

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## “ Proyecto para la Optimización de la Administración del Mantenimiento de una Empresa Petrólera Ubicada en la Selva ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO**

**WINSTON ZAVALA RAMOS**

PROMOCION: 1980 - 2

**LIMA PERU • 1989**

## INDICE

|  | PAG |
|--|-----|
| PROLOGO  | 01  |
| CAPITULO I- INTRODUCCION                                       |     |
| 1.1 Actividad desarrollada.                                    | 03  |
| 1.2 Organigrama de la Operación.                               | 04  |
| CAPITULO II- DESCRIPCION DEL PROYECTO                          |     |
| 2.1 Marco Conceptual.  | 09  |
| 2.2 Metodología para el diagnóstico de la Organización.        | 14  |
| 2.3 Alcances y limitaciones.                                   | 15  |
| CAPITULO III- DIAGNOSTICO DE LA ADMINISTRACION ACTUAL          |     |
| 3.1 Organización de la Unidad de Mantenimiento.                | 18  |
| 3.2 Sistemas de Ordenes de trabajo.                            | 18  |
| 3.2.1 Descripción del proceso de Ordenes de trabajo.           | 20  |
| 3.2.2 Codificación de las Ordenes de trabajo.                  | 23  |
| 3.2.3 Análisis de la Administración de los Ordenes de trabajo. | 25  |
| 3.3 Administración del personal.                               | 27  |
| 3.4 El Sistema Logístico.                                      | 31  |
| 3.4.1 Definición de los Costos Logísticos.                     | 31  |
| 3.4.2 Problemática del Sistema Logístico.                      | 34  |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.5   | Resumen de los problemas típicos del<br>Mantenimiento de equipos. | 35 |
| 3.5.1 | Problemas en los equipos.   | 35 |
| 3.5.2 | Problemas en las Ordenes de trabajo.                              | 36 |
| 3.5.6 | Problemas en el Sistema Logístico.                                | 37 |

#### CAPITULO IV- ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO PROPUESTA

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.1     | Administración de personal.                                     | 35 |
| 4.2     | Principios generales de la Administración<br>del Mantenimiento. | 40 |
| 4.2.1   | Criterios de Mantenimiento.                                     | 40 |
| 4.2.2   | Normas genéricas para la ejecución del<br>Mantenimiento.        | 41 |
| 4.3     | El Sistema Mecanizado de Ordenes de trabajo.                    | 46 |
| 4.3.1   | El Sistema Mecanizado propuesto.                                | 46 |
| 4.3.2   | Definición de lo Inputs.  | 47 |
| 4.3.2.1 | File consolidado de materiales-DATA.                            | 47 |
| 4.3.2.2 | File Listado típico-LTIxxxx.                                    | 51 |
| 4.3.2.3 | File Distribución de personal-DIPER.                            | 53 |
| 4.3.2.4 | File relación de salarios del<br>personal-RESAL.                | 54 |
| 4.3.2.5 | File Ordenes de trabajo efectuadas<br>por terceros-LITER.       | 55 |
| 4.3.3   | Definición de los Outputs.                                      | 57 |
| 4.3.3.1 | Reporte del Listado Típico de<br>repuestos con costos.          | 57 |
| 4.3.3.2 | Reporte Pedido de materiales.                                   | 59 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 4.3.3.3   | Reporte Costo de materiales.                        | 63  |
| 4.3.3.4   | Reporte Costo de Mano de Obra.                      | 65  |
| 4.3.3.5   | Reporte Resumen de Ordenes de trabajo.              | 67  |
| 4.4.  | Compendio de los Módulos del sistema mecanizado.    | 69  |
| 4.4.1   | Módulos del Sistema propuesto (Primera fase).       | 69  |
| 4.4.2   | Módulos de la segunda fase.                         | 71  |
| 4.5   | Flujograma de las Ordenes de trabajo.               | 73  |
| 4.6   | Propuesta para la eficiencia del Sistema logístico. | 74  |
| CAPITULO V- APLICACION DEL MODELO EN UN MOTOR CATERPILLAR MODELO 3306.  |   |     |
| 5.1   | Módulos de los trabajos a ejecutar.                 | 94  |
| 5.2   | Módulos de materiales requeridos.                   | 95  |
| 5.3   | Módulos de Equipos y herramientas requeridas.       | 96  |
| 5.4   | Módulo de Mano de Obra requerida.                   | 96  |
| 5.5   | Reportes de salida.                                 | 96  |
| CAPITULO VI- EVALUACION ECONOMICA   |   |     |
| 6.1   | Inversiones necesarias.                             | 133 |
| 6.2   | Beneficios a obtenerse.                             | 135 |
| CAPITULO VII- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.   |   | 136 |
| ANEXO EVALUACION ECONOMICA: ALTERNATIVA PROPUESTA/SITUACION ACTUAL, PARA DOS GRUPOS ELECTROGENOS CATERPILLAR 3306 |   | 138 |
| BIBLIOGRAFIA  |   | 143 |

## PROLOGO

El presente trabajo pretende fundamentalmente, mostrar a todas las personas involucradas directa e indirectamente en la gestión del Mantenimiento en PetroPerú-Operaciones Selva, un enfoque gerencial del proceso actual, y las recomendaciones de las acciones necesarias para conseguir una gestión mas eficiente.

Primeramente se presenta un resumen del contexto en el que se desenvuelven las actividades del Mantenimiento; paso posterior a este se explica la metodología empleada.

En el capítulo III, se elabora el diagnóstico de la Administración actual del Mantenimiento, lo que permite encontrar la problemática de la organización, que impide una gestión eficiente.

Como se explica en capítulo del marco teórico, la gestión del Mantenimiento tiene como factores básicos: Los Recursos Humanos, y la Administración de Sistema logístico, los cuales son considerados en el diagnóstico.

En el capítulo IV, se presenta el "Proyecto para optimizar la Administración del Mantenimiento", donde destaca la propuesta del Software para la mecanización de Sistema de Ordenes de Trabajo, que como se explica en su oportunidad, es la base o la primera fase del proceso de mecanización de las actividades del Mantenimiento; quedando pendiente la segunda fase de la mecanización del Sistema de Historia de Equipos, y que no se desarrolla en este trabajo, por lo extensión que ello implicaría.

En el capítulo V se desarrolla el proceso de aplicación simulado del Sistema mecanizado, utilizando como prototipo el Grupo Electrónico Caterpillar, modelo 3306, elegido por ser este un equipo crítico en el proceso productivo de Operaciones Selva.

En el capítulo VI, se efectúa una evaluación económica cualitativa, tomando en consideración el rubro inversiones necesarias para la implementación de la propuesta, versus los beneficios que se pueden lograr.

Finalmente, en el capítulo VII, se resumen las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 ACTIVIDAD DESARROLLADA

Petróleos del Perú-Operaciones Selva, tiene como actividad fundamental, la extracción de petróleo en la zona de la Selva. A la fecha tiene una producción promedio de 25,000 barriles por día. Su centro de operaciones está ubicada en la zona de Corrientes, en la Bateria 1, donde se recepciona el crudo de toda la Operación.

Actualmente cuenta con 07 zonas de almacenamiento de crudo, denominadas Baterías, que son las siguientes:

- Bateria 1, ubicada en la zona de Corrientes, es el Centro Operativo de la zona. Aquí es donde se efectúa el proceso de desalado del crudo, para ser bombeado a Saramuro, de donde se bombea hasta la zona de Bayóvar, empleando varias etapas.
- Bateria 2, ubicada en la zona de Corrientes. Aquí se realiza el almacenamiento de crudo de la gran mayoría de pozos de esta zona.

- Bateria 3, ubicada en la zona de Yanayacu. El crudo producido (2,000 barriles por día), se bombea directamente a Saramuro, ubicado a 18 Kms., donde se efectúa el desalado del petróleo.
- Bateria 4, ubicada en la zona de Capirona, con una producción de 1,000 barriles por día.  
Bateria 5, ubicada en la zona de Pavayacu, con una producción de 2,000 barriles por día.  
Bateria 6, ubicada en la zona de Valencia, a la fecha sin operar, por baja producción.  
Bateria 7, ubicada en la zona Nueva Esperanza-Valencia, con una producción de 1,000 barriles por día.

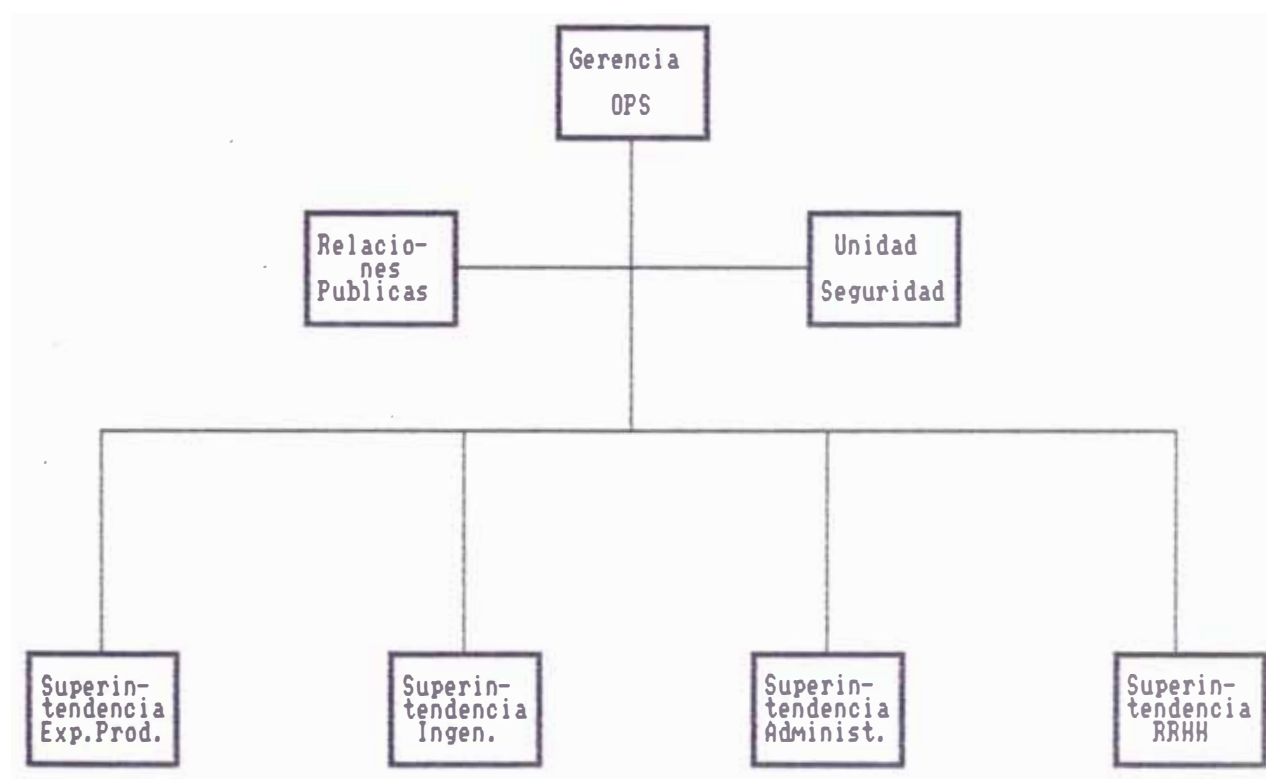
La base denominada Estación de Bombas Capirona, es la que recepciona el crudo de las Baterías 4, 5, 6 y 7, para posteriormente ser bombeado a la Bateria 1.

