muestra en la siguiente formula:

$$MP = \frac{1}{MC}$$

Ecuación 5.1

### **Grafico 5.1 Mantenimiento Correctivo vs. Mantenimiento Preventivo**



Fuente Grafico 5.1: M. Hurtado, P. Castellanos

#### **5.1.2 ELABORACIÓN DE FORMATOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS BÁSICOS.**

Los formatos de recopilación de datos básicos se basan en la estandarización de los planes de mantenimiento: TPM y III escalón de mantenimiento.

El formato TPM deberá ser llenado por el operador-mecánico (I, II) escalones. El formato de III escalón de mantenimiento deberá ser recopilado por los mecánicos del taller.

El formato de estandarización de procedimiento de mantenimiento correctivo, nos muestra una serie de pasos que el personal de mantenimiento debe seguir para realizar dicho mantenimiento.

**Ver Anexo 5.1 (Formato de estandarización de procedimiento de mantenimiento correctivo.)**

El formato de estandarización de acciones de mantenimiento correctivo, es un formato de recopilación de cada una de las tareas que el personal de

mantenimiento correctivo realiza para la reparación de las diversas piezas o componentes de la maquinaria.

**Ver Anexo 5.2 (Formato de estandarización de acciones de mantenimiento correctivo.)**

### **5.1.3 REPUESTOS**

El objetivo del jefe de mantenimiento es la de conservar la maquinaria en condiciones de operación satisfactoria. Para minimizar el tiempo muerto es esencial que estén disponibles al personal, las herramientas, los equipos para los trabajos, las refacciones y los repuestos.

Los repuestos nos ayudan a promover la confiabilidad del equipo y extender su período de vida a través de la compra y almacenaje de partes, por ello el control de los repuestos tiene tres partes que son:

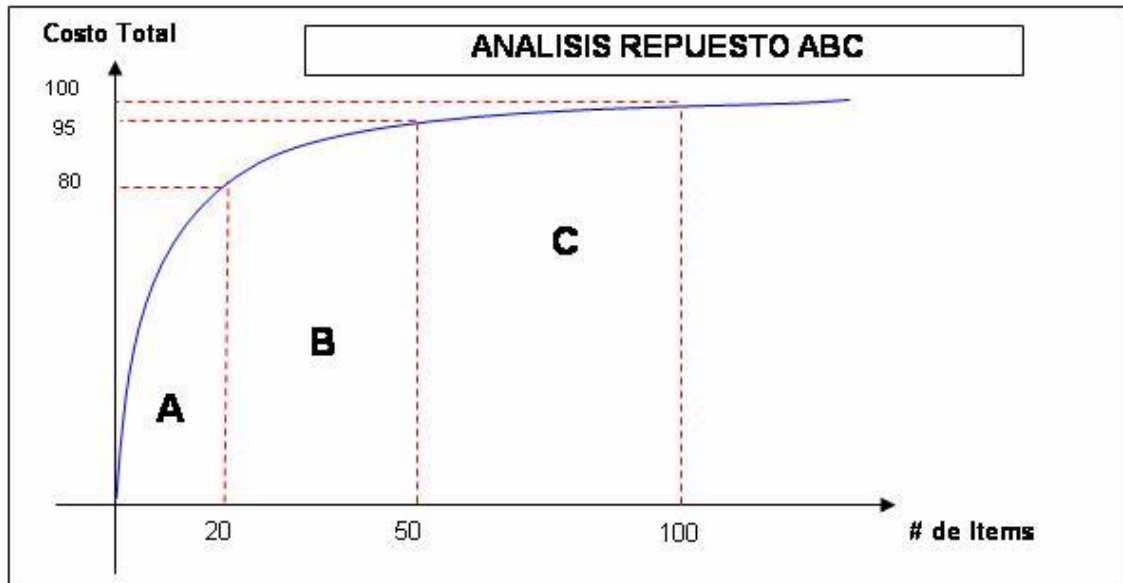
Una buena administración de mantenimiento es asegurar que las partes de repuesto y las refacciones necesarias estén disponibles cuando se necesiten y así minimizar los paros por descomposturas o para mantenimiento.

Ayuda a reducir inventarios, costos de ordenar y aceptación, y reducir costos de almacenamiento. También se debe evaluar el costo del tiempo muerto en producción, ocasionado por la falta de repuestos.

Los repuestos constan de varios tipos que son: repuestos (genuinos o genericos), herramientas, instrumentos de medición y materiales consumibles.

Los repuestos deben ser clasificados como A,B,C, los repuestos tipo A son aquellos repuestos más importantes de la maquinaria y los que absorben la mayor inversión del capital, los repuestos tipo B deben ser suministrados automáticamente y deben ser repuestas por la generación de una orden de compra o un egreso de bodega; Los repuestos normales tipo C son los mayores en cantidad de ítems y absorben apenas un 5% de la inversión total. Su control anual y se puede tener stocks de seguridad de hasta 6 meses.

## **Grafico 5.2 Análisis de Repuestos ABC.**



Fuente Grafico 5.1: M. Hurtado, P. Castellanos

*Nota: Dentro del análisis de los repuestos podemos ver que los repuestos tipo A se rigen por la regla 80/20, los tipo B 95/50 y los tipo C 100/100.*

Para mejorar la administración de los repuestos se los ha codificado, procedimiento que examinamos en el capítulo 3 (sección 3.3.1.2 Codificación de repuestos), con la codificación podemos tener un mejor control de su entrada al taller de mantenimiento ya sea por compra o por transferencia de la bodega de repuestos al taller de mantenimiento

**Ver Anexo 5.3:(Clasificación de los repuestos Egreso Bodega)**

**Apéndice 1:(Clasificación de los repuestos Orden de compra)**

**Apéndice 2:(Stock máximo y mínimo requerido para mantener la maquinaria disponible)**

## **5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MP**

El Departamento de Mantenimiento tiene a cargo el cuidado de la maquinaria pesada y a rueda del GTA, debido a que el equipo es uno de los factores fundamentales para cumplir con los objetivos propuestos por el CEE, es necesario llevar un mantenimiento preventivo planificado para evitar posibles daños y fallas.

El mantenimiento preventivo consiste en dos actividades básicas dentro de GTA; inspección periódica de la maquinaria, las cuales son inspecciones que el operario las realiza diariamente como son (revisión de líquidos hidráulicos, aceite, combustible inspección visual de la máquina, inspección de neumáticos), esto antes de empezar el trabajo diario y las reparaciones planeadas o programadas basadas en los planes de mantenimiento preventivo que desarrolla el departamento de mantenimiento dentro de un periodo a corto plazo ( $t = 1$  año).

Dentro de los planes de mantenimiento se analiza las actividades programadas de plazo medio ( $1 \text{ año} < t < 3 \text{ años}$ ) y largo ( $> 3 \text{ años}$ ), las que deben de cumplir con estándares de mantenimiento, además de llevar la información actualizada de registros de mantenimiento preventivo, acciones de mantenimiento, toda esta información es necesario ya que en esos tiempos es donde la maquinaria cambiara o reparará piezas vitales e importantes.

### **5.2.1 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MP**

La obtención de información para elaborar un plan de mantenimiento preventivo, se la adquiere de los manuales de reparación del fabricante de cada maquinaria, con ellos se puede tener una perspectiva del tipo de mantenimiento de cada maquinaria en condiciones de diseño dadas por el fabricante.

Sabemos que existen planes de mantenimiento preventivos generalizados para cualquier tipo de maquinaria, estos planes son utilizados en los casos en que la maquinaria no tenga su manual de reparación o el plan de mantenimiento de

fábrica; los planes generalizados de mantenimiento preventivo que se deben ejecutar una vez cumplido el tiempo de planificación son:

**Tabla 5.1: Planes de Mantenimiento Generalizados para equipo pesado**

<b>FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>K=0</b> <b>250 horas</b>	<b>K=1</b> <b>500 horas</b>	<b>K=2</b> <b>1000horas</b>	<b>K=3</b> <b>2000horas</b>	<b>K=4</b> <b>4000horas</b>
	Cambio aceite del motor	Revisión y/o inspección de baterías	Cambio del aceite de la transmisión	Cambio de aceite y filtro hidráulico	Revisión y/o inspección de bomba de agua
	Revisión y/o inspección del Aceite de caja de cambios	Revisión y/o inspección del sistema eléctrico	Revisión y/o inspección aceite caja dumper	Cambio aceite caja dumper	Cambio de baterías
	Revisión y/o inspección aceite hidráulico y liquido refrigerante	Reemplazo del filtro de la transmisión	Cambio Aceite mandos finales	Revisión y/o inspección de turbo	
	Revisión y/o inspección liquido y niveles batería		Cambios filtros de aire	Revisión y/o inspección de alternador y motor de arranque	
	Revisión y/o inspección de desgaste y tensión de bandas			Revisión y/o inspección de inyectores	
	Revisión y/o inspección de filtros de aire			Revisión y/o ajuste de válvulas	
	Revisión y/o inspección del sistema de frenado				

Fuente Tabla 5.1: M. Hurtado , P. Castellanos y GTA. Planes mantenimiento preventivo.

*Nota: Las frecuencias se calculan por medio de la técnica de planes factoriales de  $2^k$  completos.*

**Tabla 5.2: Planes de Mantenimiento Generalizados para Equipo Rueda.**

		<b>FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>1500 KM</b>	<b>4000 KM</b>	<b>10000 KM</b>	<b>20000 KM</b>	<b>40000 KM</b>	<b>80000 KM</b>	
	Revisión y/o inspección aceite de motor	Cambio aceite de motor	Revisión y/o inspección de baterías	Revisión y/o inspección de correas de transmisión	Cambio de aceite del diferencial	Revisión y/o inspección de holgura de válvulas	
	Revisión y/o inspección sistema de frenos	Revisión y/o inspección líquido de frenos	Revisión y/o inspección del filtro de aire	Revisión y/o inspección de tubo de escape y soportes	Cambio de aceite de transmisión	Revisión y/o inspección de mangueras de los sistemas de enfriamiento y calefacción y las conexiones.	
	Revisión y/o inspección presión neumáticos	Revisión y/o inspección líquido de embrague	Revisión y/o inspección del líquido de la servodirección	Revisión y/o inspección de bujías	Engrasada de cojinetes de las ruedas	Cambio de filtro de aire	
	Revisión y/o inspección batería y bujías	Revisión y/o inspección de tubos y mangueras de líneas de freno	Engrasada de los árboles cardanes	Revisión y/o inspección de bandas y tambores de los frenos	Cambio del líquido de frenos		
	Revisión y/o inspección emisiones gaseosa	Revisión y/o inspección del sistema de dirección	Revisión y/o inspección de neumáticos y presión	Revisión y/o inspección de aceite de engranes del diferencial	Cambio de bujes del brazo de la suspensión		
		Revisión y/o inspección del refrigerante del aire acondicionado	Revisión y/o inspección del sistema eléctrico	Revisión y/o inspección de aceite de transmisión	Cambio del refrigerante del motor		
		Revisión y/o inspección de pastillas y discos de frenos	Revisión y/o inspección del depósito de combustible, líneas y conexiones de combustible	Revisión y/o inspección de la suspensión delantera y trasera	Cambio de inyectores		
		Revisión y/o inspección de amortiguadores o paquetes		Revisión y/o inspección de inyectores	Cambio de bujías		

Fuente Tabla 5.2: M. Hurtado , P. Castellanos y GTA. Planes mantenimiento preventivo.

Como mencionamos anteriormente éstos planes de mantenimiento preventivo son los proporcionados por el fabricante o distribuidor de la maquinaria, a continuación se presenta un plan completo de todas y cada una de la maquinaria del GTA con sus respectivos planes de mantenimiento preventivo de acuerdo a los manuales de reparación del fabricante.

**Ver Anexo 5.4 (Planes de mantenimiento preventivo MP)**



Los planes de mantenimiento preventivo en la actualidad se controlan manualmente, posteriormente será decisión de la directiva del CEE controlarlos con la ayuda de un software de mantenimiento.

### **5.2.2 FORMATOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS BÁSICOS Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.**

Los formatos de recopilación de datos básicos y chequeo de procedimientos de trabajo de mantenimiento se basan en listados de actividades (Checklist), en los cuales se revisa el cumplimiento de las acciones de mantenimiento que realiza el mecánico en cada maquinaria de acuerdo de los planes de mantenimiento preventivo.

**Ver Anexo 5.5: (Formato de Checklist cumplimiento de procedimientos de trabajo mantenimiento preventivo equipo pesado)**

**Apéndice 1: (Formato de Checklist cumplimiento de procedimientos de trabajo mantenimiento preventivo equipo rueda)**

### **5.2.3 ORGANIZACIÓN Y CONTROL DEL AREA DE TRABAJO (5'S)**

La organización y el control del área de trabajo tienen un objetivo práctico, ya que nos brinda pautas para el mejoramiento tanto de los puestos de trabajo como del taller en general, estas pautas se ayudan con la implementación de la filosofía de las 5'S, la cual es una filosofía que se centra en el trabajo efectivo, la organización del puesto, del taller y los procedimientos de trabajo; Estas normas ayudan a disminuir los desperdicios, aumentan la seguridad y mejoran la calidad de los trabajos de mantenimiento, las cuales se detallan a continuación.

- ▶ SEIRE = CLASIFICAR
- ▶ SEITON = ORDENAR
- ▶ SEISO = LIMPIAR
- ▶ SEIKETSU = ESTANDARIZAR
- ▶ SHITSUKE = DISCIPLINA

En el gráfico 5.3 se muestra una tabla de las 5'S, la cual nos da un ejemplo de las 5 fases de implementación (Columnas).

**Gráfico 5.3: Ejemplo Implementación 5'S**

5'S	LIMPIEZA INICIAL	OPTIMIZACIÓN	FORMALIZACIÓN	PERPETUACIÓN
	1	2	3	4
CLASIFICAR	Separar lo que es útil de lo inútil	Clasificar las cosas útiles	Revisar y establecer las normas de orden	ESTABILIZAR  MANTENER  MEJORAR  EVALUAR (AUDITORIA 5'S)
ORDEN	Tirar lo que es inútil	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	
LIMPIEZA	Limpiar las instalaciones	Localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio a las mismas	
ESTANDARIZAR	Eliminar lo que no es higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar las normas de limpieza	
DISCIPLINA	ACOSTUMBRARSE A APLICAR LAS 5'S EN EL EQUIPO DE TRABAJO Y RESPETAR LOS PROCEDIMIENTOS EN EL LUGAR DE TRABAJO			

Fuente Gráfico 5.3: Manual Implementación 5'S. "Héctor Vargas"

### 5.2.3.1 CLASIFICAR (SEIRI).

El propósito de clasificar significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de mantenimiento o de oficinas cotidianas. Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio o eliminar. La clasificación consiste:

- ▶ Separar del sitio las cosas que sirven realmente con las cosas que no sirven
- ▶ Clasificar las cosas innecesarias de la necesarias
- ▶ Conservar las cosas que necesitamos y prescindir los excesos.
- ▶ Organizar el equipo y herramientas en sitios donde se las pueda alcanzar.
- ▶ Eliminar información errónea o innecesaria que puede causar errores en la interpretación.