## 1.2 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA OPERACION

Las diversas actividades desarrolladas, implican la diferenciación de éstas, tal como se muestra en la figura 1.1



FIGURA 1.1 ORGANIGRAMA GENERAL DE OPS



Unidad Mantenimiento pertenece a la Superint. Ingenieria.

Elaboracion propia.

WZR/ORG1

La Superintendencia de Recursos Humanos, se encarga de las Relaciones Laborales trabajador-Empresa.

La Superintendencia Administrativa tiene como funciones principales:

- Funciones Logísticas.
- Mantenimiento de Campamentos.
- Operaciones de las Centrales Eléctricas.
- Administración del transporte aéreo, fluvial y terrestre

La Superintendencia de Exploración Producción, realiza las funciones principales siguientes:

- Control y fiscalización de la producción y transporte del petróleo crudo.
- Estudio, análisis y recomendaciones de la operatividad de los pozos petroleros.
- Programación y ejecución del mantenimiento de los pozos.
- Perforación de pozos de exploración y desarrollo.

La Superintendencia de Ingeniería, tiene las siguientes funciones:

- La Unidad de Proyectos, realiza el diseño y la ejecución de los Proyectos de Inversión, así como trabajos de mejoras en las instalaciones. Igualmente efectúa el mantenimiento del sistema de carreteras.
- La Unidad Mantenimiento, se encarga de la conservación de todos los Activos Fijos.

Globalmente se enumera los equipos con que se dispone en Operaciones Selva:

- Equipos de Bombeo Electrocentrífugo
- Centrales Eléctricas, con sistemas de alta tensión.
- Grupos Electrocentrífugos desde 5 Kw. hasta 900 Kw.
- Motobombas.
- Motores de Fuerza.
- Equipos de Servicio de Pozos.
- Equipos de movimiento de tierra, como tractores, motoniveladoras, cargadores frontales.
- Equipos de Elevación como grúas mecánicas, hidráulicas y neumáticas.
- Motocompresores y Electrocompresores.

- Flota de equipos anfibios.
- Martillos hincapilotes.
- Máquinas de soldar.
- Flota de camiones y camionetas.
- Tanques de almacenamiento de agua fresca, agua salada, petróleo crudo, kerosene, turbo, gasolina.
- Líneas de Oleoducto Principal y Secundario.
- Sistemas de instrumentación

A la totalidad de estos equipos la Unidad Mantenimiento realiza sus funciones inherentes a su responsabilidad, como:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento de Emergencia.
- Mantenimiento Mayor.
- Instalación de equipos de Bombeo Electrocentrífugo
- Reparación de líneas de alta tensión.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DEL PROYECTO

#### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para facilitar el presente trabajo se elaboró un Diagrama de influencias (Ver Figura 2.1) que muestra las principales variables involucradas en la gestión del Mantenimiento.

El objetivo fundamental de toda "Organización Empresarial", es el incremento de la rentabilidad. Esta variable de resultado implica o está directamente relacionada con la producción, y a la vez está íntimamente relacionada con el cuidado de los "activos productivos", es decir el mantenimiento de los equipos.

Siendo el Perú un país subdesarrollado y con problemas políticos, sociales, financieros y dependiente tecnológicamente, afectando directamente en la eficiencia de la ejecución de los programas de mantenimiento, por lo cual en organizaciones con una débil interacción o adaptación a este entorno

se traduce en un mantenimiento deficiente, trayendo como consecuencia deficiencias en el sistema operativo.

El presente trabajo pretende dar un enfoque completo de todas las variables endógenas y exógenas, que influyen en el sistema de mantenimiento de los equipos en la Empresa PetroPerú Selva, siendo también aplicable a otro tipo de instituciones privadas y/o estatales.

La variable disponibilidad de personal, está básicamente influenciada por:

- La política de selección de personal, que permite contratar el personal calificado necesario.
- La política de motivación del personal.
- La variable financiera, que permite que el personal tenga ingresos salariales que correspondan a su calificación.

La variable disponibilidad de materiales está influenciada por:

- Variable financiera: que afecta la disponibilidad de recursos económicos para la adquisición de los materiales necesarios.

- Los costos logísticos, que los podemos subdividir en:
  - . Costos Unitarios.
  - . Costos de Adquisición.
  - . Costos de Poseción o Almacenaje.
  - . Costos de Roturas de Stocks.

Como mencionamos anteriormente, estas variables internas o endógenas, están influenciadas por las variables que nos plantea el entorno o variables exógenas, más aún tratándose de una Empresa estatal.

- Variables políticas, PetroPerú S. A., siendo considerada una Empresa estratégica (la primera Empresa del Estado), está sometida al proceso de politización. Esto no permite una continuidad en el proceso administrativo, demostrándose esto con:
  - . La alta rotación de los mandos directrices.
  - . Sobredimensionamiento del personal administrativo, en detrimento del personal operativo.
  - . Intervención de CONADE, en la política de sueldos y salarios, políticas de promoción de personal.

- . Excesiva dependencia del ingreso fiscal en los impuestos de combustible. Esto por el manejo irracional del sistema de participación de los ingresos, PetroPerú - Estado, ocasionando la iliquidez de la Empresa.

Esto ha traído como consecuencia la falta de stock de materiales, poniendo en serio peligro el mantenimiento de los activos de la Empresa.

- Variables Sociales: presenta los efectos siguientes:
  - . Siendo la región Selva escasa de recursos técnicos obliga a contratar personal Administrativo-Técnico de otras regiones.
  - . Presencia de un Sindicato, con un alto poder, influenciando directamente en la política laboral del personal.
  - . Pagos de Canon Petrolero, lo que contribuye a problemas financieros.
  
- Dispositivos Legales:
  - . Políticas de importación, lo cual contribuye a las dificultades en la adquisición de materiales de origen extranjero.



- . Excesiva burocratización del proceso de adquisición de materiales.
  - . Excesivo centralismo, lo cual le resta autonomía en las operaciones.
- Variables Tecnológicas: Esto implica que los materiales que emplea PetroPerú, en su gran mayoría sean de origen extranjero, complicando el proceso de su adquisición.

## 2.2 METODOLOGIA PARA EL DIAGNOSTICO DE LA ORGANIZACION

El análisis interno del Departamento de Mantenimiento PetroPerú Selva, fue desarrollado a partir de diversas fuentes de información tanto primarias como secundarias que permitieron distinguir las fortalezas y debilidades de la Organización.

La búsqueda de información primaria consistió en el método de la "Observación Participante", toda vez que el autor de este trabajo se desempeñó por un espacio de seis (6) años como Supervisor de la Unidad Mantenimiento.

La información secundaria, consiste básicamente en los reportes de historia de equipos, historia de la organización, etc.

### 2.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

Desde una perspectiva gerencial, el presente trabajo establece "Planificación del Mantenimiento", que le permite a PetroPerú S. A., el cumplimiento de sus objetivos. Se presenta el modelo de planificación aplicado a un tipo de equipo en este caso considerado crítico en la operación. Este modelo puede ser ampliado a todos los equipos que se pueden aplicar, siguiendo los criterios básicos que se detallan más adelante. Adicional a esto es necesario ampliar su horizonte considerando el enfoque de Sistema de Historia de Equipos, reportes de confiabilidad, etc.

El éxito de los lineamientos propuestos en el documento dependerán de la voluntad de cambio de los funcionarios de la Función Ingeniería, de la aplicación por parte de los Ejecutivos, de los esfuerzos que se realicen para la divulgación entre todo el personal el grado de compromiso que se logre tanto con la Empresa como con sus objetivos, y la continuidad con que se mantenga su aplicación en un ambiente tan turbulento como el de las Empresas Públicas en el Perú.

## CAPITULO III

### DIAGNOSTICO DE LA ADMINISTRACION ACTUAL

#### 3.1 ORGANIZACION DE LA UNIDAD MANTENIMIENTO

En la figura 3.1 se observa el organigrama de la Unidad Mantenimiento-Selva. Las funciones básicas que cumple cada área son las siguientes:

##### SECCION PLANEAMIENTO

- Efectuar el control del personal Administrativo, Empleado y Obrero. Se efectúa el control de los ingresos y salidas del campo del personal; programación de vacaciones, control de las diversas políticas y/o beneficios de descanso del personal.
- En coordinación con la División Inspección elaborar el Plan Maestro de Mantenimiento.
- Elaboración de los Pedidos de Materiales pendientes para ejecutar el Plan Maestro.

Trámite administrativo para la contratación de servicios efectuados por Compañías Contratistas, como por ejemplo: Concurso de Precios, facturación, etc.

- Seguimiento a los Pedidos de Materiales pendientes.
- Control de tareas y planillas.

#### DIVISION CAMPO

- Programación de la ejecución de las Ordenes de Trabajo
- Coordinación para la ejecución de las Ordenes de Trabajo.
- Programación y distribución del personal mecánico, eléctrico e instrumentista.

Control de calidad de los trabajos que se ejecutan, es decir que los trabajos se ejecutan de acuerdo a los estándares establecidos.

- Elaboración y seguimiento de los Pedidos de Materiales pendientes.
- Elaboración de las bases técnicas, para la ejecución de los trabajos en que son necesarios la contratación de Servicios por Terceros.
- Programación del Mantenimiento Preventivo: Incluye el control de las horas de operación de los equipos.
- Control de las Salidas de Materiales del Almacén.
- Operación de los equipos: esto se efectúa en la Batería 3, Batería 4, Batería 5, Batería 7 y Estación de Bombas Capirona.

- Instalación de los Equipos de Bombeo Electrocéntrico.

#### DIVISION INSPECCION

- Elaboración de los estándares de Ingeniería: que consiste en la descripción de los trabajos de Mantenimiento de acuerdo a las normas técnicas descritas por los fabricantes de los equipos, y/o el análisis real de la operación de los equipos.
- Análisis de fallas de los equipos: emitiendo las recomendaciones con la finalidad de evitar casos repetitivos.
- Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento.
- Elaboración de los listados típicos de Mantenimiento.
- Efectuar el mantenimiento predictivo: como por ejemplo el análisis e interpretación de las vibraciones de los Equipos rotativos, control de la corrosión de los Equipos no rotativos como tuberías, tanques, etc.
- Recepción y control de performance de los equipos nuevos y trabajos efectuados por Contratistas
- Emitir recomendaciones para efectuar mejoras en las instalaciones, o en los equipos que presentan alguna deficiencia operativa.

## 3.2 SISTEMA DE ORDENES DE TRABAJO

### 3.2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

Del diagrama de flujo detallada en la figura 3.2, podemos resumir lo siguiente:

- Usuario: emite la Orden de Trabajo, solicitando la ejecución de un determinado trabajo. A su vez el usuario está autorizando que se cargue a su centro de costos, los gastos en que incurrirá la ejecución del trabajo.

En caso de una emergencia se repara inmediatamente, regularizándose posteriormente su emisión.

- Sección Planeamiento asignará códigos a las Ordenes de Trabajo, registra y distribuye las copias de acuerdo al diagrama de flujo, la copia que se emite a Bodega de Mantenimiento permite el control de la salida de los materiales.

- Supervisor de Area: revisa, examina el trabajo a realizar y anota cualquier detalle adicional.

Este emite lista de materiales, verifica la disponibilidad de materiales, herramientas, personal y de acuerdo a ello se programa la ejecución de los trabajos.

Si no existen materiales disponibles, se encarga de la emisión de pedido de materiales necesarios, o en caso de existir un pedido pendiente informa a la Sección Planeamiento para su seguimiento.

Si la Orden de Trabajo requiere del servicio de terceros, de ser factible se envía a Iquitos, o de lo contrario el trabajo se ejecuta en el campo, para lo cual se elabora en coordinación con Planeamiento las bases técnicas.