### **5.2.3.2 ORDENAR (SEITON).**

Pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio.

Con esta aplicación se desea mejorar la identificación y marcación de los controles de la maquinaria de los sistemas y elementos críticos para mantenimiento y su conservación en buen estado.

Permite la ubicación de materiales y herramientas de forma rápida, mejora la imagen del área, mejora el control de stock de repuestos y materiales, mejora la coordinación para la ejecución de trabajos.

En la oficina facilita los archivos y la búsqueda de documentos, mejora el control visual de las carpetas y la eliminación de la pérdida de tiempo de acceso a la información.

El orden consiste:

- ▶ Seguridad, trata que la cosas no se muevan del sitio para evitar accidente tanto del personal como del equipo o información.
- ▶ Calidad; trata de evitar las mezclas de cosas en buen estado con las cosas en mal estado.
- ▶ Eficiencia, mejora de tiempo en el cumplimiento de las tareas.

### **5.2.3.3 LIMPIEZA (SEISO).**

Pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y la conservación de la clasificación y el orden de los elementos; Además ayuda a la identificación de fallas, escapes de gases, averías o cualquier tipo de fugas.

Esta fase requiere que se realice una identificación de los focos de suciedad y contaminación con el objetivo de eliminarlos de raíz y así erradicarlos de las áreas de trabajo. Se ha tomado una serie de actividades para que se establezca en las áreas de trabajo.

- ▶ Recoger, basura, equipo o herramientas.
- ▶ Limpiar con pedazos de tela o waipe el polvo de los puestos de trabajo.
- ▶ Barrer, tanto los puestos de trabajo como el taller.
- ▶ Limpiar los pisos con productos adecuados para esa actividad (detergente).
- ▶ Pintar los sitios que lo necesiten mejorar la apariencia.

### **5.2.3.4 ESTANDARIZACION (SEIKETSU).**

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la practica de las tres primeras “S”. Esta cuarta S esta fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en condiciones perfectas.

Esta fase trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con un mejoramiento y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución.

### **5.2.3.5 DISCIPLINA (SHITSUKE).**

La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. En lo que se refiere a la implantación de las 5'S, la disciplina es importante por que sin ella, la implantación de los cuatro primeros puntos de esta filosofía, ésta se deteriora rápidamente.

La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de las otras que se explicaron anteriormente. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina.

### **5.2.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS**

Dentro de los datos técnicos de los equipos se elaborará una ficha técnica del equipo; normalmente dentro del taller de mantenimiento se está llevando como un dato técnico de la maquinaria el libro de vida, sin que este presente los datos necesarios que se deben conocer de la máquina, ya que el libro es un resumen de las reparaciones o inspecciones que ha tenido la maquina.

La ficha técnica es una identificación de la máquina donde consta, una imagen, datos técnicos, datos básicos y un manual del buen uso de la máquina; esta ficha será colocada en cada una de las máquinas, lo que ayudara al operario a conocer su maquina y a utilizarla de mejor manera y así alargar el tiempo de vida de la maquinaria.

**Ver Anexo 5.6a (Formato ficha técnica maquinaria equipo pesado).**

**Ver Anexo 5.6b (Formato ficha técnica maquinaria equipo rueda).**

### **5.3 MANTENIMIENTO PLANEADO**

El mantenimiento planeado que se propone en el GTA, es un mantenimiento preventivo tomando en cuenta las condiciones reales tanto del equipo a más de estar influenciadas por el medio ambiente y el lugar de trabajo, preponderantemente, la edad del equipo, vida útil remanente de sus partes, subconjuntos, conjuntos, sistemas, etc.

Las condiciones ambientales y de trabajo a las cuales no referimos son propias del sector del oriente ecuatoriano teniendo factores de alta humedad relativa, altas temperaturas, altamente corrosivo y oxidante, tipo de suelo con el que se trabaja, jornadas de trabajo.

La solución más efectiva para el mantenimiento planeado es la adquisición de un sistema de mantenimiento computarizado, el sistema será de utilidad para predecir las posibles fallas reales en la maquinaria dependiendo de información como temperatura, humedad, tipos de suelos, condiciones ambientales.

**Revisar adjunto 1:** tablas de tipos de suelos, resistencias de rodado, características de maquinaria.

#### **5.3.1 CONDICIONES AMBIENTALES Y DE TRABAJO**

Se toma a consideración que el sector operacional del GTA comprende las provincias de Sucumbios y de Orellana sector que tiene una temperatura que oscila entre 28-30 grados centígrados y una humedad relativa de 60 a 70%, estas condiciones son extremas para la maquinaria, ya que la corrosión en partes externas tales como planchas de metal, tornillos, tuercas además de la condensación de agua en las partes internas tales como camisas, tubería, pistones, empaques, elementos de fricción, bombas, son algunas de las causas que el medio ambiente causa sobre la maquinaria o equipo, por ello la predicción de las causas por estas razones son importantes dentro de la periodicidad de las ocasiones de mantenimiento.

Para la aplicación del mantenimiento planeado, se encomienda tomar datos de las condiciones en las que se encontraron las partes y piezas de la maquinaria, esto para realizar un archivo histórico de todas estas condiciones y así poder predecir por medio de la estadística y el análisis que nivel de afectación ejerce el ambiente sobre la maquinaria.

**Ver Anexo 5.10 (Formato de revisión de partes y piezas según condiciones ambientales).**

Una vez analizado los datos y estudiado las afectaciones del ambiente, se podrá proceder a realizar una planeación y programación de acciones de mantenimiento ya con datos reales y confiables de los problemas más críticos que se pueden ocasionar por razones de temperatura, humedad, tipo de suelos en la maquinaria, este análisis llevara su tiempo ya que se necesita un archivo completo de las afectaciones o fenómenos producidos en cada una de la maquinaria que existe en GTA.

### **5.3.2 DIRECTRICES PARA EL MANTENIMIENTO PLANEADO**

Las directrices del mantenimiento planeado son recomendaciones que se deben seguir para la elaboración de este tipo de mantenimiento, por ellos estas son:

- ▶ Definir las condiciones ambientales: En este paso el jefe de mantenimiento debe tener un informe de condiciones ambientales promedio para realizar la elaboración del plan de mantenimiento.
- ▶ Obtención de Datos: La obtención de datos se da por parte del personal de mantenimiento, quien será el encargado de llevar un archivo de cada maquinaria y sus diferentes partes, con los fenómenos o detalles ambientales encontrados.
- ▶ Archivo histórico: El archivo histórico, ayudará a detallar todas las diferentes condiciones o afectaciones que sufrió la maquinaria en un

tiempo determinado, se necesitan al menos de 3 a 4 datos de condiciones ambientales por cada pieza

- ▶ Análisis de datos: El análisis mostrará en forma clara que partes son la que mas sufren por causa del ambiente y su solución respectiva.
- ▶ Plan de Mantenimiento: Una vez definido el problema y decidido la mejor alternativa de solución se elabora un plan de mantenimiento preventivo basado en condiciones reales, esto ayudará al alargamiento de la vida útil de la maquinaria.
- ▶ Retroalimentación: Una vez que se haya implementado el mantenimiento planeado es necesario realizar la retroalimentación a fin de ir cada vez perfeccionando el Plan de Mantenimiento.

Este rediseño es parte de la implementación del TPM. Las pautas de seguimiento para el mantenimiento planeado se detallan en la parte superior de este párrafo.

#### **5.4 MANTENIMIENTO AUTONOMO**

Un aspecto muy importante del TPM es el establecimiento del mantenimiento autónomo. El propósito del mantenimiento autónomo es el de enseñar a los operadores cómo mantener su equipo llevando a cabo:

- Verificaciones diarias
- Lubricación
- Reemplazo de partes
- Reparaciones
- Detección temprana de condiciones anormales

Como en la mayoría de las técnicas y herramientas, el mantenimiento autónomo está basado en capacitación y entrenamiento. Se trata de elevar en los operadores el conocimiento y entendimiento del principio de operación explotación y mantenimiento de la máquina a su responsabilidad.



A ese propósito debemos ayudarles a desarrollar tres habilidades:

1.- Habilidad para determinar y juzgar si las condiciones de operación se vuelven anormales

2.- Habilidad para conservarlas en condiciones normales

3.- Habilidad de responder con rapidez a las anomalías, ya sea reparándolas o haciendo que algún técnico se encargue de resolverlas en caso de que él (ella) aún no tenga suficiente conocimiento, habilidad o recursos o la anomalía retrase el nivel de su responsabilidad.

**Cuadro 5.2: Los 7 Pasos del Mantenimiento Autónomo**

<b>PASOS</b>	<b>CONOCIMIENTO O HABILIDAD</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1.- Limpieza inicial	* Habilidad para detectar anomalías en la máquina	Desarrollar la habilidad de identificar las anomalías y las oportunidades, hacer mejoras y resolver las anomalías
2.- Eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles		
3.- Creación de una lista de verificación para mantener los estándares de limpieza y lubricación	* Habilidad para diseñar y hacer mejoras	Los operadores deciden por sí mismos lo que tienen que hacer
4.- Inspección General	Entendimiento de los principios de operación de la máquina y de cada uno de sus sistemas	Los operadores más experimentados y los técnicos de mantenimiento enseñan a los menos experimentados
5.- Inspección Autónoma	Entendimiento de la relación entre las condiciones del equipo y la calidad del producto	Organización de la información para describir las condiciones óptimas y cómo mantenerlas
6.- Organización y limpieza		
7.- Continuidad, Implementación Total		

Fuente Cuadro 5.2 : P. Castellanos y M. Hurtado Septiembre 2005

**5.4.1 DIAGNOSTICO DEL PERSONAL OPERATIVO DEL GTA.**

Para llevar a cabo las actividades de TPM, se requiere de personal con fuerte destreza en mantenimiento relacionada al equipo. Los operadores deben ser

instruidos con su propio equipo y desarrollar experiencia práctica y destreza necesaria para mantener operando bien el equipo.

Los operadores deben entender la estructura y funciones de su equipo demasiado bien para operarlo apropiadamente. El personal de mantenimiento debe tener destreza y conocimiento para que los operadores confíen en ellos. Los operadores de maquinaria, los operadores de equipo desempeñan cuatro tipos de trabajo de mantenimiento simple para mantener el equipo corriendo suavemente;

- ▶ Lleva una revisión del equipo al arrancar, revisa el nivel de aceite en el sistema hidráulico, vibraciones inusuales u otras anomalías.
- ▶ Periódicamente revisa la temperatura, velocidad, etc. durante la operación y continúa escuchando el apareamiento de ruido y vibraciones inusuales.
- ▶ Revisa el tablero de instrumentos regularmente para ver el nivel de corriente y ve otros medidores de corriente y presión.
- ▶ Se asegura que el equipo está bien lubricado y se agregue el lubricante que se requiera.

Finalmente cuando nota una condición que pudiera ser un problema de seguridad o mecánico, informa a mantenimiento quién encuentra la anomalía. Aunque el personal de mantenimiento se empeña en arreglar las averías tan rápido y eficientemente como le es posible, sus deberes van más allá del tratamiento de fallas del equipo. El personal de mantenimiento ha sido siempre responsable por asegurar la operación confiable de las máquinas y otro equipo usado por el departamento de producción, sus deberes incluyen:

- ▶ Planificación del mantenimiento rutinario y periódico.
- ▶ Medición periódica de vibración y temperatura.
- ▶ Estimación del intervalo de reemplazo óptimo de partes.
- ▶ Determinar el lote óptimo del lubricante, material y partes de máquinas para un período determinado u horas trabajadas o kilómetros recorridos, según sea el caso.
- ▶ Restaurar el equipo descompuesto rápidamente.

- ▶ Proveer capacitación y entrenamiento de mantenimiento a los operadores y ayudantes de maquinaria.
- ▶ Mejorar sus destrezas de mantenimiento y actualizarse en nuevas tecnologías de mantenimiento.

#### 5.4.1.1 ANALISIS DEL PERSONAL OPERATIVO DEL GTA.

Antes de iniciar el mantenimiento autónomo y aplicarlo con los operadores y personal de mantenimiento, se realizó un encuestas al personal en cuanto a su nivel de instrucción, nivel de conocimiento técnico, así como la observación a la metodología de trabajo.

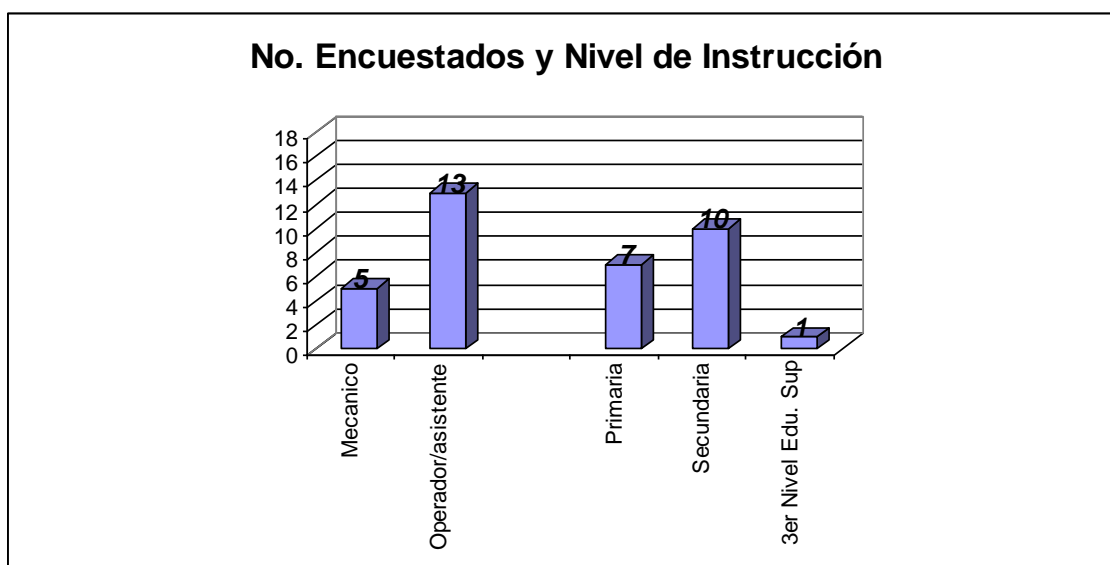
**Ver Anexo 5.7 (Formato Encuesta Nivel de Educación)**

**Ver Anexo 5.8 (Formato Nivel de Conocimiento Técnico)**

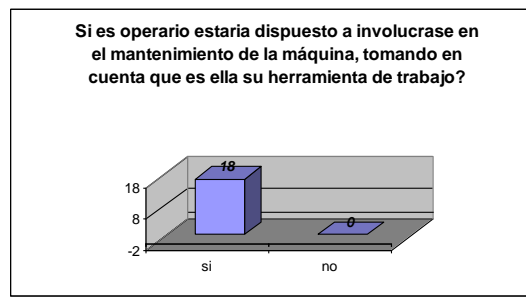
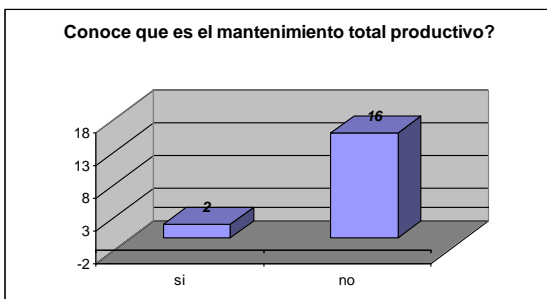
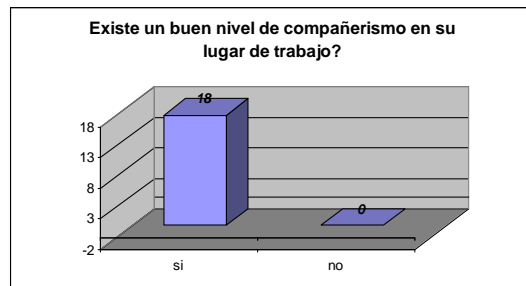
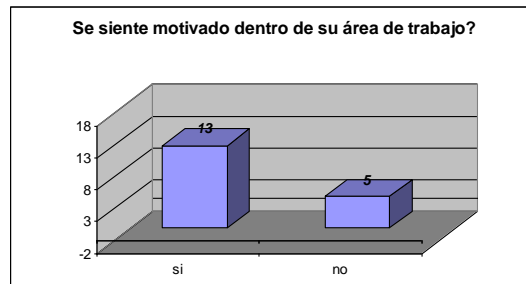
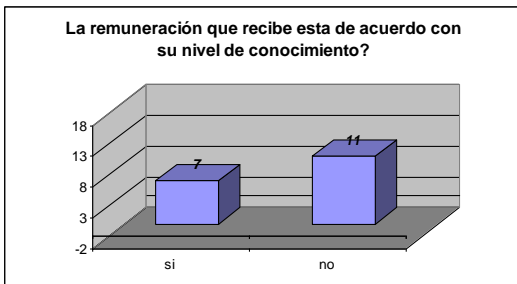
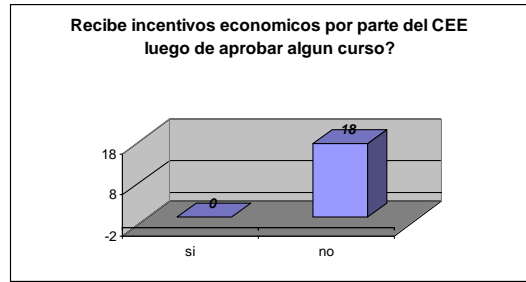
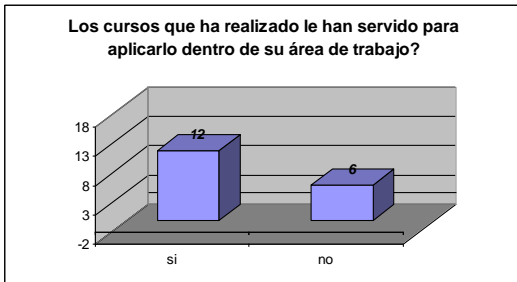
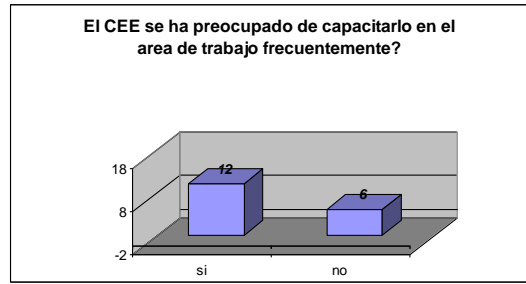
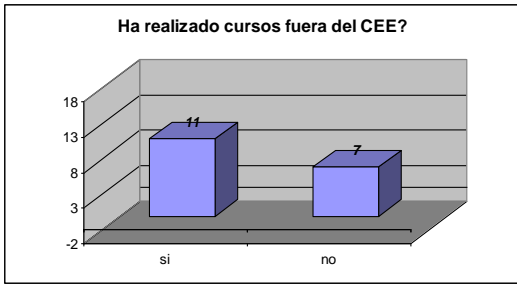
**Ver Anexo 5.9 (Formato Metodología de Trabajo)**

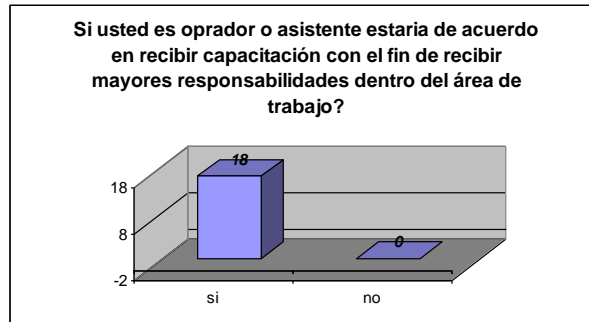
Los resultados de las encuestas los presentamos a continuación:

#### ENCUESTA NIVEL DE INSTRUCCIÓN:



Se realizó la encuesta a mecánicos y operadores/asistentes de maquinaria. Como podemos observar la mayor parte de ellos tienen un nivel de instrucción medio el cuál nos permite brindar una capacitación con buenos resultados.





### Conclusiones de la encuesta:

- ▶ Es posible realizar una capacitación acerca de la filosofía del TPM, con los operadores y personal de mantenimiento, ya que si tienen un nivel adecuado de instrucción.
- ▶ El CEE se preocupa en capacitar a su personal, pero esta capacitación no va acompañada de una motivación hacia su aplicación.
- ▶ El personal está de acuerdo con recibir capacitación a fin de mantener en buenas condiciones la maquinaria, basados en el TPM.
- ▶ El personal operativo está de acuerdo con recibir mayores responsabilidades en el mantenimiento de la maquinaria.
- ▶ La conclusión general es que tenemos un personal altamente motivado hacia el TPM.

### ENCUESTA NIVEL DE CONOCIMIENTO TÉCNICO:

Se encuestó principalmente operadores de maquinaria de todos los frentes de trabajo pertenecientes al GTA, obteniendo los siguientes resultados:

#### Habilidades y Destrezas

Conoce de la maquinaria	100% de los encuestados contestó que SI
Trabaja a baja presión	100% contestó que NO
Tiene habilidad para operar	100% que SI
Usa procedimientos de seguridad para operar	100% que SI

### **ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO**

Realiza inspección visual	100% que SI	
Chequea nivel de aceite del motor	76% que SI	24% que NO
Chequea nivel del refrigerante	76% que SI	24% que NO
Chequea nivel del liquido de frenos	76% que SI	24% que NO
Identifica algún drenado de agua	76% que SI	24% que NO
Medición tren de rodaje / neumáticos	76% que SI	24% que NO
Chequea aspecto físico equipo/maquinaria	82% que SI	18% que NO
Chequea las lecturas de los manómetros	82% que SI	18% que NO
Chequea el nivel del agua del radiador	71% que SI	29% que NO

### **TRABAJO REALIZADO**

Realiza a cabalidad la actividad encomendada	100% que SI	
Consulta en caso de dudas	94% que SI	6% que NO
Toma las medidas de seguridad necesarias	100% que SI	
Muestra conocimientos básicos del equipo/maquinaria	100% que SI	
Tiene problemas en operar la máquina	29% que NO	71% que NO
Realiza un trabajo de calidad	100% que SI	

### **Conclusiones de la encuesta.**

- ▶ Podemos ver la confiabilidad del personal en el manejo y habilidad de operar la maquinaria es variable.
- ▶ La operadores dicen conocer la políticas de seguridad y de procedimientos, pero como se analiza no se las cumple a cabalidad.

## **ENCUESTA METODOLOGIA DE TRABAJO:**

Esta encuesta está dirigida a los supervisores y jefes de campo y el jefe de mantenimiento del GTA.

Como resultado de esta encuesta se sacan las siguientes conclusiones y recomendaciones dadas por los supervisores y jefes:

- 1.- La comunicación con los subalternos es? 100% es buena
- 2.- Informa a sus subalternos las actualizaciones en los procedimientos de trabajo a tiempo? 100% SI
- 3.- Tiene reuniones frecuentemente con los jefes de las diferentes áreas o frentes de trabajo? 100% SI
- 4.- Con que frecuencia se revisan los procedimientos de mantenimiento? 100% SI
- 5.- Motiva al personal a su cargo para realizar el trabajo y alcanzar las metas? 100% SI
6. Qué metodología usa para motivar a su personal?
- 7.- La productividad de los puestos de trabajo está enfocado en metas? 100% SI
- 8.- Se aplica los principios y políticas del SIG en las actividades de mantenimiento? 100% SI
- 9.- En que porcentaje se aplican las políticas del SIG, y cuales no se aplican?
- 10.- Conoce lo que es el Mantenimiento Total Productivo?
- 11.-El Mantenimiento Total Productivo permite mejorar el servicio de mantenimiento, cuales serían sus apreciaciones?

### **Conclusiones de la encuesta.**

- ▶ Mayor apoyo a los grupos y frentes de trabajo por parte del CEE.
- ▶ Mayor inversión en repuestos ya que la maquinaria es necesaria para la realización de los proyectos o contratos.
- ▶ Mayor capacitación a los operarios, mecánicos, personal por parte del CEE.

- ▶ Un mayor enfoque de los operadores hacia el sustento y buen uso de la maquinaria.

#### **5.4.2 DIRECTRICES PARA LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO.**

Luego del análisis de los resultados, se establece una serie de conclusiones y recomendaciones que permitirán planificar la capacitación inherente del TPM y consiguientemente el buen desenvolvimiento y desarrollo del mantenimiento autónomo.

- ▶ El grupo TPM se encargará de la planificación y organización de las capacitaciones para el personal operativo y de mantenimiento.
- ▶ El personal operativo podrá sugerir o solicitar temas de capacitación al grupo TPM quienes analizarán la propuesta presentada.
- ▶ El grupo TPM deberá realizar las gestiones respectivas para la creación y equipamiento de sala de capacitaciones que preste todas las facilidades técnicas y bibliográficas.
- ▶ El grupo TPM debe estar muy bien capacitado en el manejo del TPM.
- ▶ El grupo TPM estará encargado de la información y capacitación sobre la filosofía del TPM a los operadores y personal de mantenimiento.
- ▶ Fomentar grupos de trabajo interdisciplinarios en las jornadas de capacitación, con el fin de promover la lluvia de ideas para resolver problemas.
- ▶ El grupo TPM se encargará de la elaboración de un boletín semanal de actividades y capacitaciones con el fin de que el TPM sea acogido con mayor facilidad y sin temor por parte del operador y personal de mantenimiento.
- ▶ Una vez tomada la decisión de implementar el TPM dentro del GTA, NO se debe dar marcha atrás y debe ser un proceso de mejora continua.
- ▶ El grupo TPM debe considerar las falencias técnicas del personal operativo y de mantenimiento a fin de mejorar esas debilidades y



promover la interacción y ayuda mutua entre los participantes de las capacitaciones.

- ▶ Realizar capacitaciones en cuanto a procedimientos, uso de formatos y registros, normalización de lenguaje técnico, uso de la codificación de repuestos y maquinaria, normas de seguridad y limpieza de puestos de trabajo, utilización eficiente de recursos.
- ▶ Realizar jornadas de motivación al personal operativo y de mantenimiento, escuchando ideas de innovación en los lugares de trabajo, mejoras en las instalaciones, mejoras en los procedimientos, entre otras. Estas sugerencias deben ser acogidas por el grupo TPM, analizadas y canalizadas hacia el Jefe de Grupo para su implementación.
- ▶ El TPM es un cambio de actitud, un cambio de filosofía, una nueva manera de hacer las cosas, por tal razón, todo cambio lleva consigo una resistencia, crea un malestar en la organización. El grupo TPM debe estar consciente de esta realidad y ser perseverante en los objetivos planteados en la implementación.
- ▶ El grupo TPM debe estar abierto a cualquier sugerencia que permita una mejor y fácil implementación del TPM en el GTA.
- ▶ El grupo TPM debe ser conciente de la continuidad que debe existir, es por ello que debe considerarse un objetivo del grupo de trabajo el éxito en la implementación del TPM.

## **CAPITULO 6**

### **SOFTWARE DE MANTENIMIENTO**

#### **6.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE “API/PRO” VERSIÓN 5.0**

Es prácticamente imposible llevar a mano un control con tantas maquinas, recursos y actividades de mantenimiento y enlaces de estas actividades con otros departamentos es por ello que se necesita de la ayuda de una herramienta de informatización que nos facilite el control y el desarrollo de las actividades, acciones, enlaces interdepartamentales y demás requerimientos que sean necesarios para el funcionamiento del servicio de mantenimiento.

Es por ello que el CEMAT requiere tecnificar los métodos de elaboración de planes de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria, y optimizar procedimientos y procesos de trabajo respectivos. Esto se lo realizará mediante la implementación de un software de mantenimiento API/PRO (Versión 5.0), que dinamizará los procedimientos para brindar un servicio de más alta fiabilidad.

API PRO es una herramienta eficiente diseñada para generar mejoras continuas permitiendo incrementar la producción, mejorar la utilización de mano de obra y recursos financieros y la calidad en general. La implementación también prueban el completo soporte de APIPRO para TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Reability Centered Maintenance), JIT (Just in Time) y programas de gestión de calidad ISO 9000.

API Maintenance Systems, que antes se llamaba Frontec Danmark A/S y SKF Maintenance Systems A/S brinda soporte a soluciones avanzadas para la administración del mantenimiento. El soporte es manejado por el distribuidor local TEOPSIS S.A., cuidadosamente capacitado por API Maintenance Systems.