El Supervisor División Campo, ordena directamente a la persona encargada de ejecutar la Orden de Trabajo. La Solicitud de Orden de Salida de Materiales al Almacén General, es solicitada por el traba-

jador encargado y emitida por la Bodega, para la aprobación se requiere la firma del Supervisor del Area y del Jefe de División.

-----

En este acápite es bueno resaltar que si bien en la División Campo existen Capataces, estos sólo son de nombre, porque no ejercen sus funciones, ya que el Supervisor en la distribución de tareas al personal, les asigna directamente uno a uno.

-----

Una vez culminada la ejecución de los trabajos con el usuario se hacen las pruebas de operación del equipo, y si los resultados han sido satisfactorios el usuario firma en señal de conformidad.

### 3.2.2 CODIFICACION DE LAS ORDENES DE TRABAJO

Las Ordenes de Trabajo se codifican de la siguiente manera:

- 23\*\*\* Trabajos rutinarios mayores. Plan Maestro de Mantenimiento e intervenciones mayores.
- 32\*\*\* Trabajos no rutinarios.
- 41\*\*\* Trabajos de Emergencia.



- 42\*\*\* Trabajos rutinarios permanentes:  
Mantenimiento preventivo A y B.
- 52\*\*\* Trabajos permanentes menores.

En resumen cada código significa:

- 23: Se usa cuando se trata de reparaciones de tanques, líneas de producción, grupos electrógenos, motobombas, etc., del Plan Maestro y reparaciones programadas mayores como los trabajos de descarbonización no contemplados en el Plan Maestro.
- 32: Se usa cuando se trata de trabajos no rutinarios o imprevistos no contemplados en otros códigos.
- 41: Se usa cuando se trata de emergencia en equipos críticos.
- 42: Se usa cuando se trata del Mantenimiento Preventivo de 250 horas y 2,000 horas de lqs G. electrógenos motobombas, motores de fuerza, tractores, etc., y mantenimiento de

3,000 Kms. y 6,000 Kms. de camionetas y camiones. Tienen carácter de permanente por un año.

52: Se usa cuando se trata de reparaciones menores como cambios de faja, reparaciones de alternador, baterías de plomo ácido, arrancadores, reparaciones de bomba de agua de motores Diesel, mantenimiento de radiadores, etc

Tienen carácter de permanente por un año.

### 3.2.3 ANALISIS DE LA ADMINISTRACION DE LAS ORDENES DE TRABAJO

- Todo el proceso detallado en el flujograma se hace manualmente, al momento no está automatizada, recargándose las horas de ejecución de las Ordenes de Trabajo, distrayéndose recursos humanos en búsqueda de herramientas, materiales, etc.
- La Sección Planeamiento en el Campo sólo cuenta con dos Supervisores, lo que es

insuficiente trayendo como consecuencia, que no ejerzan sus funciones de Programación

- La consecuencia de lo anterior es que los Supervisores de la División Campo cumplan sus labores administrativas entre el 50%, y el 60% de su labor diaria, esto se agrava aún más si consideramos lo detallado anteriormente, que los Capataces de la División no ejerzan su función.

En lo referente a los costos de Mantenimiento se debe mencionar lo siguiente:

- Si bien los Supervisores de Area de la División Campo llevan los horarios diarios del Supervisor, estos sólo se utilizan con fines de archivo, ya que no se lleva el control de los costos de mano de obra en las Ordenes de Trabajo.
- No se lleva control de los costos de materiales de las Ordenes de Trabajo. No se hace un análisis "ex ante" y "ex post",

de lo que se va a gastar o lo que se gastó en materiales.

De lo mencionado anteriormente, no se dispone de un control de Costos de Mantenimiento, no permitiendo disponer de información para el proceso de toma de decisiones, en lo referente a si es conveniente o no que un determinado equipo se continúe operando, o la conveniencia de reemplazarlo.

- El cuello de botella en el proceso de ejecución de las Ordenes de Trabajo ha sido siempre el proceso logístico, motivando gran número de ellas se encuentren en condición de pendientes.

### 3.3 ADMINISTRACION DEL PERSONAL

Para el estudio de este aspecto tan importante, es decir, el "Recurso Humano" en el Mantenimiento, utilizaremos conceptos importantes extraídos del libro "Motivation in Work Organizations" de Edward E. Lawler.

Teoría de la Equidad: La satisfacción es determinada por el equilibrio contribución/resultado, que percibe una persona de la siguiente manera: En una persona la equidad percibida de sus recompensas está determinada por su equilibrio contribución/resultado; esta equidad percibida, a su vez determina la satisfacción. La satisfacción se produce cuando existe equidad percibida, y el descontento se produce cuando existe desigualdad percibida.

Por tanto, la satisfacción está determinada por la razón percibida de lo que la persona recibe de su trabajo en relación de lo que contribuye.

Las recompensas causan satisfacción, y en algunos casos el desempeño produce recompensas, entonces es posible que la relación encontrada entre la satisfacción y el desempeño se produzca a través de una tercera variable-recompensa.

Un buen desempeño puede conducir a recompensas, las que a su vez producen satisfacción, esta fórmula implica entonces que la satisfacción en vez de causar desempeño, es causada por éste.

Con este enfoque teórico se puede enumerar la problemática del personal de la Unidad Mantenimiento.

Desmoralización por parte del personal Administrativo: es patética la desmoralización del personal Supervisor motivado por las razones siguientes:

- . Falta de una política de rotación del personal hacia otras operaciones, como Talara, Piura, Lima, etc. El personal que ingresa a trabajar en el campo, no sabe por cuanto tiempo va a permanecer en ese lugar de trabajo, existiendo personal que trabaja en el campo por más de 10 años.
- . Falta de una política salarial adecuada hacia este personal, que tiene un régimen de trabajo especial.

No existe un diferencial salarial real hacia ellos que recompense el sacrificio de trabajar en condiciones de aislamiento.

- . Falta de una política adecuada de promoción, incentivos por antigüedad y productividad. Se ven Ingenieros con 08 de servicio, que tienen tasas salariales similares a personal que ingresa sin o con poca experiencia.

- . Falta de una política de proyección para el personal de Selva, habiendo en los últimos años ocupado las Jefaturas desde Sección hasta Jefatura Unidad, en su mayoría personal proveniente de otras Operaciones.
  
- . Falta de una política adecuada de entrenamiento, tanto a nivel nacional como en el extranjero. Al respecto el personal de Mantenimiento Selva, no tiene un programa de capacitación coherente con sus responsabilidades, agravándose por las restricciones originadas por la política de austeridad dadas por la Empresa
  
- . Falta de incentivos o recompensas, por calificación de trabajos efectuados. En la Empresa se labora con lo que voy a denominar "comunismo laboral", por el cual a igual categoría el personal Administrativo tiene similares tasas salariales.
  
- . Desmoralización por parte del personal empleado y obrero, motivado por las razones siguientes:

Ausencia de una política salarial adecuada, que permita tasas diferenciales, en función a la capacidad técnica, presentándose el caso en que la diferencia de lo que gana la personal de más alta calificación técnica, y el de más baja calificación (Ayudante General) es insignificante.

Falta de una política adecuada de entrenamiento.  
Falta de incentivos por trabajos realizados en condiciones de aislamiento.

### 3.4 SISTEMA LOGISTICO

#### 3.4.1 DEFINICION DE LOS COSTOS LOGISTICOS

"Las decisiones para proyectar un sistema logístico deben ser hechas a la luz de la información de costos operacionales o económicos, no sobre convencionales contables. De allí que sea esencial distinguir entre los propósitos históricos o financieros de los sistemas contables, aunque importantes, y los costos operacionales para el sistema gerencial y decisiones día a día" (1)

1-"Industrial Logistics", John F. Maggee. Capítulo 8.



A continuación se describen los diferentes tipos de costo que tienen relación con las actividades logísticas y que como se ha manifestado deben ser conocidos por los ejecutivos del área de Mantenimiento para analizarlos, controlarlos y evaluarlos, en pro de una mejor administración de materiales.

1. Costos Unitarios, se refiere al precio de compra, más los gastos de flete, aduana, transporte a destino, etc.
  
2. Costos de Adquisición, es la suma de todos los gastos inherentes del abastecimiento de materiales en un lapso determinado, se dividen en:
  - . Gastos de Ordenar: como por ejemplo emisión de la solicitud de cotización, recepción de cotizaciones, emisión de órdenes de compra, etc.
  - . Gastos de Seguimiento, es la suma de todos los gastos efectuados en lograr que el proveedor cumpla con remitir la mercadería en la fecha ofrecida y con oportunidad.

- . Gastos Diversos, como facturación, documentación que hay que enviar después de llegado el material.
3. Costo de Posesión o de Almacenaje: lo podemos dividir en:
- . Gastos de Inversión, corresponde a este rubro los intereses o el costo de capital invertido en existencias.
  - . Gastos de riesgo, tener material , implica el riesgo de perderlos por robo, deterioro, obsolescencia, etc.
  - . Gastos de Cuidado, Tener materiales exige cuidarlos, ubicarlos en un determinado espacio, mantenerlos para evitar su deterioro, etc.
4. Costos de roturas de stocks, la no existencia de un artículo necesario para la Empresa cuando ésta lo necesita tiene un costo que en algunos casos llegan a ser de consideración por cuanto la falta de este material puede interrumpir las operaciones, generando mano de obra, equipo y maquinaria ociosa, y obligando a realizar compras "de último momento".

### 3.4.2 PROBLEMATICA DEL SISTEMA LOGISTICO

La logística en la Empresa, presenta numerosos problemas, ocasionando una baja eficiencia en la ejecución de las Ordenes de Trabajo. Entre los problemas podemos citar:

- Alto tiempo de aprovisionamiento de materiales motivados por:
    - . El centralismo del sistema logístico, el sistema logístico básicamente está centralizado en la ciudad de Lima.
    - . Excesivos dispositivos gubernamentales, lo cual origina excesivos trámites burocráticos y sistemas de control.
- Los altos tiempos de aprovisionamiento, originan que el usuario solicite altos niveles de stocks incrementando considerablemente los costos de Almacenamiento.
- Falta de interacción entre Mantenimiento-Logística-Finanzas, lo cual motiva que no se limiten las responsabilidades, no se tenga un presupuesto ni los fondos necesarios para ejecutar el Plan Maestro.

Esto ha motivado también un alto nivel de inventario de materiales sin movimiento

- Problemas financieros de la Empresa que no permiten cumplir con el programa de compras.
  
- Dispositivos legales como la Ley de Presupuesto que impide el reemplazo de equipos necesarios por tener elevados costos operativos. Esto se agrava ante la falta de un control de los costos de mantenimiento.

### 3.5 RESUMEN DE LOS PROBLEMAS TÍPICOS DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

#### 3.5.1 PROBLEMAS EN LOS EQUIPOS

- Alto volumen de equipos en reparación: esto motivado básicamente por falta de materiales.
  
- Inexistencia de historia de costos de:
  - . Personal de Mantenimiento
  - . Repuestos y Materiales
  - . Servicio de Terceros.

Altos costos por producción diferida: debido a baja confiabilidad de equipos, falta de equipos stand by por alto número de equipos inoperativos.

- . Disminución de la vida útil de los equipos: en este rubro consideramos que la vida útil es la vida en la cual el equipo opera en condiciones económicamente rentables.
- Alto volumen de reparaciones urgentes: incrementando los costos de mantenimiento.
- Falta de un buen control de calidad de los trabajos por recargo de labores administrativas del personal Supervisor.

### 3.5.2 PROBLEMAS EN LAS ORDENES DE TRABAJO

Carencia y deficiencia de información y control del mantenimiento y/o inspección.

- Falta de un seguimiento mecanizado de las Ordenes de Trabajo.
- Falta de un control de costos de las Ordenes de Trabajo.

- Altos costos de Ordenes de Trabajo debido a:
  - . Pagos de sobretiempos por trabajos urgentes
  - . Trabajos innecesarios por mantenimiento inadecuado.

### 3.5.3 PROBLEMAS DEL SISTEMA LOGISTICO

- Alta inversión en inventarios: motivados básicamente por altos tiempos de aprovisionamiento, que ocasiona altos tiempos de almacenamiento.
- Altos índices de personal y maquinaria parados por falta de repuestos/materiales necesarios
- Exceso de inventario con baja rotación.
- Gran cantidad de compras urgentes por falta de existencias.

## CAPITULO IV

### ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO PROPUESTA

El análisis o diagnóstico del Sistema de Administración actual del Mantenimiento, no ha permitido tener un enfoque claro y detallado de la problemática actual. El presente capítulo presenta un Proyecto de Administración del mantenimiento el cual se basa en la técnica de la microinformática como soporte.

#### 4.1 ADMINISTRACION DE PERSONAL

Antes de ingresar al análisis del sistema mecanizado propuesto, consideramos conveniente brindar las recomendaciones referente a lo que debe ser el "punto más importante" en toda organización, el Recurso Humano. Ningún proceso sería completo sin tomar en cuenta al personal encargado de ejecutarlo.

Con esta finalidad se debe brindar especial interés en el aspecto motivacional del personal. Esto implica tomar en cuenta las recomendaciones siguientes:

- Establecer una política de rotación del personal administrativo, estableciendo el tiempo máximo de permanencia en el campo de 05 años.
  
- Establecer un sistema de recompensa al personal de campo, de tal manera que gratifique el sacrificio que significa laborar en condiciones de aislamiento. Esto debe establecer un diferencial considerable a nivel salarial, respecto al personal de otras localidades. Si bien en la actualidad esta tasa es de 35%, se ve disminuida en la realidad por las bajas tasas salariales del personal de Mantenimiento.
  
- Tanto el personal Administrativo, Empleado y Obrero deben tener tasas salariales directamente proporcionales a la responsabilidad y las labores técnicamente calificadas, que realizan.
  
- Establecer un programa agresivo de entrenamiento, considerando que los gastos que ocasiona capacitar al personal es una inversión de pronto retorno, lo cual se verá reflejado en trabajos de mejor calidad, representando ahorros considerables.



## 4.2 PRINCIPIOS GENERALES EN LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

### 4.2.1 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

Debido a la alta cantidad de equipos que se dispone en Operaciones Selva, es necesario el proponer las alternativas a base de determinados criterios.

El criterio de Selectividad debe efectuarse a base de los lineamientos siguientes:

- Atender todo componente que paralice la producción, para lo cual es necesario el conocimiento del proceso productivo.

El valor tecnológico del activo.

La dependencia logística: es decir la distancia geográfica en que se encuentra el proveedor.

La confiabilidad y mantenibilidad de cada campamento.

- Los daños consecuenciales: siguiendo el orden de daños a la persona, daños al proceso, daños al sistema.

El criterio de buen manejo del sistema está basado en:

- Participación ideológica: es decir toda la gente sienta el sistema como si fuera suyo. No hay peor sistema, en que el usuario está insatisfecho.
- Manejo honesto del sistema: al sistema hay que alimentarlo con honestidad, introduciendo los datos en forma precisa y oportunamente.

#### 4.2.2 NORMAS GENERICAS PARA LA EJECUCION DE LAS ORDENES DE TRABAJO

- Insistencia en que la información específica, definida y completa, proveniente de todas las fuentes disponibles, sea enviada y recibida a través de procedimientos bien definidos.
- Obligaciones claramente establecidas y definidas.
- El desarrollo y aplicación de Estándares de Ingeniería y de Prácticas Estándar de Operación, de Manejo de Almacenes y de Mantenimiento.

Formatos estándar para facilitar su uso y proveer informes adecuados y oportunos.

Decisiones emanadas de la autoridad apropiada.

- Autoridades y responsabilidades cuidadosamente definidas.

- Control centralizado de los recursos de mano de obra bajo la Gerencia de Mantenimiento.

Flexibilidad máxima en la asignación y uso de la mano de obra.

Adecuadas facilidades para el trabajo.

- Supervisión cuidadosa, constante y activa del trabajo de los operarios de Campo y de Taller.

- Coordinación del trabajo basada en una organización sólida y en métodos establecidos, mas bien que dependientes de la cooperación o interés de las personas.

- Talento especializado para funciones especializadas.

- Informaciones de costos precisas, basadas en la distribución detallada de los cargos de mano de obra y materiales.

- Establecimiento de un procedimiento para controlar, regular y medir la productividad, usando técnicas de muestreo del trabajo, en conjunto con el análisis de costos y medida del trabajo.
- Establecimiento de un procedimiento para pronosticar e interpretar las tendencias. Establecimiento de un procedimiento para lograr un control físico cuidadoso de los materiales de mantenimiento. Establecimiento de un procedimiento para lograr una pronta y eficiente distribución, contabilización y recepción de herramientas y equipo.

#### 4.3 EL SISTEMA MECANIZADO DE ORDENES DE TRABAJO

Desde décadas pasadas se ha aumentado la complejidad de los equipos industriales lo cual ha sido acompañada con la reducción en los márgenes de ganancias y en los retornos de la inversión, obligando a las Compañías a adoptar políticas adecuadas de mantenimiento.

PetroPerú no puede obviar esta tendencia, porque la eficiencia de sus operaciones depende cada vez más

de la capacidad de el Departamento de Mantenimiento para asegurar un máximo rendimiento por un mínimo costo.

Este punto óptimo puede ser logrado en la práctica implementando con exactitud las tácticas operativas a la administración estratégica.

Es posible entonces, aproximarnos al punto óptimo aplicando un enfoque sistemático. Primeramente toda acción de mantenimiento debe ser recopilada y posteriormente los resultados de estas acciones deben ser analizados en términos de rendimiento y costos. Alguna deficiencia encontrada, debe ser evaluada y una acción correctiva debe ser tomada.

Este método del control sistemático de mantenimiento puede ser ilustrado en la figura 4.1 donde se muestra el ciclo de mantenimiento.

Para el control del mantenimiento de esta forma, utilizando el principio del ciclo de mantenimiento, es esencial que una gran cantidad de datos técnicos y económicos sean almacenados, y que esos datos puedan estar rápidamente al alcance de los usua-

rios. Esto permite que las áreas problemas sean identificadas

Una pequeña operación, la cantidad de data involucrada requiere el uso de equipo de Procesamiento de Datos. En tiempos pasados, tales equipos no estaban disponibles para el trabajo en el sitio, era prohibitivamente caro, se operaba en sistemas en "batch", y requería ser operado por personal especializado. El desarrollo reciente ha proporcionado a costos razonables, Equipos de Minicomputadoras con terminales hasta en lugares remotos lo cual permite al usuario acceso directo en el sitio y comunicarse con el equipo central.

Este capítulo describe un "Proyecto para la administración computarizada del Mantenimiento", utilizando técnicas de modernas microcomputadoras para poner a disponibilidad del usuario los datos técnicos requeridos para que sean utilizados como medio, optimizando los efectos de los programas de mantenimiento

Los principales objetivos del Proyecto son:

- **Objetivos Estratégicos:** proporcionar a los Administradores del mantenimiento, medios para medir y controlar la efectividad de las políticas de Mantenimiento.
  
- **Objetivos Tácticos:**
  - . Asistir a los responsables de la programación del mantenimiento, en el seguimiento del avance de todas las intervenciones, para optimizar la asignación de recursos y minimizar los costos de operación.
  - . Proporcionar la información y la infraestructura necesaria, para la Mecanización del Sistema de Historia de Equipos, que como se menciona anteriormente la División Inspección es el ente encargado de este Proyecto.

#### 4.3.1 SISTEMA MECANIZADO PROPUESTO

Del diagrama de bloques de la figura 4.2, se presenta un esquema completo del Sistema Mecanizado de Mantenimiento. El presente trabajo por la extensión que implicaría su de-

sarrollo completo, se limita a lo que podríamos denominar la primera fase o proceso base, es decir la automatización del Sistema de Ordenes de Trabajo.

De acuerdo a lo que se puede apreciar en el "Esquema Genérico" de la figura 4.3, vemos que la data de entrada o Inputs, está formada por:

- Estándares de Ingeniería.
- Listados típicos de materiales.
- Relación de sueldos y salarios.
- Horario diario del Supervisor.
- Listado de Herramientas.

Los Reportes de Salida o Outputs son los siguientes:

- Listados típicos de materiales con costos.
- Costos de materiales de las Ordenes de Trabajo.
- Costos de mano de obra de las Ordenes de Trabajo.
- Resumen de las Ordenes de Trabajo.

Los mismos que nos permiten formar el Récord de Mantenimiento.



#### 4.3.2 DEFINICION DE LOS INPUTS

##### 4.3.2.1 FILE CONS. DE MATERIALES (DATA)

Este archivo se detalla el file 4.1. Para los efectos de la Tesis se ha considerado 114 registros, pero en el caso real está formado por 15,000 items.

Este file debe ser proporcionado, por la Gerencia de Logística de la Empresa, que es quien ejecuta el mantenimiento de la base de datos.

Está formado por los siguientes campos:

- Item: de 05 caracteres.
- Código, Campo de 12 caracteres. Es el código por el cual en la Empresa se identifica a cada uno de los materiales.
- Número de Parte (NPARTE), formado por 08 caracteres. Es el número de parte por el cual los proveedores denominan a un determinado material.

- Descripción (DESCRIPC), Campo formado por 25 caracteres. Es la denominación que tanto la Empresa como el proveedor le daría al material.
- Existencias, Campo formado por 04 caracteres, nos indica la cantidad de materiales con que se dispone en el Almacén.
- Ubicación, Campo formado por 06 caracteres. Nos indica la ubicación en el Almacén del material.
- Unidad, Campo formado por 02 caracteres. Define la unidad en que se especifica cada material, por ejemplo: EA significa Each, KT significa Kit, GA significa galón.
- Stock Mínimo (SMINIMO), Campo formado por 04 caracteres, para los casos que el material sea incluido en el sistema de Reposición Automática define la cantidad de existencia mínima en el Almacén, a partir del cual se debe emitir un Pedido de Material.
- Consumo Anual (CONANUAL), Campo formado por 05 caracteres. Se da para

- los casos de materiales incluidos en el sistema de reposición automática.
- Código de Reposición (CODREPO), Campo formado por 02 caracteres, es la clave de reposición, por ejemplo: código 52 es la clave de repuestos sumamente críticos.
  - Costo Unitario (COSTUNIT), Campo formado por 06 caracteres, contiene el costo unitario en Dólares, de cada material.
  - Orden de Compra Pendiente (OCPEND), Campo formado por 06 caracteres. El supuesto que haya una Orden de Compra pendiente nos da el número de identificación.
  - Cantidad Solicitada (CANSOLICIT), Campo formado por 05 caracteres. Indica la cantidad de materiales solicitados en la Orden de Compra correspondiente.

Los objetivos de este file, son los siguientes:

- Ser una base de datos que proporcione información como costos unitarios, ubicación de materiales, etc.
- Es un medio potente y eficiente integrado dentro de los procedimientos diarios, ofreciendo la flexibilidad de una organización manual, y ser un sistema conversacional en tiempo real.
- Hacer seguimiento a los Pedidos de Materiales.
- Ser un sistema reactivo y proveer elementos de análisis y de control.
- Ser organizado en módulos y garantizar una gran facilidad para la constitución de conexión con otros sistemas.