## Características del sistema de gestión de mantenimiento APIPRO:

- ▲ Sistema Abierto
  - Herramientas para interfases
  - Interfases pre-configuradas con ERP:
    - SAP
    - MFG-PRO
- ▲ Rápido
  - Rápida Implementación
  - Rápido Aprendizaje
  - Rápido Uso
  - Rápido Flujo de Trabajo
- ▲ Flexible
  - Funciones modulares
  - De 1 a 1000 usuarios
  - Múltiples plataformas de software y hardware
  - Diseño de pantalla
  - Diseño de formatos de impresión
- ▲ Actualizable
  - Es posible la migración desde versiones anteriores
  - Los clientes están actualizados

Dentro de los requerimientos técnicos mínimos para el funcionamiento del sistema se necesitara:

- Máquina Pentium IV de 400Mhz
- Espacio disco duro de 3 GB
- Windows 2000 professional o Windows XP con Service Pack 2.
- Memoria RAM 128 MB
- Microsoft Office 2004

API PRO nació con una filosofía orientada al mantenimiento. El módulo cubre todo el proceso desde la generación de órdenes de trabajo, localización de repuestos, materiales, mano de obra; un sistema extensivo de instrucciones de

trabajo, herramientas avanzadas para la planificación; registro de actividades, información de fallas, consumo de repuestos, materiales, horas de trabajo y un rango completo de funciones para analizar la información histórica técnica y financiera.

Es por ello que en el gráfico siguiente se muestra un flujo de los diferentes módulos y ventajas que posee el sistema.

### **Grafico 6.1: Módulos software APIPRO V5**



Fuente Gráfico 6.1: TEOPSIS S.A. 2005-05

El sistema API/PRO posee una serie de módulos que se detallan a continuación:

#### **1. Módulo de Sistema Básico**

- 1.1 Bitácora de Cambios.
- 1.2 Módulo de Dibujos y Documentos
- 1.3 Gestión de Herramientas.
- 1.4 Interfaces ERP.
- 1.5 Importación de Datos.
- 1.6 Calibración.

- 1.7 Mensajes.
- 1.8 Navegador Grafico.

## **2. Módulo Mantenimiento.**

- 2.1 Gestión de Proyectos.
- 2.2 Planificación avanzada y recursos.
- 2.3 Modulo de Análisis.
- 2.4 Modulo de Servicios.
- 2.5 Interfase industrial.
- 2.6 Solicitud de Trabajo
- 2.7 Calendario de Producción.

## **3. Módulo de Inspección.**

- 3.1 Interfase Palm.

## **4. Control de Bodega.**

- 4.1 Código de barras y terminales portátiles.

## **5. Gestión de Compra.**

- 5.1 Solicitud de Compra.
- 5.2 Acuerdo de Compra

Dentro del desarrollo del presente proyecto, nos enfocaremos en el mecanismo y carga de la base de datos del módulo de mantenimiento del sistema APIPRO, así como su funcionamiento y obtención de resultados.

## **6.2 DESCRIPCIÓN DEL MODULO DE MANTENIMIENTO DEL SOFTWARE “API/PRO” VERSIÓN 5.0**

El módulo de mantenimiento es el corazón de la funcionalidad del sistema API PRO. Con este módulo puede manejar todas las actividades de mantenimiento, ya sea iniciadas directamente desde el módulo de mantenimiento o desde otros módulos APIPRO.

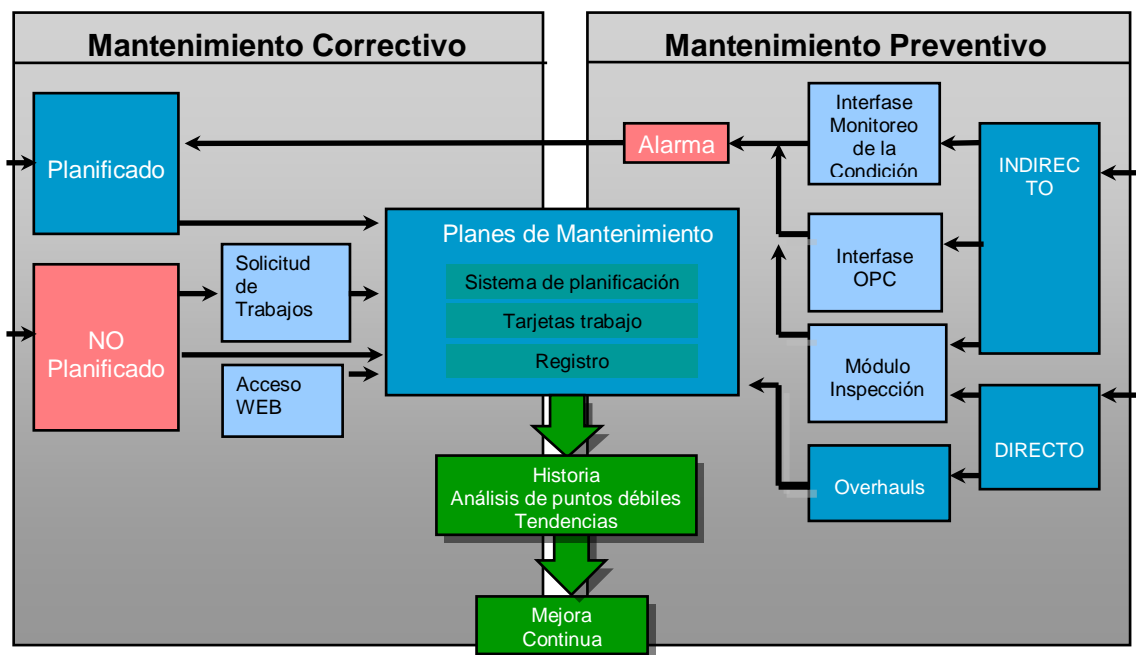
Las actividades soportadas por este módulo son:

- *Mantenimiento no planificado de averías*
- *Mantenimiento solicitado por los operadores (Módulo de Solicitud de trabajo)*

- *Mantenimiento correctivo planificado*
- *Inspecciones, monitoreo de la condición de estado, rutinas de lubricación y el Mantenimiento basado en la condición de la máquina (Módulo de inspección de APIPRO)*
- *Mantenimiento predictivo (monitoreo de la condición con módulo de inspección)*
- *Mantenimiento preventivo (hard time), overhauls basados en calendario y overhauls basados en mediciones o eventos.*
- *Proyectos de overhaul a gran escala (Módulo de Gestión de proyectos APIPRO)*

**Gráfico 6.2:**

### Flujo de Trabajo en el módulo de Mantenimiento



Fuente Gráfico 6.2: TEOPSIS S.A. 2005-05

La explicación del gráfico que aparece en la parte superior nos muestra como es el flujo de trabajo y la interacción que existe entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. Como podemos ver tenemos el Mantenimiento Correctivo Planificado y No Planificado.

*Mantenimiento Correctivo Planificado.*- Es la tarea o actividad que se aplica en la maquinaria, una vez que se cumplió el tiempo especificado en la planificación del mantenimiento preventivo, lo cual es notificado por medio de una alarma.

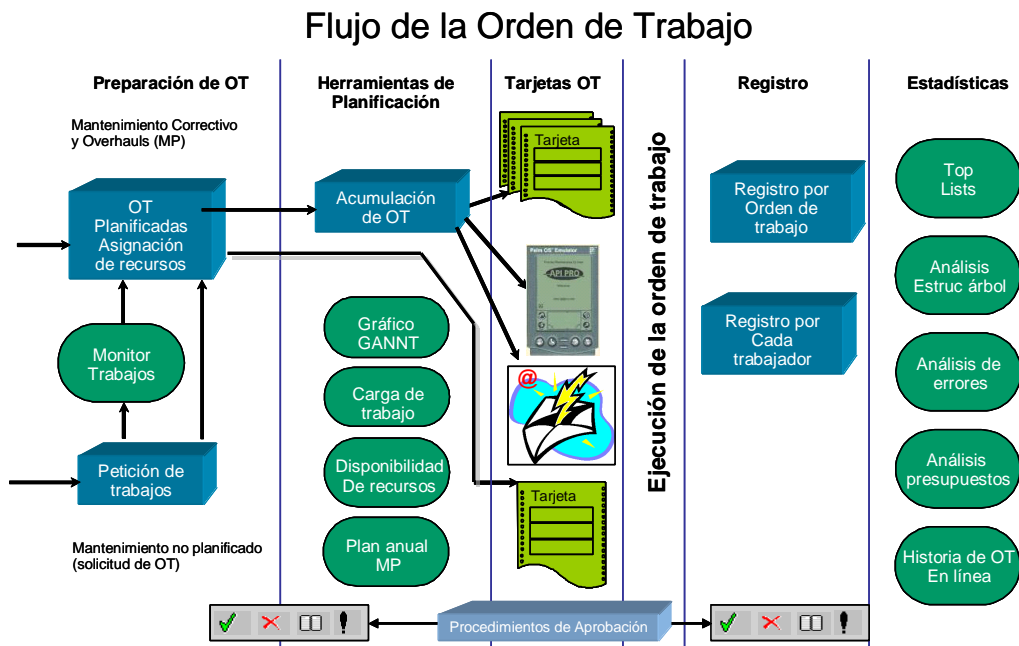
*Mantenimiento Correctivo No Planificado.*- Es la tarea o actividad que se aplica en la maquinaria sin ninguna planificación, la cual se da por fallas inesperadas o accidentes.

Tanto el Mantenimiento Correctivo Planificado, No planificado, así como el Mantenimiento Preventivo se basan en Planes y procedimientos de Mantenimiento desarrollados por el área de Mantenimiento.

Existen en el gráfico sistemas alternos que sirven de ayuda para la planificación y control de los mantenimientos, los cuales son opcionales dentro del módulo de mantenimiento, por ejemplo: el acceso Web, interfase OPC, etc.

Como sabemos la base del módulo de mantenimiento es la Orden de Trabajo el cuál es un documento muy utilizado en los departamentos de mantenimiento de las diferentes industrias. Es por ello que el sistema APIPRO se basa en esta herramienta y recurre al siguiente flujo de la Orden de Trabajo.

**Gráfico 6.3:**



Fuente Gráfico 6.3: TEOPSIS S.A. 2005-05

La funcionalidad de manejo del flujo de trabajo en las actividades de mantenimiento. API PRO registrará todos los cambios relacionados en la planificación realizados en una orden de trabajo, desde que se genera hasta que se termina. Toda orden de trabajo puede seguir una secuencia de estados: inicial, en planificación, lista, en ejecución, esperando por repuestos, esperando por mano de obra, detenida, demorada y esperando por ser registrada. Es posible añadir propias identificaciones de estados, o modificar los predefinidos e incluso cortar manualmente el flujo cuando sea requerido.

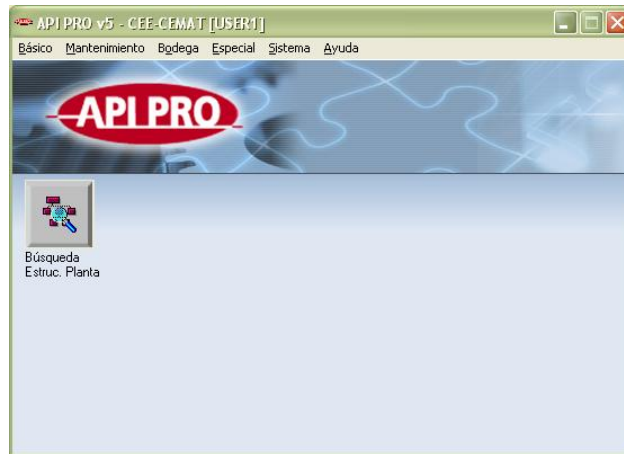
El manejo del flujo de trabajo no solo incluye el flujo de la orden de trabajo individual, sino también el flujo de responsabilidad entre diferentes personas y departamentos, desde el planificador hasta el mecánico.

### 6.3 MECANISMOS Y CARGA DE LA BASE DE DATOS AL MÓDULO.

El sistema APIPRO es ambientado en entorno Windows por lo cual tiene características y facilidades amigables con el usuario.



### **Imagen 6.1:**



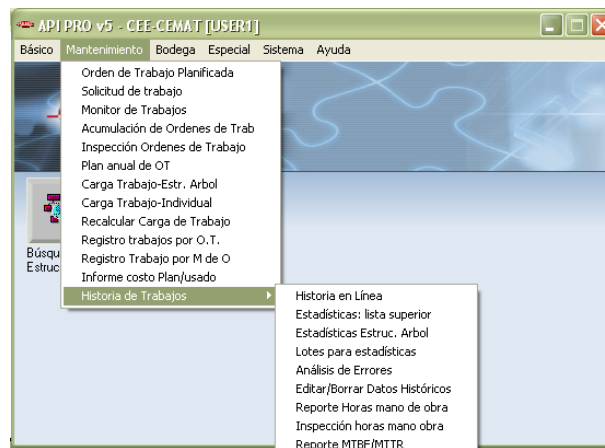
**Imagen 6.1: Pantalla principal APIPRO**

Como podemos ver en el gráfico anterior tenemos los módulos principales que comprende el sistema APIPRO:

- Básico
- Mantenimiento
- Bodega
- Especial
- Sistema
- Ayuda

Nos enfocaremos en el módulo de mantenimiento del sistema APIPRO.

### **Imagen 6.2**



**Imagen 6.2: Módulo de Mantenimiento APIPRO**

El cuál a su vez tiene sub-módulos:

- Orden de Trabajo Planificada
- Solicitud de Trabajo
- Monitor de Trabajos
- Acumulación de Ordenes de Trabajo
- Impresión de Ordenes de trabajo
- Plan Anual de Ordenes de Trabajo
- Carga Trabajo-Estr. Árbol
- Carga Trabajo-Individual
- Recalcular Carga de Trabajo
- Registro Trabajador por O.T.
- Registro Trabajador por M. de O.
- Informe Costo Plan/Usado
- Historia de Trabajos
  - ◆ Historia en línea
  - ◆ Estadísticas. Lista Superior
  - ◆ Estadísticas. Estr. Árbol
  - ◆ Lotes por estadísticas
  - ◆ Análisis de errores
  - ◆ Reporte de horas M.O.
  - ◆ Inspección horas M.O.
  - ◆ Reporte MTBF/MTTR

Para la carga o migración de la base de datos se siguen una serie de pasos:

### **6.3.1 Programa de Importación en general**

El programa de importación puede usarse para crear nuevos registros o actualizar registros existentes.

Deben considerarse ciertos requerimientos para que la importación se ejecute correctamente. El más importante es la plantilla del archivo de importación que debe ser:

- ▶ Formato fijo.
- ▶ Un registro en cada línea en el archivo de importación.