#### 4.3.2.2 FILE LISTADO TIPICO (LTIxxxx)

Como encabezamiento describe el costo del equipo nuevo y las características técnicas, es el file de los listados típicos de materiales para cada tipo de mantenimiento que se debe efectuar a un determinado equipo. Estos listados típicos se elabo-

ran a base de información técnica proporcionadas por el fabricante, y por el análisis del comportamiento operativo del equipo (Ver Files 4.2 y 4.3).

Está formado por los siguientes campos:

- Código, número de parte (NPARTE), Descripción (DESCRIPCIO), Unidad, que son campos idénticos a los descritos en el File Data.
- Cantidad Necesaria (CANNECESA), Consta de 04 caracteres, y es la cantidad estimada de un material para una determinada intervención
- Componente, Consta de 15 caracteres, indica el componente del equipo que va a ser intervenido, por ejemplo: Culata, bomba de inyección, etc.

Este file tiene los objetivos básicos siguientes:

- Tener estandarizados o tipificados la cantidad de materiales para efectuar un determinado tipo de manteni-

miento, permitiendo la programación de adquisición de materiales.

Permitir estimar el presupuesto del mantenimiento en el rubro materiales.

#### 4.3.2.3 FILE DIST. DE PERSONAL (DPExxxxx)

Está originado por el "Horario Diario del Supervisor", indica la programación de los Recursos Humanos en la labor de Mantenimiento, agrupando las horas utilizadas en las Ordenes de Trabajo en función a nombres del personal y categorías (Ver File 4.4)

Referente a las horas de trabajo empleadas estas se dividen en:

- . Horas de Trabajo Normal: es decir las hora de trabajo incluídas en el horario de trabajo normal, de lunes a sábado: de 7 a.m.- 12 m., 1:30 p.m. - 5 p.m., Domingos : 7 a.m.- 12 m.

- . Horario de Trabajo de Sobretiempo Simple: el costo horario es igual a 1.5 veces el costo de la hora normal. Se considera este tipo de labor en el horario de 12 m. - 1.30 p.m., 5 p.m. - 7 p.m., de lunes a sábado.
- . Horario de Trabajo de Sobretiempo Doble: son todas las horas de trabajo no consideradas entre los tipos anteriores, su costo es 2 veces el costo de la hora normal.

#### 4.3.2.4 FILE RELACION DE SALARIOS DEL PERSONAL (RESAL)

Es el file que brinda información de los sueldos del personal en función a la categoría. (Ver File 4.5)

Tiene los campos siguientes:

- . Categoría: consta de 20 caracteres con la categoría de personal de la Unidad Mantenimiento, por ejemplo: Capataz, Mecánico, Capataz Electricista 3, Mecánico 1, Soldador 1, etc.

- . Código Categoría (CODCATEGOR): Consta de 24 caracteres, describe los códigos de cada categoría, por ejemplo:

CMI : Capataz Mecánico 1.

CI1 : Capataz Instrumentista 1.

S1 : Soldador 1.

#### 4.3.2.5 FILE LISTADO DE ORDENES DE TRABAJO EFECTUADOS POR TERCEROS (LITER)

Es el file d l resumen de las Ordenes de Trabajo que por diversas razones, han tenido que ser efectuadas por Compañías Contratistas, siendo el lugar de reparación el campo, la ciudad de Iquitos o de Lima (Ver File 4.6)

Consta de los campos siguientes:

- . Número de ODT interna (NUMODT): Consta de 07 caracteres. Indica el número de la Orden de Trabajo Interna generado a base de las normas de codificación establecidas.



Tipo de Mantenimiento (TIPMANTENI):  
Está formado por dos caracteres. Indica el tipo de mantenimiento a base de la codificación establecida.

Usuario: Consta de 05 caracteres.  
Indica que el usuario es el dueño del equipo quien es el generador de la Orden de Trabajo, por ejemplo:

PRD : Usuario el Departamento de Producción.

PSP : Usuario el Departamento de Perforación y Servicio de Pozos.

. Descripción del Trabajo (DESTRAB):  
Consta de 25 caracteres. Indica en forma resumida el trabajo que se está efectuando.

. Cuenta: de 15 caracteres. Indica el Centro de Costos a que debe ser cargada la reparación.

. Fecha inicio (FINICIO), Fecha de Término (FTERMINO), ambos de 08 caracteres.

. Lugar de la Reparación (LUGARREPA).  
Consta de 08 caracteres. Indica si

la reparación se efectúa en el campo, Iquitos o Lima.

- . Costo campo de 07 caracteres, y factura que consta de 06 caracteres, indica el costo de la intervención con su documentación respectiva.

#### 4.3.3 DEFINICION DE LOS OUTPUTS O REPORTES:

##### 4.3.3.1 REPORTE DEL LISTADO TIPICO DE REPUESTOS CON COSTOS

Clave del reporte: CLTIxxxxx

- Data necesaria: File "DATA" y File "LTIxxxxx."

Este programa diseñado permite la interacción del file LTI con el file DATA, permitiendo obtener el costo total estimado actualizado para un determinado tipo de reparación en función a los materiales proyectados a ser utilizados, y a los costos unitarios brindados por el file DATA. También nos proporciona la ubicación de los materiales en el Almacén Central.

Funcionamiento del Programa: (Ver Figura 4.4)

El programa llama al file LTIxxxx del equipo a ser intervenido.

- El programa extrae el código del primer material que encuentra en el file LTI.
- El programa llama al File DATA, y ubica el código del material en este file. Una vez ubicado el código, el programa va generando el reporte, escribiendo Código, No. de Parte, Descripción, Componente, Código de Reposición, Costo Unitario y cantidad necesaria.
- El programa genera el valor:  
$$\text{Sub total} = \text{Costo Unitario} * \text{Cantidad necesaria}.$$
- El programa pregunta si en el file LTI hay más material, de ser positivo el "Loop" continúa hasta que se completen todos los materiales.
- Completados o barridos todos los materiales del file LTI, el programa genera:

Costo de Materiales            Sumatoria de  
subtotales.

El programa nos pregunta si se quiere grabar y si se quiere imprimir. Finalmente se concluye con el programa.

#### 4.3.3.2 REPORTE PEDIDO DE MATERIALES

Clave del Reporte : PMAxxxxx.

Data necesaria: File "Data", File "LTI" o Data Manual dependiendo si la Orden de Trabajo a efectuar tiene o no listado típico de materiales.

Si la Orden de Trabajo tiene listado típico de materiales el reporte resulta de la interacción entre el File DATA y el File LTIxxxx. Si no se dispone de listado típico el reporte resulta de la interacción directa entre usuario y máquina.

Este programa genera la relación de materiales a pedir para ejecutar la Orden de Trabajo. La cantidad de materiales que se necesita para su

ejecución las compara con las existencias en el Almacén General (file DATA), y emite la cantidad a solicitar considerando el costo unitario y los costos totales. Este pedido pasará a los niveles respectivos para su aprobación, siendo posteriormente enviado al Departamento de Logística para la generación de la Orden de Compra correspondiente

Funcionamiento del Programa: (Ver Figura 4.5)

- El Usuario ingresa los datos del reporte, que son número de Orden de Trabajo, número local del equipo, código del usuario, número de cuenta, tipo de mantenimiento, ubicación del equipo, fecha inicio, fecha de término, y una breve descripción de los trabajos a efectuar.
  
- El programa mediante un menú, nos hace la pregunta si el programa tiene o no listado típico. Si tiene listado típico, hay que marcar el

código del file Listado Típico, para llamar al File LTIxxxx.

Si la Orden de Trabajo no tiene listado típico, el usuario digita el código del material y la cantidad necesaria.

Se ingresa al file DATA, y se ubica el código del material ingresado (dato extraído ya sea del file LTI, o digitado).

Ubicando el código, el programa escribe el código, número de parte, la descripción, existencia en el Almacén, ubicación, del material requerido. Estos datos son extraídos del File DATA.

El programa escribe la cantidad necesaria.

Se genera la pregunta si la cantidad necesaria es mayor, igual o menor al stock disponible en el Almacén. Si hay cantidad suficiente de materiales la cantidad solicitada es igual

a cero. De no disponer de cantidad suficiente de materiales, se emite:

$$\text{Cantidad solicitada} = \text{Cantidad necesaria} - \text{Existencias.}$$

Se extrae del file Data, y se escribe el Costo Unitario del material.

Se calcula

$$\text{Subtotal} = \text{Cantidad solicitada} * \text{Costo Unitario.}$$

El programa pregunta si hay más materiales o no. Si hay más materiales regresa al inicio, si no hay más materiales calcula el Costo Total que es igual a la sumatoria de los sub-totales.

Se graba y se imprime, si se desea.

El código del programa se graba con el código PMAxxxxx, así por ejemplo si la Orden de Trabajo es 13590, la clave o nombre del programa será PMA13590

#### 4.3.3.3 REPORTE COSTO DE MATERIALES

Clave del reporte: CMA.

Data necesaria: File "DATA" y "File MUT".

El File MUT está formado por una copia de la boleta de Salida de Materiales del Almacén General.

Este reporte nos permite conocer y archivar el costo del rubro Materiales, en las Ordenes de Trabajo.

Funcionamiento del Programa: (Ver Figura 4.6)

El Usuario ingresa los datos del reporte, que son número de orden de trabajo, código del usuario, número de cuenta, tipo de mantenimiento, ubicación del equipo, fecha de inicio, fecha de término, y una breve descripción del trabajo efectuado.

- Con los datos del file MUT, el Usuario digita código y cantidad necesaria, por ejemplo:



Código : 83 - 719 - 9891

Cantidad necesaria : 6

- Se llama al file DATA, y se ubica el código del material.
- Ubicado el código de material, el programa escribe el Código, No. de Parte, Descripción del Material, Costo Unitario, Unidades utilizadas.
- Calcula

Subtotal = Costo Unitario \* Unidades Utilizadas

Se presenta la alternativa o pregunta, si es necesario ingresar más materiales. Si la respuesta es sí, el programa regresa al inicio, si se ha concluido el ingreso de todos los materiales, se calcula costo total igual a la sumatoria de todos los subtotales

Si graba el programa con el código CMAxxxxx, por ejemplo si la Orden de Trabajo es 13590, la clave o nombre del programa será CMA13590.

#### 4.3.3.4 REPORTE COSTO DE MANO DE OBRA

Clave o nombre del reporte: CMOxxxxx

Data necesaria: File DIPER y RESAL.

El file DIPER, está generado por los horarios diarios del Supervisor.

Este reporte nos permite conocer y archivar el costo del recurso Mano de Obra, empleada en las Ordenes de Trabajo.

Funcionamiento del Programa: (Ver Figura 4.7)

El Usuario ingresa los datos del reporte, que son número de Orden de Trabajo, Código del Usuario, Número de Cuenta, Tipo de Mantenimiento, Ubicación del Equipo, fecha de inicio, fecha de término, y una breve descripción del trabajo efectuado.

Del File DIPER, una vez que la Orden de Trabajo ha sido concluida, el Usuario digita el código de la categoría del trabajador o trabajadores

que han participado en la Orden de Trabajo, las horas normales, sobretiem-  
po simple y sobretiem-  
po doble empleados.

- El programa llama el File RESAL, y ubica el código de la categoría que se ha digitado. Entonces el programa escribe Categoría, Código de Categoría, horas normales empleadas, sobretiem-  
po simple, sobretiem-  
po doble.

Calcula:

Subtotal = Horas Normales \* Sueldo Básico + Sobretiem-  
po Simple \* Sueldo Básico \* 1.5 + Sobretiem-  
po Doble \* Sueldo Básico \* 2.

- Se presenta la alternativa o pregunta si es necesario ingresar más datos. Si la respuesta es sí el programa vuelve al inicio y repite el proceso anterior. Si la respuesta es no, calcula el costo total igual a la sumatoria de todos los subtota-  
les

- Se graba el programa, con la clave o nombre CMOxxxxx, por ejemplo si la Orden de Trabajo es la 13590, la clave será CMO13590.
- Si se requiere imprimir el reporte, se procede a su impresión.

#### 4.3.3.5 REPORTE RESUMEN DE ODT

Clave o nombre del reporte: RODT.

Data necesaria: los reportes generados, CMAxxxxx, CMOxxxxx, y la Data LTE.

Este Reporte nos permite conocer y archivar los costos totales de las Ordenes de Trabajo, sirviendo de base para estructurar posteriormente el sistema de historia de equipos.

Funcionamiento del Programa: (Ver Figura 4.8)

El Usuario llama al File CMAxxxxx, por ejemplo el reporte CMA 13590.

De este reporte, se extrae y escribe el No. de Orden de Trabajo, Tipo de Mantenimiento, Código del Equipo, Usuario que es el dueño del Equipo, Cuenta Cargar, fecha de inicio, fecha de término, breve descripción del trabajo.

Usuario digita fecha de recepción, y lugar donde se ejecutó la reparación.

El programa extrae y escribe Costo de Materiales.

- El Usuario llama al File CMOxxxxx, por ejemplo el reporte CM013590, extrae y escribe el costo total de Mano de Obra.

Se genera la alternativa o pregunta, si en la Orden de Trabajo han intervenido Contratistas. Si la respuesta es positiva llama al File LTE, ubica el Nº de Orden de Trabajo Interna, y extrae el Costo Total pagado al Contratista

Si la respuesta es negativa este Costo es igual a cero.

Calcula

Costo Total = Costo de Materiales + Costo de Mano de Obra + Costo Total por Terceros.

Se graba el reporte con la clave RODT.

Si se desea imprimir se procede a la impresión del reporte.

#### 4.4 COMPENDIO DE LOS MODULOS DEL SISTEMA MECANIZADO

##### 4.4.1 MODULOS DEL SISTEMA PROPUESTO (PRIMERA FASE)

En esta primera fase, se ha presentado la alternativa de mecanizar la planificación del Mantenimiento, trabajando con tres módulos, el de Orden de Trabajo, el de Inventarios y el de Equipo.

Módulo de Orden de Trabajo:

- . Ingresar Ordenes de Trabajo.
- . Identificar Repuestos/Herramientas requeridos.

- . Establece tareas específicas y requerimientos de éstas.
- . Estima horas de trabajo.
- . Carga Mano de Obra con tarifas horarias estándar.
- . Carga Costo de Repuestos/Materiales.
- . Genera e imprime reportes.
- . Carga Costos de trabajos efectuados por Terceros

#### Módulo de Inventarios:

- . Registra el Estado de Inventarios.
- . Inventario valorizado por código de la Empresa, Código del Fabricante, Ubicación, Costos Unitarios, Código de Reordenamiento.
- . Items con Ordenes de Compra.
- . Mantiene niveles de Seguridad de Inventarios.
- . Maneja Pedido de Materiales.
- . Maneja recepción de repuestos.
- . Actualiza nivel de inventarios.
- . Permite retorno de items al Almacén.
- . Permite ajustes por discrepancias con el inventario físico

**Módulo Equipos:**

- . Costo del Mantenimiento del Equipo por Centro de Costo, por fecha de término, por fecha inicio, por usuario, etc.
- . Mantiene relación Equipo/Repuestos (Listados típicos de Materiales).
- . Listas Equipo/Actividades de Mantenimiento (Estándares de Ingeniería).
- . Resumen Costo histórico del Mantenimiento

**4.4.2 MODULOS DE LA SEGUNDA FASE**

La segunda fase que no es efectuada en el presente trabajo, como ya se ha explicado anteriormente, es la fase que deberá ser desarrollada para completar el Sistema Mecanizado, por lo que tendrá los módulo de Orden de Trabajo, y de Equipo.

**Módulo de Ordenes de Trabajo:**

- . Estimación de horas de trabajo y la comparación con las reales.
- . Resumen de Ordenes de Trabajo pendientes.
- . Performance de las Ordenes de Trabajo.



- . Horas cargadas por tipo de Mano de Obra.
- . ODT que requieren iniciarse en fecha.
- . ODT por prioridad.

#### Módulo de Equipos:

- . Almacenar información de los Equipos.
- . Establecer tipos y frecuencia de Mantenimiento Preventivo (MP).
- . Generación del MP según mediciones y fechas.
- . Resumen de Costos Históricos del Mantenimiento.
- . Estado de Equipo.
- . Reporte de Equipos en MP.
- . Costo de compra de equipo nuevo Vs. Costo de Mantenimiento.
- . Reportes de la confiabilidad y disponibilidad, por equipo y sistema.
- . Determinación de Equipos problema.
- . Determinación de Equipos problema.
- . Determinación de tiempo óptimo de reemplazo.
- . Comportamiento por marcas.

#### 4.5 FLUJOGRAMA DE LAS ORDENES DE TRABAJO

En la figura 4.9, se detalla el proceso propuesto para la ejecución de las Ordenes de Trabajo.

La idea básica es utilizar el soporte técnico de la Microinformática, tal como se ha descrito en forma detallada.

Un punto adicional que es importante recalcar, es la necesidad que la División Planeamiento, tenga dos Supervisores más para que se cumplan las funciones de programación del Mantenimiento, descargando las labores administrativas del Supervisor de la División Campo, por lo que dispondrá de un mayor tiempo para realizar sus labores de Campo, lo que permitirá un mejor control de calidad en los trabajos.

La diferencia fundamental con el sistema actual, es que la Sección Planeamiento, ejecuta las labores siguientes:

- . Coordinación y seguimiento del recurso Materiales.

- . Centralización del sistema de Ordenes de Trabajo, incluyendo costos, seguimientos de las Ordenes de Trabajo pendientes.
- . Administración de los trabajos que requieren los servicios de Compañías Contratistas.

Para el proceso de codificación de las Ordenes de Trabajo, se sugiere utilizar la numeración siguiente:

1xxxx9: Para trabajos de emergencia. El número 9 indica el año 89.

2xxxx9: Para trabajos menores.

3xxxx9: Para trabajos de mantenimiento preventivo.

4xxxx9: Para trabajos del Plan Maestro de Mantenimiento.

5xxxx9: Para trabajos correctivos de mantenimiento mayor, no incluidos en el Plan Maestro.

#### 4.6 PROPUESTA PARA LA EFICIENCIA DEL SISTEMA LOGISTICO

"No hay buena performance de las Empresas sin una buena logística".

"No hay Mantenimiento de calidad sin logística de calidad".

El Area Logística de la Empresa, necesita de reestructuración para que pueda subsanar las deficiencias encontradas en el diagnóstico, logrando de esta forma cumplir con el rol para el que fue creada. Por esta razón a continuación se emiten las recomendaciones necesarias.

- Disminución de los tiempos de aprovisionamiento, mediante:

- . La descentralización del sistema logístico, incrementando las responsabilidades, y los niveles de aprobación de los funcionarios de la Operación.
- . Mejora de la capacidad de negociación de los mandos directrices, para lograr evitar demasiados trámites burocráticos.

Direccionando personal técnico calificado de la Empresa, hacia las labores logísticas.

- . Mayor interacción entre las áreas Mantenimiento-Logística-Finanzas, para lograr que se cumpla con el programa de compras; así como que se emitan ordenes de compra para abastecer las necesidades por largos períodos de tiempo (como por ejemplo un año) pero con entregas interperiódicas (por ejemplo entregas trimestrales).
  
- Disminución de las existencias del Almacén:
  - . Implementando la estandarización de los equipos.
  - . Eliminando materiales deteriorados.
  - . Negociando materiales obsoletos.
  - . Aplicación de una política de reemplazo de los equipos que ya han cumplido con su vida operativa útil.

## CAPITULO V

### APLICACION DEL MODELO PROPUESTO EN UN MOTOR CATERPILLAR MODELO 3306

En este capítulo se efectúa la simulación del modelo mecanizado propuesto, en un motor Caterpillar, modelo 3306. La elección del equipo referido, obedece a la razón de ser el equipo más crítico por ser un componente en gran cantidad de grupos electrógenos, motobombas, motores de fuerza.

En la figura 5.1, se encuentran los módulos genéricos en el cual se basa la planificación del mantenimiento, y el flujograma que deben seguir la ejecución de las Ordenes de Trabajo.

#### 5.1. MODULOS DE LOS TRABAJOS A EJECUTAR

Esto se basa en los estándares de Ingeniería que consiste en la descripción de los trabajos a efectuar, incluyendo los tiempos estimados de cada reparación.

Estándar de Ingeniería SI - 0001-01 : Mantenimiento e inspección de 250 horas (tipo A).

Estándar de Ingeniería SI - 0001-02 : Mantenimiento e inspección de 2000 horas (tipo B).

Estándar de Ingeniería SI - 0001-03 : Mantenimiento e inspección de 6000 horas. Descarbonización del motor.

Estándar de Ingeniería SI - 0001-04 : Mantenimiento e inspección de 12000 horas. Es la reparación general u "Overhaul" del motor.

## 5.2 MODULOS DE MATERIALES REQUERIDOS

Para ello se emiten los listados típicos de Mantenimiento.

LTI0001 : Brinda la relación de materiales que se requieren para efectuar el Overhaul al motor.

LTI0002 : Proporciona la relación de materiales que se requieren para efectuar el descarbonizado del motor.

Estos reportes nos permiten estimar el costo de la reparación programada, y la disponibilidad de materiales en el Almacén General.

### 5.3 MODULO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS REQUERIDOS

Nos indica la relación de equipos y herramientas especiales en el Almacén de Mantenimiento.

### 5.4 MODULO DE MANO DE OBRA REQUERIDA

Esto se podrá programar mediante los tiempos estimados de reparación, detallados en los estándares de Ingeniería.

### 5.5 REPORTES DE SALIDA

Tal como se observa en los reportes generados correspondientes, el programa nos muestra:

- Los menús en la pantalla, para facilitar la interacción usuario-máquina.
- Los listados típicos de materiales incluyendo los costos estimados.

Los costos de los materiales utilizados en la Orden de Trabajo N° 401609.



- La generación de los Pedidos de Materiales pendientes para ejecutar la Orden de Trabajo Nº 401609.
- Resumen de las Ordenes de Trabajo, incluyendo los costos de mantenimiento.

Esta lista de reportes, es la que servirá de base para la creación del Sistema Mecanizado de Historia de Equipos.