Otros requerimientos como el código de página, formato numérico, fecha de formato, largo de los campos, etc., se describen en este documento y /o en los archivos de plantilla individual para importar.

El módulo es una colección de programas de importación que pueden usarse en diferentes situaciones. Para cada programa de importación existe un archivo de descripción en el cual se especifica la plantilla del archivo de importación (ASCII). El inicio de los archivos de importación ya preparados y la creación de nuevos archivos de control de importación pueden mirarse en el Grafico 6.4.

#### **Gráfico 6.4: Vista de Importación**

The screenshot shows a window titled 'Importar - Vista' with a menu bar (Archivo, Ayuda) and a toolbar. A table lists various importation programs, their control files, and program versions. Below the table is a text area for the description of the selected importation, and an 'Importar' button at the bottom.

Nomb importación	Archivo control	Versión programa
Delivery transactions to existing PO	delivery PO.icf	50
Import of removals\returns transations	removal.icf	50
Inspection history	ihis.icf	42
Instrucción de trabajo	wn.icf	50
Maintenance object	mobje.icf	50
MFG Pro Interface - Import of invoice information	invoices.icf	41
Position	position.icf	50
Purchase order	PO.icf	50
Purchase order line	po line.icf	50
Spare part	sp.icf	50
Spare Part - Supplier combination	comb rep prov.icf	50
Work order	wo01.icf	50
Work order	wo03.icf	50
Work Supplier	ws.icf	51

Descripción de importación:  
Solo lunes a medio día.

Importar

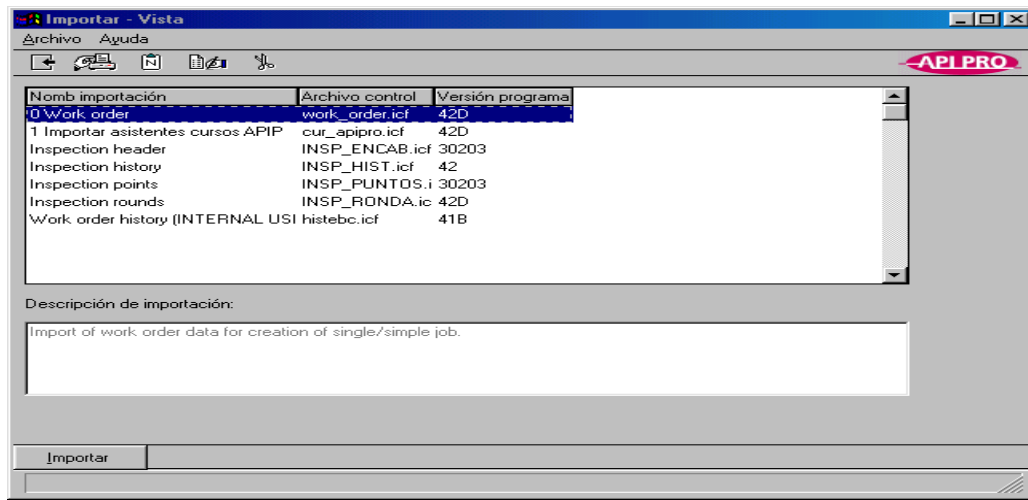
Fuente Gráfico 6.4: TEOPSIS Septiembre 2005

Una importación existente puede ejecutarse seleccionando la importación a realizar y presionando el botón Importar.

### 6.3.2 Crear una nueva importación

Para crear un nuevo archivo de control de importación haga clic en el botón nuevo y elija una de las plantillas de la lista y guárdela. Esto creará una copia de la plantilla de control de importación en el directorio work y aparecerá en la pantalla “Importar – Vista”

#### Imagen 6.3



Fuente Imagen 6.3: TEOPSIS Septiembre 2005

Después de guardar el archivo de control de importación creado (archivo con extensión icf) puede / debe ser editado para ajustarse a la actual plantilla del archivo de importación. Para editar un archivo de control de importación, seleccione el archivo icf y presione el botón editar. Esto abrirá un editor “Note Tab Light”, el cual le permitirá cambiar las diferentes opciones de importación. Las diferentes opciones se describen en la sección “Archivo de control de importación (\*.icf)” posteriormente en este capítulo.

## Imagen 6.4

ID	GVA	Descripción	Cantidad	Peso	Categoría
TR00211	GVA	Tractor Caterpillar Modelo D6D	30	Pesado	CAT
TR04168	GVA	Tractor Caterpillar Modelo D6H	30	Pesado	CAT
TR02039	GVA	Tractor Caterpillar Modelo D7H	30	Pesado	CAT
TR05792	GVA	Tractor Caterpillar Modelo D7H	30	Pesado	CAT
TR05802	GVA	Tractor Caterpillar Modelo D7H	30	Pesado	CAT
TR52259	GVA	Tractor Komatsu Modelo D155-A2	30	Pesado	KOM
TR63467	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SEX-12	31	Pesado	KOM
TR65453	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SEX-12	31	Pesado	KOM
TR01584	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SE-8G	30	Pesado	KOM
TR67221	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SPX	28	Pesado	KOM
TR67222	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SPX	28	Pesado	KOM
TR67357	GVA	Tractor Komatsu Modelo D6SEX-15	31	Pesado	KOM
TG49758	GVA	Tractor Agr. Ford New Hol TL-80FWD	35	Pesado	FORD
TG42913	GVA	Tractor Agr. Massey Ferg. 275/4	32	Pesado	MASS
TG42914	GVA	Tractor Agr. Massey Ferg. 275/4	32	Pesado	MASS
MN02183	GVA	Motoniveladora Caterpillar 140H	31	Pesado	CAT
MN10603	GVA	Motoniveladora Komatsu GD611A-1	31	Pesado	KOM
MN10605	GVA	Motoniveladora Komatsu GD611A-1	31	Pesado	KOM
MN11266	GVA	Motoniveladora Komatsu GD511A-1	31	Pesado	KOM
MN10491	GVA	Motoniveladora Komatsu GD670A-2BY	33	Pesado	KOM
MN02336	GVA	Motoniveladora Gallion 850-B	28	Pesado	GALI
RO00345	GVA	Rodillo Caterpillar Mod. CB-634D	32	Pesado	CAT
RO00193	GVA	Rodillo Caterpillar Mod. CS-533	31	Pesado	CAT
RO00455	GVA	Rodillo Caterpillar Mod. CS-533D	32	Pesado	CAT
RO71613	GVA	Rodillo BOMAG Mod. BU211D-3	27	Pesado	BOMA
RO71618	GVA	Rodillo BOMAG Mod. BU211D-3	27	Pesado	BOMA
RO71619	GVA	Rodillo BOMAG Mod. BU211D-3	27	Pesado	BOMA
RO00232	GVA	Rodillo Caterpillar Mod. PS-180	31	Pesado	CAT
CA31294	GVA	Cargadora Komatsu Mod. WA450-3MC	32	Pesado	KOM
CA31300	GVA	Cargadora Komatsu Mod. WA450-3MC	32	Pesado	KOM
CA31301	GVA	Cargadora Komatsu Mod. WA450-3MC	32	Pesado	KOM
CA31302	GVA	Cargadora Komatsu Mod. WA450-3MC	32	Pesado	KOM
CA42407	GVA	Cargadora Case Mod. 721B	24	Pesado	CASE
CA42591	GVA	Cargadora Case Mod. 721B	24	Pesado	CASE
EX03479	GVA	Excavadora Caterpillar Mod 320CL	32	Pesado	CAT

Fuente Imagen 6.4: TEOPSIS Septiembre 2005

## Imagen 6.5

```

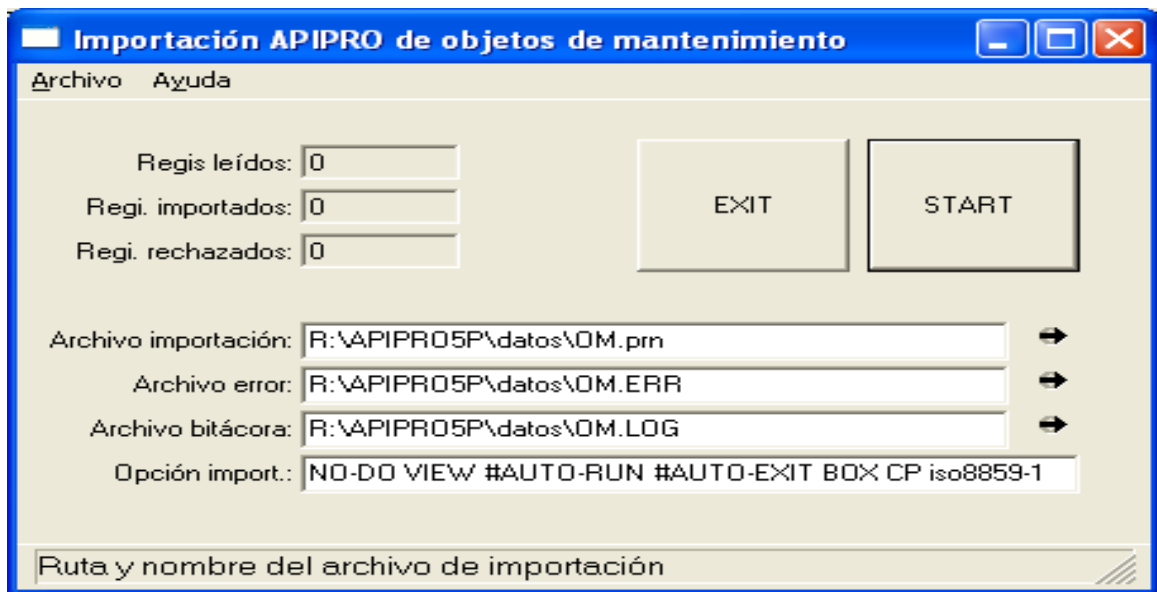
imp-mo01;50;Maintenance object;Import of maintenance object data.
R: \APIPROSP\datos\OM.prn
R: \APIPROSP\datos\OM.ERR
R: \APIPROSP\datos\OM.LOG
NO-DO VIEW #AUTO-RUN #AUTO-EXIT BOX CP iso8859-1
mo_key          KC CEN ; 31;17;CREATE ;
Root_mo_key     * RC ERSD ; 20;18;skip ;
pos_key         * RC ERSD ; 48;16;exist ;
mo_name        FC USDET; 64;40;UPDATE ;
ti_key         RC CERSD; ; ;SKIP ;
supplier_key    RC CERSD; ; ;SKIP ;
mo_code_key     RC CERSD; 21;10;create ;
mo_group_key    RC CERSD; ; ;SKIP ;
sp_key         * RC ERSD ; ; ;SKIP ;
stock_key      RC CERSD; ; ;SKIP ;
account_key     RC CERSD; ; ;SKIP ;
cost_type_key   RC CERSD; ; ;SKIP ;
ok_for_use     FL USD ; ; ;SKIP ;
manufacturer    FC USDET; ; ;SKIP ;
serial_#       FC USDET; ; ;SKIP ;
year           FC USDET; ; ;SKIP ;
delivery_date   FD USD ;100; 8;skip ;
guaranty_time  FC USDET; ; ;SKIP ;
  
```

Fuente Imagen 6.5: TEOPSIS Septiembre 2005

### 6.3.3 Ejecutar una Importación Preparada

Elija el programa importación a ejecutar y presione el botón importar para iniciar la importación. Dependiendo de las diferentes opciones de importación, aparecerá una pantalla como la siguiente. Presione el botón START para comenzar la importación.

## Imagen 6.6



Fuente Imagen 6.6: TEOPSIS Septiembre 2005

### 6.3.3.1 Archivo de Control de Importación (\*.icf)

El archivo de control de importación se usa para especificar opciones de importación.

La plantilla normal de un archivo de control de importación contiene lo siguiente (el número frente a la descripción relaciona la línea en el archivo de control)

1. Datos de control y descripción de la importación.
2. Ruta y nombre del archivo de importación.
3. Ruta y nombre del archivo de error.
4. Ruta y nombre del archivo log.
5. Opciones de importación.
6. Control de Importación. La línea 6 y las líneas adicionales contienen información acerca de dónde leer los datos en el archivo de importación y cómo importar los campos / valores al APIPRO.

### 6.3.3.2 Controles de Importación

Para cada campo que puede ser importado al APIPRO existe una línea de control en el archivo \*.icf. La línea está dividida en varias secciones a través del

caracter delimitador ; (punto y coma). La línea normalmente tiene la sintaxis descrita abajo. Las diferentes secciones deben ser separadas por un punto y coma <;>.

- Descripción del campo, nombre del campo de la base de datos, un código del tipo de descripción y las opciones de control permitidas (código corto)
- Leer posición desde
- Número de caracteres a leer
- Opción de control
- Opción adicional dependiendo de la selección anterior.