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-01

REVISION MENOR (250 HRS. TIPO A)

| DESCRIPCION DEL TRABAJO  | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|--|--------------------|
| <p>1. Mantener en operación el motor por espacio de 5 minutos y luego pararlo, drenar el aceite del carter. Extraer los elementos del filtro de aceite primario y de derivación (secundario o by pass). Inspeccionar el aceite y los elementos del filtro en busca de señales de emulsión con agua y de partículas metálicas. Instalar elementos de filtro nuevos. Reemplazar sellos o empaques si se encuentran dañados llenar el motor de aceite al nivel especificado. Cambiar el aceite del control anerode (control aire/combustible). Usar: Petrolube Superior SAE 40<br/>Sólo para Caterpillar: Diesellube CD-3 SAE 4<br/>Si se encuentra partículas metálicas, dar aviso inmediato al Operativo y al Supervisor de Mantenimiento y/o Inspección.</p> | 25'                |
| <p>2. Reemplazar el elemento del filtro de combustible principal.<br/>Limpiar con solvente el filtro primario. Drenar el tanque de combustible para eliminar agua y sedimentos. Drenar el agua del filtro separador de agua. Cebiar el sistema de combustible.</p>   | 15'                |
| <p>3. Limpiar el purificador de aire</p> <p>a. Elemento de tipo seco: Extraer el elemento y limpiarlo con aire comprimido.</p> <p>b. Tipo baño de aceite: Drenar el aceite y limpiar con solvente (varsol). Agregar aceite de motor al nivel especificado.</p>   | 5'                 |
| <p>4. Inspeccionar las fajas de transmisión, comprobar su ajuste. Reemplazar si es necesario. Si se usan dos o más correas idénticas, éstas deben reemplazarse como un conjunto.</p>   | 5'                 |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-01

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|-----|---|--------------------|
| 5.  | Comprobar el nivel de agua refrigerada en el radiador. Mantener el nivel a media pulgada por debajo del tubo de llenado.<br><br>Examinar mangueras y conexiones del sistema de refrigeración.<br><br>Reemplazar si es necesario. Comprobar la calidad y la capacidad anti-corrosiva del agua refrigerante mediante el método de comparación de color. Si es necesario, agregar inhibidor para aumentar la concentración o reemplazar el elemento del filtro anticorrosivo, según sea el caso. | 5'                 |
| 6.  | Engrasar cojinete de desembrague de toma de fuerza y el cubo de ventilador.   | 2.5'               |
| 7.  | Examinar mangueras y conexiones del sistema de aire comprimido. Reemplazar si es necesario.   | 25'                |
| 8.  | Reemplazar el elemento del filtro de aceite del turbocargador y el elemento del respiradero del carter situado en la tapa de balancines (si procede)  | 25'                |
| 9.  | Lubricar el alternador y el motor de arranque con varias gotas de aceite de motor. Revisar nivel de agua destilada en batería.  | 3'                 |
| 10. | Poner en funcionamiento el motor y mantenerlo en observación por un período de diez minutos. Observar posibles fugas de aceite lubricante, combustible o agua de enfriamiento. De existir fugas, eliminarlas. Ajustar la marcha en vacío.   | 3'                 |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-01

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

11. Chequear instrumentos, alarmas y paros de seguridad 13'

- a. Tacómetro
- b. Temperatura de agua de enfriamiento
- c. Temperatura de aceite lubricante
- d. Presión de aceite
- e. Presión de combustible
- f. Amperímetro
- g. Presión de aire
- h. Horómetro

12. Inspeccionar el motor en operación por sí: 10'

- a. Falta potencia
- b. Existen ruidos anormales
- c. Presenta excesivo humo en el escape blanco-azulado) (negro-gris).
- d. Presenta baja presión de aceite y/o combustible.
- e. Posee alto consumo de aceite (consultar con el operador encargado).
- f. Presenta temperatura anormal de agua o aceite

Efectuar los ítems del DI-0001-02 que considere necesario para subsanar cualquiera de estas anomalías que se presenten.

13. Llenar el formato Reporte Mecánico 10'

TOTAL 1 h 32.5'

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-02

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

INSPECCION RUTINARIA (2000 HRS. TIPO B)

1. Efectuar trabajos de revisión menor. Si la potencia del motor es de 200 HP o más, extraer una muestra de aceite y enviarla al laboratorio para su respectivo análisis. 72.5'
2. Limpiar el purificador de aire. Reemplazar el elemento de filtro de aire de tipo seco o limpiar malla y depósito de filtro de aire de tipo baño de aceite, según sea el caso. 5'  
  
Limpiar el filtro de aire de control aneroide (relación aire/combustible) aplicando aire a presión en sentido inverso al flujo normal.
3. Inspeccionar el intercambiador de calor y/o el enfriador de aceite. De existir fugas, eliminarlas. Inspeccionar los ánodos de sacrificio del intercambiador (si procede). 3'
4. Calibrar luces de válvulas en el motor. Ajustar y calibrar inyectores o reemplazar toberas si se cree conveniente. Reemplazar empaquetaduras de la tapa de balancines. Verificar el torque correcto de todos los pernos y tuercas. 60'
5. Limpiar el radiador con agua a presión en sentido contrario al flujo de aire. Verificar su estado. 30'
6. Comprobar holgura de los cojinetes del turbocargador. Observar si existen fugas por los sellos de aceite. Lubricar los cojinetes. Verificar el torque correcto de pernos y tuercas de montaje. 5'

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-02

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

- |       |  |         |
|-------|--|---------|
| 7.    | Inspeccionar los terminales del alternador y del motor de arranque. Limpiar los anillos colectores con lija de agua No. 400 o más fina. Comprobar el desgaste de cojinetes del alternador.   | 15'     |
| 8.    | Comprobar el ajuste de los pernos de los múltiples de admisión, escape y del soporte del motor a su base.  | 5'      |
| 9.    | Efectuar items 10, 11 y 12 del DI-0001-01<br>Chequear el funcionamiento de los termostatos: el motor debe calentar rápidamente hasta su temperatura de operación. Reemplazar los termostatos si cree conveniente. Nunca operar el motor sin termostatos. | 25'     |
| 10.   | Inspeccionar la bomba de agua por posibles ruidos o fugas. De no existir estos síntomas, lubricar los cojinetes. En caso afirmativo, parar el motor y reemplazar cojinetes o sellos, según sea el caso.  | 5'      |
| 11.   | Llenar el formato de Reporte Mecánico.   | 7'      |
| TOTAL |  | 3 h 52' |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-03

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

INSPECCION MENOR (DESCARBONIZACION)

1. Aislar componentes y cables eléctricos, extraer las correas o fajas y las mangueras. Limpiar íntegramente el motor. Proveerse del Manual de taller del motor a reparar. 1 h
2. Extraer las culatas. Quitar la tapa de balancines. Lavar todo el conjunto con solvente. Inspeccionar visualmente. 1 h 30'
3. Desarmar culatas. Colocar sus elementos en lugar adecuado y en orden para inspeccionarlos. Efectuar limpieza química a las culatas para quitar los residuos de carbon. En caso necesario usar lija al agua "muerta" (No. 440 o más fina). 1h 30'
4. Inspeccionar con el método de partículas magnéticas las aberturas de los alojamientos de válvulas, inyectores y precámaras (si tiene). La superficie inferior de la culata debe estar exenta de erosión, picaduras, rayas o defectos, en caso afirmativo, rectificar la superficie. Si los defectos son excesivos, reemplazar la culata. 1h 30'
5. Reemplazar válvulas, guías de válvula, resortes, manguitos de inyector y precámaras. Inspeccionar visualmente todas las piezas nuevas de reemplazo. 4h
6. Extraer el conjunto de bielas, pistones y anillos. Las bielas y los casquetes deben estar siempre en pares hermanados. Marcarlos identificándolos con su correspondiente cilindro. 6h

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-03

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|-----|---|--------------------|
| 7.  | Limpiar los pistones con solvente. Si están rayados, erosionados o con signos de recalentamiento, reemplazarlos.<br>Verificar que el ancho de las ranuras de los anillos estén dentro de las tolerancias especificadas. Medir el diámetro del pistón en ángulo recto con el agujero de bulón (pin). Medir el diámetro del agujero. Reemplazar el pistón que sobrepase las tolerancias de desgaste. Inspeccionar y medir a su vez todos los elementos nuevos de reemplazo. | 3h                 |
| 8.  | Sin sacar de su posición, chequear el diámetro interior de las camisas. Si el desgaste es mayor que la tolerancia especificada, reemplazarla. Medir el reborde sobresaliente de las camisas en el bloque, colocar suples si es necesario.   | 30'                |
| 9.  | Lavar con Diesel el cárter. Inspeccionar visualmente signos de grietas; si se sospecha de alguna, comprobar con tinte penetrante y repararla.   | 30'                |
| 10. | Reemplazar los termostatos; asegurarse de que los nuevos son de la misma gama térmica y que abren a las temperaturas especificadas.   | 45'                |
| 11. | Inspeccionar las líneas de combustible. Observar líneas y roscas dobladas o dañadas. Reemplazar lo necesario.   | 15'                |
| 12. | Desarmar e inspeccionar los filtros primarios y secundario de combustible. Reemplazar sellos.   | 15'                |



UNIDAD  
MA TENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-03

| DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO ESTIMADO |
|---|-----------------|
| 13. Desarmar inyectores y limpiarlos con solvente. Inspeccionar las toberas, repararlas o reemplazarlas según lo adecuado para cada motor. Inspeccionar el cuerpo del inyector. Reparar lo necesario o reemplazarlo. Luego probarlo y calibrarlo a sus condiciones de operación correctas.          | 30'             |
| 14. Verificar la correcta calibración del gobernador.   | 15'             |
| 15. Ensamblar el motor. Proceder con extrema limpieza. Recordar que la suciedad es la causa principal de fallas o mal funcionamiento de los motores. Usar torquímetro para un ajuste correcto donde sea necesario. No exceder el torque especificado. Reemplazar todas las empaquetaduras y sellos. | 8'              |
| 16. Efectuar los trabajos de Inspección Rutinaria No. SI-0001-02.   | 3h 52'          |
| 17. Efectuar prueba del motor en vacío y con carga. Ajustar y/o rechequear calibración del gobernador y control aneroide. Registrar cuadro de potencias y torques. registrar comprensión y/o picos de fuego (si procede).   | 1h              |
| 18. Llenar el formato de Informe de Reparación  | 25'             |
|   | TOTAL 26h 25'   |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

INSPECCION MAYOR (REPARACION GENERAL)

|    | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO ESTIMADO |
|----|---|-----------------|
| 1. | Efectuar los ítems 1, 2, 3 y 4 de la Inspección SI-0001-03. Efectuar prueba de fugas en la culata a una presión de agua entre 40 y 80 psi y a una temperatura entre 25 y 200° F.<br><br>Si se encuentra agrietada, reemplazar la culata.  | 5h 30'          |
| 2. | Limpiar las crucetas e inspeccionar con tinta penetrante. Si se reemplaza crucetas, reemplazar también las guías.   | 15'             |
| 3. | Inspeccionar con tinta penetrante los ejes de balancines y los balancines. Si el eje presenta grietas, canales o salientes; reemplazarlo. Inspeccionar las superficies de contacto de los balancines; si están desgastadas o dañadas, reemplazar el balancín. Inspeccionar los bujes para descubrir rayas, picaduras o escoriación. Chequear el diámetro interior; si excede las tolerancias, reemplazar el balancín. | 1 h             |
| 4. | Verificar el encastre de los tubos empujadores con la punta redonda de los tornillos ajustadores de balancín. Reemplazar ambos si se encuentra desgaste. Examinar si los tubos están doblados. Inspeccionar los rodillos de taqués si están escoriados o depostillados, reemplazarlos. Verificar la condición del asiento del tubo empujador en el taqué correspondiente. Usar azul de Prusia.                        | 1 h             |
| 5. | Efectuar los ítems 5 y 6 de la Inspección Menor SI-0001-03.   | 10 h            |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

|    | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|----|---|--------------------|
| 6. | Inspeccionar con el método de partículas magnéticas las bielas, sus casquetes y pernos. Si se evidencian rajaduras, deseche todo el par hermanado. Ensamblar los casquetes a sus bielas apretando alternativa y gradualmente las tuercas. Medir el diámetro interno de la chumacera. Si se encuentra fuera de medida, desechar la biela y su casquete.  | 3h                 |
| 7. | Reemplazar el conjunto de pistones y anillos. Inspeccionar y medir todos los elementos nuevos de reemplazo.   | 4h                 |
| 8. | Extraer las camisas de cilindro (lainas). Inspeccionar visualmente el interior de la camisa en busca de desgaste por abrasión o arañazos. En caso afirmativo reemplazar la camisa. Chequear el diámetro interior. Si el desgaste es mayor que la tolerancia especificada, reemplazarla. Limpiar el exterior de la camisa para quitar el óxido de incrustaciones. Si exteriormente existe corrosión o erosión excesiva o con picaduras de 1/32", reemplazarla. | 6h                 |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