Un ejemplo de varias líneas de control de importación podrían ser (el texto en negrilla no es parte del archivo de importación) (Aún cuando no exista una opción adicional, siempre debe estar un “;” después de la opción de control):

**Ejemplo de importación de datos:**

Datos que provienen de TECFRAPEV: **ACTIVOS FIJOS**

```

NO_BIEN      NO_UBICA  NO_EMP_MATRIZ      NO_CD  CODIGO
DESCRIP                                           NO_ORDEN
NO_SERIE      MARCA          MODELO          COLOR
PLACA          NO_TIPO  T  CONSUMO_COMBUSTIBLE  NO_MOTOR
NO_CHASIS          F_ADQUI  NO_BIEN_PADRE  RESPONS
E      VALOR_ADQ      LCONTROL_INTERNO      NUEVO_CODIGO
NO_REGISTRO          CAPACIDAD          OBSERV
VALOR_SEGURO  EN_INSTIT  VALOR_REVAL  NO_PERSONA  VALOR_ADQ_MN
N_ANIO V_DEPRE_ACUM NO_BODEGA

```

```

-----
-----
-----
-----
-----
-----
-----
-----
-----
-----

```

1000	1.2.08.3.6.01.27.06	CLINOMETRO WIEN
1001	1.2.08.3.6.01.29	COMPACTADORAS
1002	1.2.08.3.6.01.29.01	COMPACTADOR INGERSOL
1003	1.2.08.3.6.01.29.04	COMPACTADOR COMBO
1004	1.2.08.3.6.01.29.05	COMPACTADOR BACA
1005	1.2.00.3.6.01.20	SECADORAS
1006	1.2.00.3.6.01.20.01	SECADORA CEDARAPIDS
1007	1.2.00.3.6.01.2P	SEMIREMOLQUES
1008	1.2.00.3.6.01.2P.02	SEMIREMOLQUE SIN
MARCA		
1009	1.2.00.3.6.01.2Q	SOLDADORAS
1010	1.2.00.3.6.01.2Q.01	SOLDADORA AGA
1011	1.2.00.3.6.01.2Q.02	SOLDADORA ANDINA
1012	1.2.00.3.6.01.2Q.03	SOLDADORA ASAR

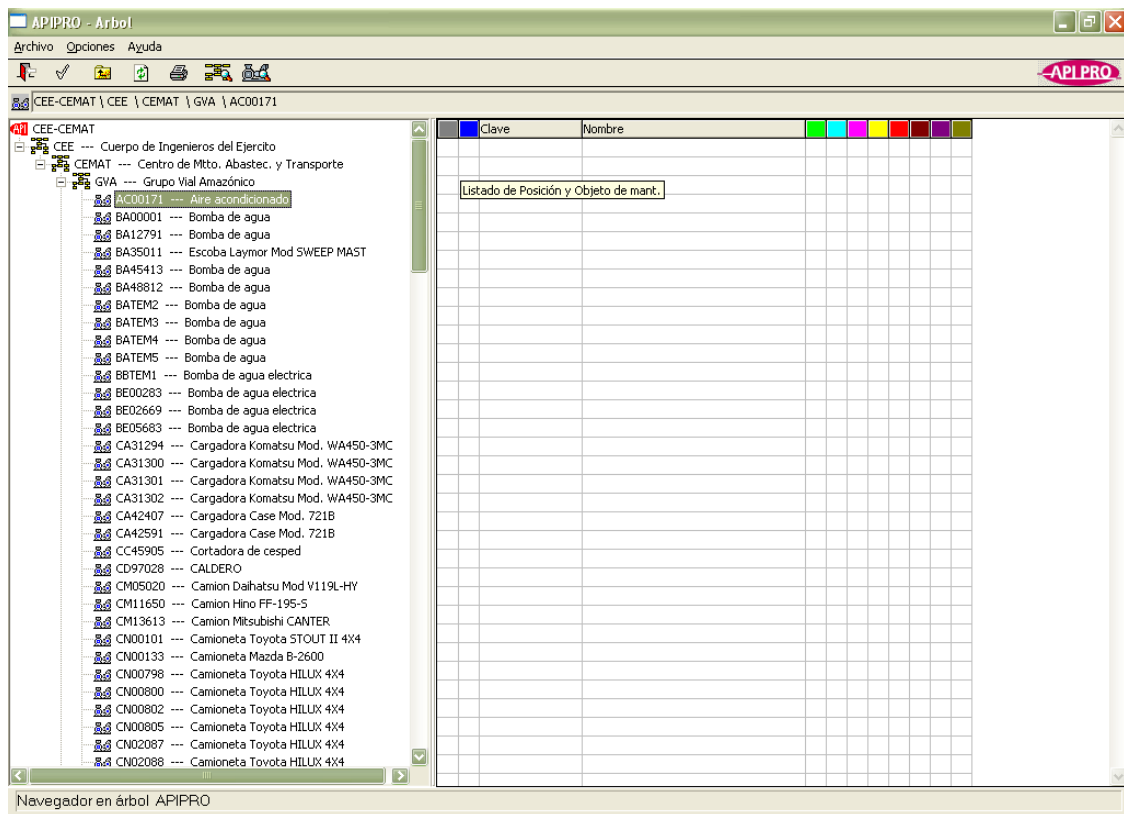
La primera dificultad consiste en que no todos los activos fijos del CEE reciben mantenimiento por parte del CEMAT y no hay manera de distinguirlos en dicha lista de activos fijos, por lo que fue necesario importar todos los activos fijos.

Una vez hecha la importación de los datos a un archivo de texto se realiza la migración al sistema APIPRO, mostrando la información cargada, su ubicación y cada uno de los objetos de mantenimiento.

**Ver Anexo 6.1 (Levantamiento base de datos).**



## Imagen 6.7



Fuente Imagen 6.7: TEOPSIS Septiembre 2005

## 6.4 CORRIDA DEL MODULO DE MANTENIMIENTO Y OBTENCION DE RESULTADOS.

Una vez realizada la carga de los datos en el modulo de mantenimiento, que comprende: los objetos de mantenimiento, es decir los ítems a los que se les aplica acciones de mantenimiento, acciones de mantenimiento correctivo, acciones de mantenimiento preventivo con sus respectivas frecuencias, repuestos, mecánicos, operadores.

El modulo de mantenimiento, nos presenta la orden de trabajo como resultado de su corrida, pero esta orden puede darse por mantenimiento correctivo o mantenimiento preventivo. Esta orden de trabajo es la herramienta fundamental del programa APIPRO ya que esta herramienta permite realizar un historial de la maquinaria y sus reparaciones, costos de mantenimiento detallados, repuestos usados detallados, estadísticas reales de rendimientos de trabajo por parte de los mecánicos, análisis de las causas y efectos de las fallas en la

maquinaria, compra de repuestos e insumos necesarios; todas estas necesidades que representa el mantenimiento serán realizadas de una manera eficiente, rápida y lo que es mejor reduciendo costos.

### **Imagen 6.8**

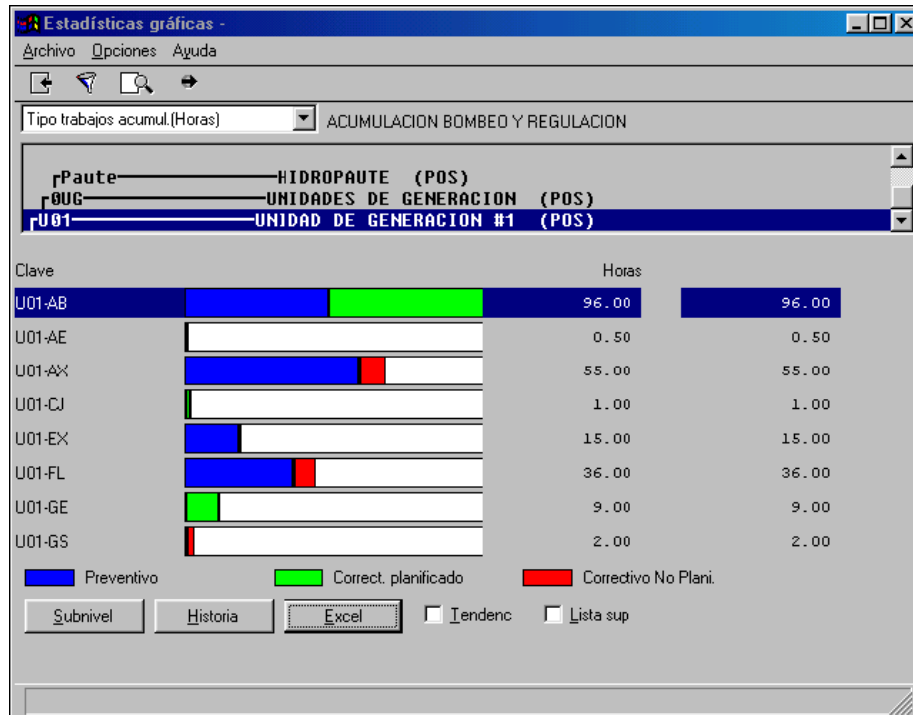
Fuente Imagen 6.8: TEOPSIS Septiembre 2005

Otras características son:

- *Planificación integrada de todas las actividades de mantenimiento*
- *Rutinas para aprobación configurables*
- *Enlace a módulo de mensajes de APIPRO*
- *Manejo de sub órdenes de trabajo*
- *Generación de plan anual de mantenimiento preventivo*
- *Acumulación de órdenes de trabajo con un criterio de filtro flexible*
- *Diagrama GANTT de inspección de los trabajos con función de 'Arrastrar y Soltar'*
- *Inspección en línea de carga de trabajo de la mano de obra*
- *Impresión de tarjetas de trabajo con formato configurable por el usuario*
- *Gestión del flujo de trabajo*
- *Reportes de estado del flujo de las órdenes de trabajo*
- *Registro de órdenes de trabajo por número de orden y por trabajador*
- *Integrado con los módulos API PRO de control de bodega y compras*
- *Historia en línea detallada*
- *TOP LIST histórico de la estructura de la planta*
- *Historia y análisis gráfico de la estructura de la planta*
- *Historia y análisis de códigos de error*
- *Historia y análisis de la estructura contable*

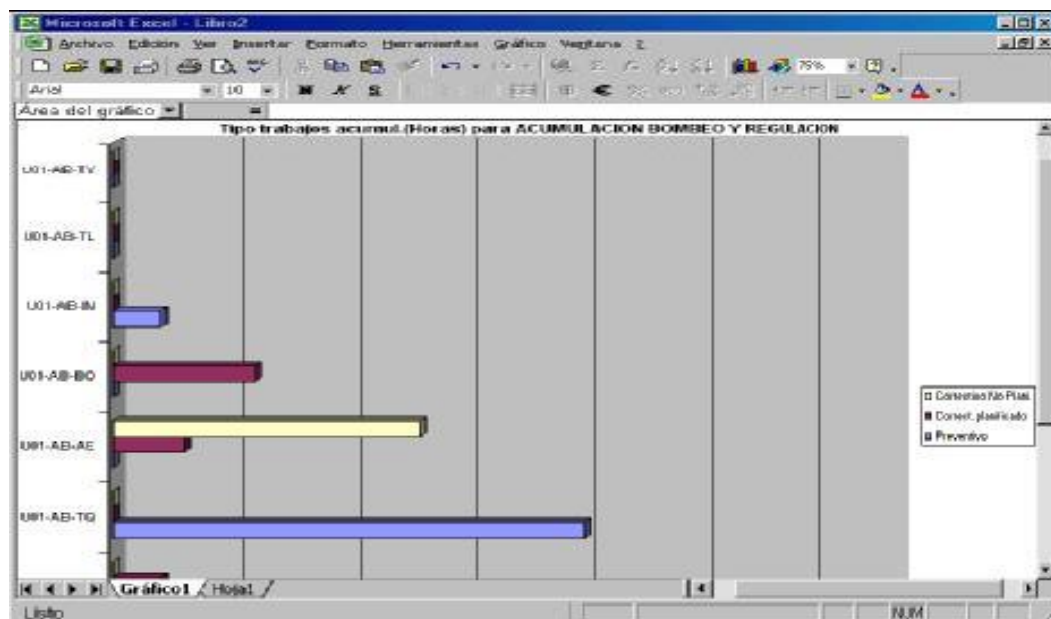
- Enlace desde la historia y análisis a Microsoft Excel
- Impresión automática de tarjetas de trabajo
- Funcionalidad de ventana de planificación
- Reportes MTBF y MTTR
- Posibilidad de trabajar con el sistema fuera de línea

### Imagen 6.9



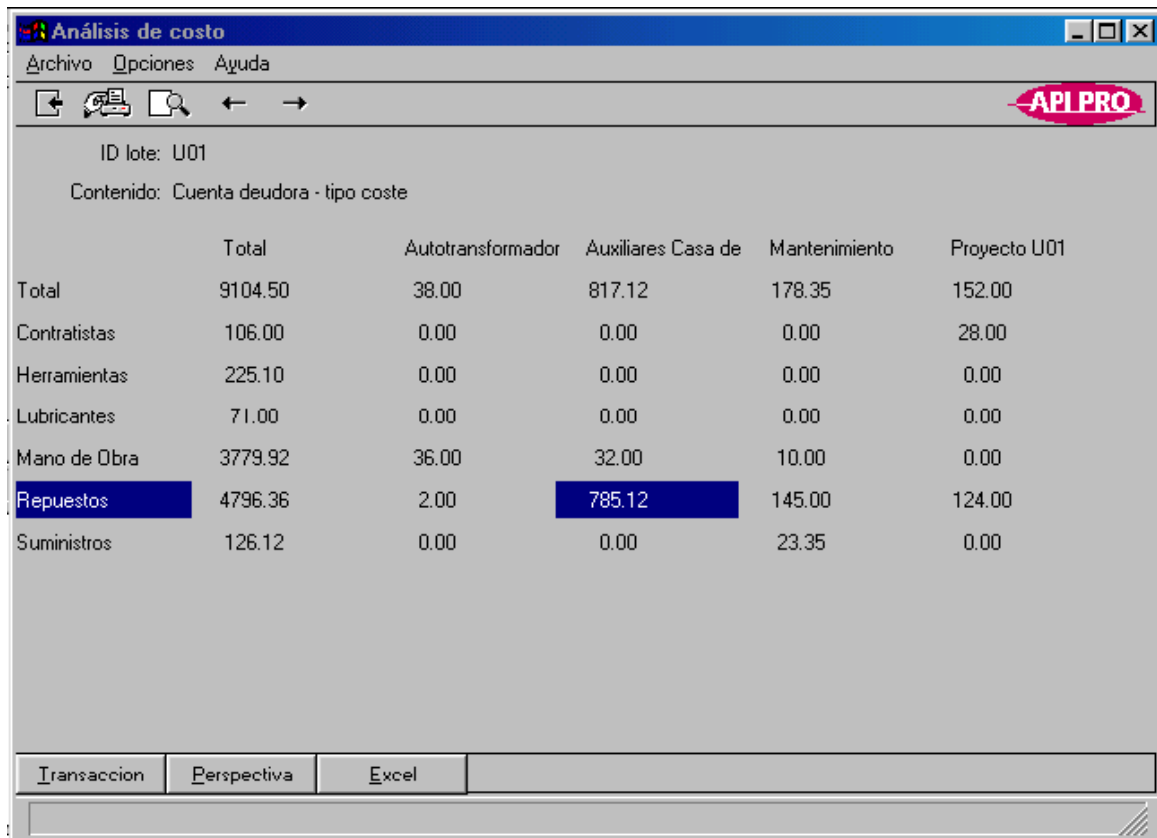
Fuente Imagen 6.9 TEOPSIS Septiembre 2005

### Imagen 6.10



Fuente Imagen 6.10 TEOPSIS Septiembre 2005

## Imagen 6.11



The screenshot shows a software window titled 'Análisis de costo' with a menu bar (Archivo, Opciones, Ayuda) and a toolbar. The main area displays 'ID lote: U01' and 'Contenido: Cuenta deudora - tipo coste'. A table lists various cost categories and their distribution across different project components. The 'Repuestos' row is highlighted in blue.

	Total	Autotransformador	Auxiliares Casa de	Mantenimiento	Proyecto U01
Total	9104.50	38.00	817.12	178.35	152.00
Contratistas	106.00	0.00	0.00	0.00	28.00
Herramientas	225.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Lubricantes	71.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mano de Obra	3779.92	36.00	32.00	10.00	0.00
<b>Repuestos</b>	<b>4796.36</b>	2.00	<b>785.12</b>	145.00	124.00
Suministros	126.12	0.00	0.00	23.35	0.00

At the bottom of the window, there are buttons for 'Transaccion', 'Perspectiva', and 'Excel'.

Fuente Imagen 6.11: TEOPSIS Septiembre 2005

Durante la realización de este proyecto el Cuerpo de Ingenieros del Ejército se encuentra en proceso de adquisición del programa APIPRO para su posterior implementación dentro del CEMAT y la ampliación a los diferentes campos.

## **CAPÍTULO 7**

### **EVALUACIÓN FINAL**

#### **7.1 ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM**

##### **7.1.1 PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO GTA.**

###### **7.1.1.1 Objetivo:**

Mejorar los procedimientos de mantenimiento, actividades administrativas de mantenimiento del Grupo de Trabajo Amazónico GTA y sus frentes de trabajo, a fin de alcanzar eficiencia técnica reducir costos de operación, costos de mantenimiento y mejorar la actitud del personal operativo y de mantenimiento que constituyan una aporte para el Arma de Ingenieros del Ejército ecuatoriano.

###### **7.1.1.2 Alcance:**

El presente plan se involucra al personal operativo y de mantenimiento así como a supervisores, jefes y directivos del GTA.

###### **7.1.2.3 Referencias:**

- ▶ Directiva administrativa y técnica No. 07 para unidades y grupos de trabajo.
- ▶ Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la línea de producción de municiones de la fábrica de municiones Santa Bárbara.
- ▶ Patricio Castellanos y Marcelo Hurtado.

#### **7.1.1.4 Desarrollo:**

##### **7.1.1.4.1 Conformación del Grupo TPM**

La conformación del grupo TPM estará a cargo del jefe de grupo, en el Capítulo 3, sección 3.4 se encuentra la organización del grupo y sus áreas de influencia.

##### **7.1.1.4.2 Capacitación Grupo TPM.**

Una vez conformado el grupo TPM e identificados sus objetivos y tareas específicas, se procede a la capacitación del grupo en la filosofía del TPM, sus objetivos, alcances y principios, el detalle de su capacitación se encuentra en el Capítulo 3 sección 3.1.3 Tabla 3.

##### **7.1.1.4.3 Capacitación Personal Operativo y de Mantenimiento.**

Una vez que se hizo la capacitación del grupo TPM, se procede a capacitar al personal operativo y de mantenimiento sobre el TPM, se usará el mismo plan de capacitación que se empleo para el grupo TPM.

Para lograr esta capacitación se debe seguir las directrices de capacitación mencionadas en el Capítulo 5 sección 5.4.2.

##### **7.1.1.4.4 Mantenimiento.**

Dentro de la administración de mantenimiento es indispensable la estandarización de procedimientos y documentos que permiten organizar de mejor manera los planes de mantenimiento, acciones de mantenimiento, repuestos y la guía del personal de mantenimiento que permitan la mayor disponibilidad de la maquinaria.

### Estándares de desempeño del equipo o especificaciones de la maquinaria.

Indican como el equipo debe ser operado, incluye las principales dimensiones, capacidad y desempeño, precisión, funciones, mecanismos, y sus partes principales, etc.

**Ver anexo 5.6 a y 5.6 b (Formato ficha técnica maquinaria).**

En este formato se encontrara un ejemplo de uso de la ficha técnica.

**Ver Anexo 7.1 (Ejemplo de uso ficha técnica maquinaria).**

### Estándares de inspección.

Son técnicas para medir o determinar el deterioro. Especifica el área y objetos a ser inspeccionado, los intervalos de inspección, métodos, instrumentos de medición, criterio de evaluación, acción correctiva a tomar, etc. Incluye dibujos ilustrativos y fotografías.

**Ver Anexo 7.2 (Formato descripción de fallas).**

**Ver Anexo 7.3 (Formato análisis de fallas).**

**Ver Anexo 7.4 (Formato soluciones de fallas).**

### Estándares de servicio.

Especifican como dar servicio de rutina hecho con herramientas de mano. Incluyen guías y métodos para diferentes tipos de servicio, tal como limpieza, lubricación, ajuste y partes de reemplazo.

Seguir las recomendaciones del Capítulo 5 sección 5.2.3

Registro de los reportes de mantenimiento. Se requiere los utilizados para reparar y dar servicio para restaurar el equipo a su condición original de operación.

Estos registros son los partes diarios que los operarios realizan, para describir los trabajos que hacen en las diferentes maquinarias, dando la descripción del trabajo, el tipo de máquina, las horas utilizadas en la reparación de la máquina.

Bitácora del equipo. Se deben mantener por la vida útil del equipo incluyendo, fechas, localización, detalle y costos para las daños o fallas que se repararon, el mantenimiento periódico y mejoras, así como nombres, modelos, tamaños y números de partes y manufactureros.

Dentro del GTA la maquinaria lleva la bitácora con el nombre de “Libro de Vida”, en el cual se llevan todos los registros de reparaciones, localización, operadores, turnos.

Registro de los costos de mantenimiento. Incluye mano de obra, material, costos de sub-contratos, etc. Estos costos son totalizados normalmente en el sistema de contabilidad de la empresa.

**Ver anexo 1.5 (costos detallados del GTA).**

#### **7.1.1.4.4.1 Mantenimiento Correctivo**

Estándares de mantenimiento de la maquinaria.

Indica métodos para medir el deterioro del equipo, detención de deterioro y restauración de equipo.

**Ver Anexo 5.1 (Formato de estandarización de procedimiento de mantenimiento correctivo.)**

Estándares de reparación.

Especifica condiciones y métodos para el trabajo de reparación. Los estándares de reparación usualmente incluyen métodos de reparación y horas de trabajo.

**Ver Anexo 5.2 (Formato de estandarización de acciones de mantenimiento correctivo.)**



Se presenta un flujo de los pasos que el mecánico debe seguir para el desarrollo del mantenimiento correctivo.

**Ver Anexo 7.5 (Flujo estandarización mantenimiento correctivo)**

**Ver Anexo 7.6 (Formato reporte de trabajo diario)**

**Ver Anexo 7.7 (Ejemplos mantenimiento correctivo.)**

#### **7.1.1.4.4.1.1 Administración y Repuestos.**

Para la administración del mantenimiento hay que tener en cuenta los procedimientos, es decir no basta con saber reparar la maquinaria es necesario conocer los procesos que la empresa implementa para la reparación, teniendo en cuenta que el taller de mantenimiento del GTA no posee una estandarización de los procesos de mantenimiento correctivo, el estudio presente plantea dicha estandarización del mantenimiento correctivo que se observa en el Capítulo 5 sección 5.1.1, el plan nos brinda la posibilidad de revisar el cumplimiento de estos procedimientos.

**Ver anexo 5.1 (formato estandarización de procedimientos de manteniendo correctivo).**

Dentro de la administración hay que tomar en cuenta que los repuestos son los principales materiales para el mantenimiento, por ellos su administración debe de ser adecuada y precisa, para que no haya problemas de falta de stock que causen demoras en la reparación de la maquinaria, por ello se a planificado un procedimiento de codificación de los repuestos para su mejor administración, esto podemos ver en Cap3 sección 3.3.1.2.

Tomemos en cuenta que un taller de mantenimiento debe tener un stock necesario para su autoabastecimiento y mas aun el taller de mantenimiento del GTA, quien tiene a su cargo un parque de maquinaria bastante amplio tanto en tipos de máquinas como en marcas, En el Anexo 5.3 podemos observar un stock mínimo y máximo de repuestos por maquinaria que debe tener el GTA.

#### **7.1.1.4.4.2 Mantenimiento Preventivo.**

El mantenimiento preventivo es la parte mas importante en la administración del mantenimiento, ya que se encarga de la planificación de las reparaciones y revisiones que la máquina debe pasar, los planes de mantenimiento pueden ser generales o por minorizados para cada tipo de maquinaria según exija su manual, para ello podemos ver en el Capitulo 5 Tablas 5.1 y 5.2 acciones de mantenimiento generales para cualquier maquina sea pesada o rueda y en el Anexo 5.4 vemos las acciones de mantenimiento por cada tipo de máquina.

El plan presenta los formatos de cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo, con los cuales podremos dar seguimiento a dichas acciones y controlar su ejecución de acuerdo al procedimiento.

**Ver Anexo 5.5: (Formato de Checklist cumplimiento de procedimientos de trabajo mantenimiento preventivo equipo pesado)**

**Anexo 5.5, Apéndice 1: (Formato de Checklist cumplimiento de procedimientos de trabajo mantenimiento preventivo equipo rueda)**

Para que la planificación del mantenimiento funcione los operadores de maquinaria deben ser conscientes de los tiempos en los que la maquinaria debe ingresar a mantenimiento, por ello en este plan se promueve el uso de la ficha técnica que además de ser un informativo de las partes importantes de la maquinaria, datos básicos, uso adecuado, es también una guía de los planes de mantenimiento preventivo y sus frecuencias, con esto el operador se podrá ayudar para planificar el ingreso al taller de la máquina a su cargo.

La localización de estas fichas debe estar en cada maquinaria y en un archivo en la oficina de mantenimiento.

#### **7.1.1.4.4.3 Mantenimiento Planeado.**

El mantenimiento planeado es un mantenimiento basado en las condiciones propias del sector donde realizan los trabajos la maquinaria, en este caso hablamos de la condiciones ambientales de la provincia de sucumbios, este tipo de mantenimiento no es usado en el taller del GTA ya que se necesita de un tiempo para poder predecir las fallas causadas por el ambiente, por ello el plan propone un procedimiento de obtención de datos que podemos ver en el Capitulo 5 sección 5.3.2, además se promueve un formato de obtención de fallas causadas por el ambiente y sus efectos en la maquinaria.

**Ver anexo 5.10 (Formato de revisión de partes y piezas según condiciones ambientales).**

El mantenimiento planeado es un sistema a largo plazo, ya que se necesita tiempo para obtener la información necesaria para predecir las fallas y así modificar el mantenimiento preventivo amparado en condiciones reales dadas por el mantenimiento planeado.

#### **7.1.1.4.4.4 Mantenimiento Autónomo.**

El mantenimiento autónomo plantea que personal operativo debe estar capacitado para mejorar el mantenimiento de la maquinaria a cargo de cada uno de ellos, en el Capitulo 5 sección 5.4 podemos ver una plan detallado de las actividades que debe cumplir el operador.

Es también necesario que los mecánicos se interrelacionen con los operadores, la unión de ellos traerá beneficios en las reparaciones o detecciones de fallas, ya que son los operadores quienes saben el funcionamiento de la maquinaria y pueden dar aviso de alguna irregularidad para ser revisada antes de pasar a ser grava, por ello se promueve esta interrelación en el Capitulo 3 sección 3.3.2 tabal 3.2 .

Este estudio analizo las condiciones educativas del personal tanto de jefes, supervisores, mecánicos y operarios, esto llevo a la conclusión del que el personal debe estar capacitado mucho mas dentro de su área de trabajo, por ello se promueve un guía de capacitación que se puede ver en el Capitulo 5 sección 5.4.2 .

El objetivo principal es involucrar a todos en el mantenimiento, ya que dentro del GTA es importantísimo esto es por que la maquinaria es la principal herramienta para cumplir con los contratos viales y construcción, por ello la importancia de tener un excelente plan de mantenimiento que cubra todos los beneficios que el mantenimiento ofrece.

#### **7.1.1.4.4.5 Mejora Continua**

La mejora continua que se quiere promover en el GTA es la capacitación en programas de calidad tales como el TPM, es importante fomentar la calidad en los procesos dentro del GTA, no basta con la certificación que obtuvo el GTA, es necesario que tanto los jefes como todo el personal quiera el cambio y estén dispuestos a mejorar cada día en sus puestos de trabajo.

El plan esta encaminado a la mejora continua en el taller de mantenimiento, por ello todos los pasos mencionados anteriormente en este capitulo son una guía para llegar a ello. El grupo TPM es quien se encargará de llevar planes que permitan la mejora continua en el taller de mantenimiento como en el GTA.

**Ver Anexo 7.8: (Cronograma Plan de mantenimiento preventivo anual)**

### **7.1.2 ANALISIS DE INDICES DE EFICIENCIA.**

#### **7.1.2.1 Eficiencia en el mantenimiento.**

Podemos calcular esta eficiencia con los datos de estado de la maquinaria Capitulo 1, donde tenemos maquinara en operación, disponibles y reparándose, con esto y las formulas básicas tenemos los siguiente.

$$Emer = \frac{Eor}{Eor + Err + Emr} \times 100 [\%]$$

Ecuación 7.1

**Emer:** eficiencia de mantenimiento al equipo (%)

**Eor:** cantidad de equipo (vehículos) en operación

**Err:** cantidad de equipo en Stand by

**Emr:** cantidad de equipo en mantenimiento

El cálculo tenemos:

**Tabla 7.1: Eficiencia de Mantenimiento**

<b>Operando</b>	<b>80</b>	<b>80 % de eficiencia</b>
<b>Stand by</b>	<b>12</b>	
<b>Reparación</b>	<b>8</b>	

Fuente Tabla 7.1: M. Hurtado, P. Castellanos sep. 2005

La eficiencia del mantenimiento es del 80% lo cual es bueno, pero predecimos que si se aplica el TPM podemos llegar a una eficiencia del 92 % al 94 %, ya que los procesos la administración del mantenimiento será más rápida y de calidad.

Lo que lleva a pensar en el aumento de la eficiencia en el mantenimiento, son las siguientes razones:

- ▶ En los principios del TPM esta el mejorar la eficiencia hasta un 96%.
- ▶ La implementación causara mejoras a los procesos y los hará mas eficientes.
- ▶ El cambio de mentalidad y la motivación, logrará que los operarios y mecánicos se sientan bien con su trabajo, aumentando la eficiencia y la productividad.
- ▶ Los planes de capacitación serán importantes, ya que la gente se sentirá que el GTA esta preocupándose por su educación para mejorar en sus puestos de trabajo.

- ▶ La interrelación que se plantea que exista entre operadores y mecánicos, será una de las bases para que la eficiencia aumente, ya que las fallas serán atendidas antes de ser fallas graves y que lleve mas tiempo en repararlas.

## 7.2 ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO.

Para realizar el análisis económico financiero del proyecto, se analizará la inversión necesaria para su implementación; la vida útil del presente proyecto será de 3 años, esto ya que el uso del software y del hardware quedarán obsoletos en ese tiempo y se tendrá que invertir en nuevas versiones.

### 7.2.1 Inversión fija.

Las inversiones de activos fijos son todas aquellas que se realizan en los bienes tangibles que se utilizaran en el proceso de implementación. Este tipo de inversión comprende bienes que están sujetos a depreciación entre los que tenemos

- ▶ Equipos y Muebles de Oficina

**Tabla 7.2: Inversión en equipos y muebles de oficina.**

<b>Equipos y muebles de oficina</b>			
<b>Equipos y muebles de oficina</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Computadora (licencia incluida)	1	1.200,00	1.200,00
Impresora	1	160,00	160,00
<b>TOTAL</b>			<b>1.360,00</b>

### 7.2.2 Activos Intangibles

Estos activos son los activos no físicos, pero son necesarios para la ejecución del proyecto conformado por servicios o derechos adquiridos por la empresa y son:

- ▶ Software
- ▶ Gastos previos a la implementación.

**Tabla 7.3: Inversión en Software.**

<b>Software</b>			
<b>Software</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Computadora (licencia incluida)	1	13.000,00	13.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>13.000,00</b>

**Tabla 7.4: Inversión gastos previos a la implementación.**

<b>Gastos previos a la implementación</b>		
<b>Rubros</b>		<b>Valor Total</b>
Costo del programa TPM		2.500,00
Capacitación		1.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>3.500,00</b>

### **7.2.3 Inversión Total**

La inversión total esta compuesta de la inversión fija y la intangible y se detalla a continuación:

**Tabla 7.5: Inversión Total.**

<b>Inversión Total</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
<b>Inversión Fija</b>	
Equipos y muebles de oficina	1.360,00
<b>Inversión Intangible</b>	
Software	13.000,00
Gastos previos a la implementación	3.500,00
Imprevistos	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>17.960,00</b>

## 7.2.4 Determinación de los costos del desarrollo del TPM.

### 7.2.4.1 Recursos Humanos

Uno de los rubros que contempla los costos son los de mano de obra, son los encargados de la implementación del TPM, es decir el grupo TPM y los instructores y sus costos se detallan a continuación son costos.

Dentro de estos gastos no se toman en cuenta los gastos del grupo TPM, ya que como son empleados del Grupo de Trabajo Amazónico, estas actividades van hacer parte de las responsabilidades de su trabajo.

**Tabla 7.6: Recursos Humanos.**

Costo de mano de obra grupo TPM				
Personal	Personal	Costo Hora	Horas destinadas	Valor total
<b>GRUPO TPM</b>	Jefe TPM		32	0,00
	Supervisor TPM		32	0,00
	Supervisor Mantenimiento		64	0,00
	Control Calidad y Capacitación		32	0,00
<b>Mano de obra Indirecta</b>	Instructores teoría	4,10	400	1.640,00
	Instructores práctica	4,10	400	1.640,00
			<b>TOTAL</b>	<b>3.280,00</b>

### 7.2.4.2 Gastos Administrativos.

Son los gastos generados por servicios básicos y suministros de oficina detallados a continuación.

**Tabla 7.7: Gastos administrativos.**

Gastos Administrativos (anual)				
Equipos y muebles de oficina	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
Consumo Energía	Kw-h	400	0,11	44,00
Suministros				160,00
			<b>TOTAL</b>	<b>204,00</b>



### 7.2.4.3 Gastos de Supervisión.

Se incluyen estos costos en los que el grupo TPM se encuentra en supervisión trimestral de capacitación, lo cual se tendrá 12 reuniones en un total de 12 horas en el transcurso de 3 años del proyecto por frente de trabajo.

**Tabla 7.8: Costo de Supervisión.**

<b>Costo de Supervisión</b>			
<b>Grupo TPM</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
Transporte (Combustible)	50 gal	1,09	54,5
Subsistencias	2 personas/ 2días	27,5	110
Otros gastos (mantenimiento)	3 horas	5,00	15,00
		<b>TOTAL</b>	<b>179,50</b>

### 7.2.4.4 Resumen de costos del desarrollo TPM.

**Tabla 7.9: Costo desarrollo TPM.**

<b>Costo desarrollo TPM</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
<b>Recursos Humanos</b>	
Instructores	3.280,00
<b>Gatos administrativos</b>	
Consumo Energía	44,00
Suministros	160,00
<b>Costo de Supervisión</b>	179,50
<b>TOTAL</b>	<b>3.663,50</b>

### 7.2.4.5 Resumen de costos del desarrollo TPM.

Para analizar los flujos de efectivo que se destinarán para desarrollar el TPM, debemos aclarar que el Departamento de Mantenimiento no es un centro que genere ingresos, sino, es una partición dentro del presupuesto general del GTA. Es por esa razón que dentro del estudio se plantea la asignación de un rubro para el TPM, ya que renecesita cubrir los gastos e inversión inicial. Se propone un incremento anual del 5% a la asignación con el fin de cubrir la inversión en no más de tres años.

A continuación se presenta una tabla con el flujo de efectivo, explicando a detalle los gastos e inversiones incurridas.

**Tabla 7.10: Flujo de efectivo TPM.**

FLUJO DE EFECTIVO TPM				
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
<b>Saldo Inicial Efectivo (A)</b>	<b>0,00</b>	<b>-10.460,00</b>	<b>-6.248,50</b>	<b>-1.643,25</b>
<b>Ingresos (B)</b>				
Asignación TPM	7.500,00	7.875,00	8.268,75	8.682,19
<b>Ingresos Totales</b>	<b>7.500,00</b>	<b>7.875,00</b>	<b>8.268,75</b>	<b>8.682,19</b>
<b>Efectivo Disponibles (A+B)</b>	<b>7.500,00</b>	<b>-2.585,00</b>	<b>2.020,25</b>	<b>7.038,94</b>
<b>Desembolsos (C)</b>				
Equipos y Muebles de Oficina	1.360,00			
Software	13.000,00			
Gastos previos a la implementación	3.500,00			
Imprevistos	100,00			
Recursos Humanos		3.280,00	3.280,00	3.280,00
Supervisión		179,50	179,50	179,50
Administrativos		204,00	204,00	204,00
<b>Total Desembolsos.</b>	<b>17.960,00</b>	<b>3.663,50</b>	<b>3.663,50</b>	<b>3.663,50</b>
<b>Saldo Final Efectivo (A+B-C)</b>	<b>-10.460,00</b>	<b>-6.248,50</b>	<b>-1.643,25</b>	<b>3.375,44</b>
<b>Flujo neto de caja</b>	<b>-10.460,00</b>	<b>4.211,50</b>	<b>4.605,25</b>	<b>5.018,69</b>

## 7.2.5 Análisis financiero

Para el análisis financiero nos basaremos en dos índices como son el VAN y el TIR.

### 7.2.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto mide el valor actual de los desembolsos y de los ingresos, actualizándolos al momento inicial y aplicando un tipo de descuento en función del riesgo que conlleva el proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} \quad \text{Ecuación 7.2}$$

### 7.2.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Este método consiste en calcular la tasa de descuento que hace cero el VAN. Un proyecto es interesante cuando su tasa TIR es superior al tipo de descuento exigido para proyectos con ese nivel de riesgo.

**Tabla 7.11: Cálculo VAN y TIR**

ANALISIS FINANCIERO		
AÑO	FLUJO NETO	FLUJO DESCONTADO
0	-10.460,00	-10.460,00
1	4.211,50	4.010,95
2	4.605,25	4.177,10
3	5.018,69	4.335,33
VAN (i=5%)		2.063,38

TIR	9,44%
-----	-------

Si el valor del TIR es mayor que el valor del VAN, esto quiere decir que el proyecto si es viable.

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES.

- Una de las principales actividades del estudio de la implementación del TPM en el Grupo de Trabajo Amazónico, fue el de indagar y determinar las debilidades y omisiones en los procesos administrativos y operativos de mantenimiento tales como la falta de un sistema mantenimiento, desorganización en la administración de repuestos, una programación automatizada del mantenimiento preventivo, etc., que son algunos de los problemas con los que se encontró.
- La filosofía del TPM es una de las herramientas de calidad mas usadas en lo que son fabricas de producción continua, el estudio que se propone como una revolución de probar si esta herramienta funciona en el taller de mantenimiento del Grupo de Trabajo Amazónico, lo cual es factible, ya que los principios del TPM se adaptan completamente al mejoramiento del taller de mantenimiento.
- El TPM es una herramienta de calidad que plantea una cultura de mejora del mantenimiento involucrando a todos sus empleados y miembros de la empresa sobre una base de compromiso y colaboración.
- El proyecto plantea la creación del Grupo TPM quienes serán los responsables de la administración e implementación; con la ayuda de este grupo y de la herramienta TPM, podremos reducir problemas entre el personal, mejorar la comunicación interdepartamental, y aumentar la eficiencia en los procesos y puestos de trabajo en específico.

- El estudio plantea la utilización del TPM-EM para el mejoramiento de los equipos, aplicando las técnicas de como Pareto e Ishikawa para el análisis de las fallas, las soluciones se darán a través de lluvia de ideas que ayudaran a ampliar las posibilidades y se incrementará las relaciones laborales de la gente que aporta con ideas para las soluciones.
- Otra de los principios básicos del TPM y que se plantea en este estudio es el uso de los tipos de mantenimiento autónomo y planeado, que analizan la condiciones reales del lugar de trabajo y las habilidades y destrezas del personal respectivamente, para que estos principios funcionen, el estudio posee las directrices para la estandarización de estos tipos de mantenimiento.
- Se plantean las directrices para un sistema de capacitación que aumentara la eficiencia y técnica del personal dentro de su puesto de trabajo y el pensamiento hacia la mejora de los procesos del GTA.
- Los planes de capacitación sobre el TPM son necesarios dentro de la implementación y en especial para el Grupo TPM quienes son los encargados del funcionamiento del mismo.
- Se tiene que reconocer que sin la ayuda de los conocimientos suministrados por la universidad a través de la FIME y de sus catedráticos, no se hubiese logrado la culminación de este proyecto, ya que las fuertes bases teóricas y prácticas combinadas con la investigación sirvieron para el alcance de este objetivo.
- Una de las principales herramientas que el TPM necesita para la implementación es el Software de mantenimiento, se esta probando con el sistema APIPRO, que es un sistema completo que ayudará con la automatización de los procesos, mejorara los planes de mantenimiento con relación en stocks de repuestos, inventarios, activos fijos, maquinaria en remate, costos de mantenimiento, estadísticas, etc.

- Culminamos el proyecto con la elaboración del plan maestro, que no es mas que el manual de seguimiento de implementación del TPM, este manual ayudará a el Grupo TPM para la administración de recursos como el uso de registros y formatos, mejora continua, tipos de mantenimiento, capacitaciones, repuestos, planes de mantenimiento, etc.
- Luego del análisis económico y posteriormente el análisis financiero del estudio del proyecto TPM en el GTA, podemos decir que el TIR(Tasa interna de Retorno) nos da un valor aproximado del 10%, él cuál es mayor al VAN(Valor Actual Neto) que es del 5%; con esto se concluye que el proyecto es viable.

## **8.2 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda al GTA la implementación del TPM, no solo basta con la certificación, ya que esta no va hacia los detalles de los procesos y a las relaciones interdepartamentales, es por ello que el TPM, iniciaría en el taller y luego puede ser parte de todo el GTA.
- Se sugiere que el GTA, realice la implementación, la capacitación del personal, en niveles tecnológicos más altos, ya que teniendo personal con alta capacitación se reducirá costos por trabajos similares hechos por otras personas fuera del GTA.
- Se recomienda la adquisición de software, ya que es una herramienta indispensable dentro de la administración del mantenimiento, esto agilizará los proceso y mejorara la planificación de los planes de mantenimiento.
- Se sugiere que dada la distancia geográfica entre el GTA y los mercados donde se puede acceder a repuestos se tenga en cuenta los niveles

mínimos y máximos de repuestos para el mantenimiento óptimo del taller.

- Se recomienda la supervisión por parte del grupo TPM, con respecto a las horas de trabajo del personal de mantenimiento así como las actividades que ellos realizan.
- Considerando que el TPM será un éxito, hay que mantener a la maquinaria en los niveles máximos requeridos de mantenimiento y disponibilidad, para ello se necesitará la planificación óptima de mantenimiento total de cada una de ellas.
- Para que la implementación funcione se necesitara de la participación del personal de todas las áreas y todos los niveles, por lo que se recomienda que se inicie en la filosofía del TPM a todo el personal del GTA.
- Finalmente, se recomienda asignar un rubro para la gestión del TPM en el grupo el cual se incrementará en un 5% cada año, a fin de solventar los gastos e inversiones necesarias.

## **ANEXOS**



## BIBLIOGRAFÍA

- **GUTIERREZ Humberto**, Calidad Total y Productividad, Editorial McGraw Hill, México, 1997.
- **BOERO Carlos**, Organización Industrial, Editorial Científica Universitaria, Argentina, 4ta edición, 2002.
- **DUFFA – RAOUF – DIXON**, Sistema de Mantenimiento Planeación y Control, Editorial Limusa Wiley, México, 2004.
- **BLANCHARD Benjamín**, Logistics Engineering and Management, Editorial Prentice – Hall, USA, 4ta edición
- **ISHIKAWA Kaoru**, ¿Qué es el Control de Calidad?, Traducido por Margarita Cárdenas, Editorial Norma, 1994.
- **DOUNCE Villanueva Enrique**, La Productividad en el Mantenimiento Industrial, Editorial Continental, 5ta. Ed., México, 1997,
- **SACRISTAN Rey**, La preparación de un proyecto de TPM en una industria, Uruguay, 1999.
- **HARTMANN Edward**, Cómo implantar con éxito el TPM, 1999.
- **NARVÁEZ G., ARGUELLO D.**, Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la línea de producción de municiones de la fábrica de municiones Santa Bárbara, Ecuador, 2003, tesis de grado.
- **CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO.**, Directiva Administrativa y Técnica No. 7 para Unidades y Grupos de trabajo, Ecuador. 1-Feb-2005.

***Direcciones electrónicas:***

- [www.solomantenimiento.com/m\\_ptm.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_ptm.htm)
- [www.esi.unav.es/asiganturas/OP/op1/clases/mantenimiento/tsld002.htm](http://www.esi.unav.es/asiganturas/OP/op1/clases/mantenimiento/tsld002.htm)
- [www.manttest.com](http://www.manttest.com)
- [www.ceroaverias.com/ciclo/htm](http://www.ceroaverias.com/ciclo/htm)
- [www.tpmonline.com/services/indice.htm](http://www.tpmonline.com/services/indice.htm)
- [www.plant-maintenance.com/maintenance\\_articles\\_tpm.shtml](http://www.plant-maintenance.com/maintenance_articles_tpm.shtml)
- [www.elprisma.com](http://www.elprisma.com)