9. Extraer el cigueñal y demás componentes del bloque de motor. Quitar los tapones. Usar limpiador tipo ácido para remover los depósitos cálcicos. Limpiar con cepillo los conductos de paso de aceite. Enjuagar con solvente y secar con aire comprimido. Reinstalar los tapones usando cinta teflón. 4h 30'
- Limpiar y lijar (lija :muerta: al agua, N° 400 o más fina) las superficies que estarán en contacto con las camisas y con las empaquetaduras.
- Verificar el diámetro y la profundidad del avellanado de los cilindros (zona de asiento de las camisas). Si se sospecha de rajaduras efectuar inspección por método de partículas magnéticas. Si se excede las tolerancias o se descubre alguna rajadura sea externa o interna será necesario desechar el bloque.
- Verificar el diámetro de los cojinetes de los árboles de levas. Reemplazar si fuera necesario. 15'
- Instalar las tapas o casquetes de chumaceras de bancada y verificar el diámetro interior. Comprobar la alineación de los diámetros.
- Verificar que todos los conductos de agua estén limpios y en buen estado, sin corrosión o erosión.
10. Inspeccionar el engranaje del cigueñal. Si este se encuentra en buenas condiciones, no desmontar a menos que sea necesario. 15'

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-01

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO  | TIEMPO ESTIMADO |
|-----|--|-----------------|
| 11. | Inspeccionar el cigueñal, primero visualmente y luego por el método de partículas - magnéticas (incidir en las esquinas, rebordes y agujeros de paso de aceite). Si presenta rajaduras obvias y/o defectos circunferenciales o transversales, desechar el cigueñal. Medir los muñones del cigueñal y verificar la redondez. Si se cree necesario ver la posibilidad de rectificarlo a la medida inmediata inferior. Antes de 40 y 50 Rockvell C. Si la dureza es inferior, debe endurecerse a una profundidad mínima de 0.09" entre los 45 y 50 Rc antes de rectificarlo. Esta comprobación de dureza también debe efectuarse después de una falla cualquiera en los cojinetes aún cuando no haya habido agarrotamiento o decoloración del cigueñal. | 3h              |
| 12. | Inspeccionar los árboles de levas, primero visualmente y luego por el método de partículas magnéticas. Verificar el estado y medidas de muñones y levas. Si presenta excesivo desgaste, levas ásperas, escoriadas o presenta rajadura, desechar el árbol.  | 2h              |
| 13. | Proveerse de cojinetes (metales) nuevos de la medida especificada y ensamblar el cigueñal. Asegurarse de que las luces se encuentren dentro de las tolerancias requeridas. Medir el juego axial e instalar los adecuados cojinetes de biela en sus respectivos muñones de cigueñal. Verificar el ajuste de los pernos de biela al torque especificado.   | 3h              |
| 14. | Proveerse de cojinetes (metales) nuevos de la medida especificada y ensamblar los árboles de levas. Verificar que el juego axial esté dentro de los límite requeridos.   | 30'             |
| 15. | Proveerse de cojinetes (metals) nuevos de la medida especificada y ensamblar el conjunto de bielas y pistones. Verificar las luces de los cojinetes de biela en sus respectivos muñones de cigueñal. Verificar el ajuste de los pernos de biela al torque especificado.  | 2h              |

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO ESTIMADO |
|-----|---|-----------------|
| 16. | Efectuar los ítems 9 y 10 de la Inspección Menor SI-0001-03.  | 1h 15'          |
| 17. | Inspeccionar los engranajes de distribución. Si se sospecha de rajaduras en los dientes efectuar inspección con tinte penetrante. Si se encuentra desgaste excesivo o rajaduras reemplazar el engranaje. Al ensamblar los engranajes asegurarse de la correcta sincronización de los mismos.  | 30'             |
| 18. | Lavar todos los conectores, bridas y conductos de aceite en tanque con solvente. Secar con aire comprimido. No usar vapor de agua.  | 1h              |
| 19. | Lavar el tamiz y el tubo de succión de aceite con solvente y secar con aire comprimido. Inspeccionar las piezas y reemplazar las que se encuentren dañadas.   | 30'             |
| 20. | Limpiar con solvente e inspeccionar los filtros de aceite primario, de derivación (secundario o by-pass) y del turbocargador. Verificar el funcionamiento de las válvulas check. Cambiar empaquetaduras y anillos. Inspeccionar la válvula reguladora de presión.   | 30'             |
| 21. | Desarmar el enfriador de aceite (si posee). Lavar el interior con alcohol isopropílico a presión, a fin de quitar aceite y otras contaminaciones que estén atrapadas. Desmontar el elemento (núcleo). Lavar con solvente y sopletar con air comprimido. Inspeccionar en busca de corrosión o grietas en la unión soldada de los tubos con las placas terminales. Efectuar prueba hidroneumática a 40 psi. Inspeccionar en busca de fugas entre el compartimiento del agua y los tubos de paso del aceite. Reparar lo necesario. | 1h              |

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO   | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|-----|---|--------------------|
| 22. | Desarmar la bomba de aceite. Lavar todas las piezas con solvente. Verificar que los pases de entrada y salida de aceite estén limpios y sin obstrucciones. Inspeccionar los engranajes o vanes y ejes. Reparar lo necesario. Reemplazar los cojinetes, anillos y sellos. Inspeccionar el regulador de presión.  | 1h 30'             |
| 23. | Desarmar la bomba de agua. Lavar todas las piezas no ferrosas en limpiador de carburadores. Las demás piezas deben lavarse con solvente. Remover todo el óxido, incrustaciones y corrosión. Inspeccionar el eje e impulsor en busca de desgaste excesivo o daños. Reemplazar si es necesario. Reemplazar cojinetes, sellos, empaquetaduras y anillos.   | 1h 30'             |
| 24. | Desarmar el cubo del ventilador. Lavar con solvente. Inspeccionar eje. Reemplazar cojinetes y sellos. Verificar el desgaste de poleas.  | 1h 30'             |
| 25. | Inspeccionar el radiador en búsqueda de obstrucciones y/o fugas. Seguir el mismo procedimiento que para el enfriador de aceite (item 2). Si se encuentran fugas, reparar; no usar compuesto sellante.   | 1h                 |
| 26. | Si el purificador de aire es de tipo baño de aceite, proceder como sigue: lavar con vapor al exterior, luego sacar la cubeta de aceite, sumergir el purificador en recipiente con solvente. Con este sumergido aplicar en ducto de salida, aire comprimido a 5 psi, de presión por aprox. 0 minutos. Extraer luego el purificador del solvente; lavar al vapor y, secar para eliminar todo residuo de solvente. Si los tamices no han quedado limpios o si el cuerpo del purificador está agujereado o dañado, reemplazar el purificador. | 1h                 |

| DESCRIPCION DEL TRABAJO  | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|--|--------------------|
| 27. Si el purificador de aire es de tipo seco, lavar este con agua y detergente pulidor. Enjuagar y secar bien. Reemplazar elementos, sellos y empaquetaduras.   | 15'                |
| 28. Lavar e inspeccionar el respiradero del cárter. Proceder de igual forma que para el purificador de aire (item 27 ó 28 sea el caso).  | 15'                |
| 29. Lavar bien el exterior del turbocargador antes de desarmarlo. Proceder con extrema precaución. Lavar caja, compresor y turbina en solvente y luego secar con aire comprimido. Lijar la turbina con papel abrasivo al agua hasta quitar toda la carbonilla y óxidos adheridos.<br><br>Lavar nuevamente la turbina y secarla con aire comprimido. Asegurarse de que todas las partes se ubiquen en lugarse perfectamente limpios. Inspeccionar visualmente en búsqueda de desgaste, rajaduras y pits de corrosión. Chequear luces axiales y radiales de los cojinetes, inspeccionar anillos y sellos. Reemplazar lo necesario. | 3h                 |
| 30. Lavar con detergente e inspeccionar el amortiguador de pulsaciones o damper. Si se evidencia que está defectuoso, reemplazarlo.  | 30'                |
| 31. Desarmar la bomba de transferencia de combustible. Proceder en forma similar que para la bomba de aceite (item 22)   | 1h                 |
| 32. Verificar el correcto funcionamiento de la bomba d cebado manual. Reparar lo que sea necesario.  | 10'                |
| 33. Verificar la calibración de la bomba de inyección de combustible. Si está dentro de las tolerancias, calibrarla.   | 1h                 |



UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

DESCRIPCION DEL TRABAJO

TIEMPO  
ESTIMADO

En caso contrario desarmar, inspeccionar y reparar lo que fuera necesario de acuerdo al tipo de bomba y procedimiento específico. Trabajar siempre con manual del modelo intervenido.

34. Efectuar lo items 11, 12 y 13 de la Inspección Menor SI-0001-03. 1h

35. Verificar la calibración del gobernador. Si se encuentra descalibrado o en operación ha mostrado síntomas de ruido o flojedad, desarmarlo para inspección interior. 1h

En este caso reemplazar siempre los cojinetes y sellos. Ensamblar y calibrar de acuerdo a procedimiento específico.

Trabajar siempre con manual del modelo intervenido.

36. Inspeccionar los mecanismos y engranajes de accionamiento de bombas y gobernador. Reemplazar sellos y cojinetes. 1h

37. Inspeccionar el compresor de aire (si posee), efectuar mantenimiento y/o reparación. 1h

38. Inspeccionar el arrancador neumático (si posee), efectuar mantenimiento y/o reparación. 1h

39. Inspeccionar los múltiples y el tubo de escape. Si se evidencia torceduras, abolladuras o rajaduras, reparar o reemplazar según sea necesario. Asegurarse de que el silenciador y/o matachispa se encuentre en buen estado y que no cause excesiva restricción en el escape. 15'

40. Inspeccionar todo el equipo y accesorios eléctrico e instrumentos. Reparar y reemplazar lo necesario. 1h

UNIDAD  
MANTENIMIENTO  
SELVA

MOTORES DIESEL DE CUATRO  
TIEMPOS

STANDARD  
INGENIERIA  
SI-0001-04

|     | DESCRIPCION DEL TRABAJO  | TIEMPO<br>ESTIMADO |
|-----|--|--------------------|
| 41. | Efectuar el item 5 de la Inspección Menor SI-0001-01. Trabajar según las especificaciones y tolerancias de cada motor. | 5'                 |
| 42. | Ajustar la sincronización de la inyección.   | 1h                 |
| 43. | Verificar la alineación y concentricidad del volante y la cubierta del volante.  | 1h                 |
| 44. | Efectuar items 10, 11 y 12 de Revisión Menor SI-0001-01 item 17 de la Inspección Menor SI-0001-03.                     | 1h 25'             |
| 45. | Llenar el formato de Informe de Reparación.  | 30'                |
|     | TOTAL  | 60h 25'            |

SISTEMA MECANIZADO ODT  
UNIDAD MANTENIMIENTO-SELVA

GESTION DE |  
REPARACIONES - TROMPETEROS

Fecha de hoy 12/11/89  
Hora 01:02:40

SIGER000.PR6

M E N U   P R I N C I P A L

---

LISTADOS TIPICOS .....(1)  
ORDENES DE TRABAJO .....(2)  
ACTUALIZACION COPIAS DE RESPALDO ... (3)  
SALIR AL SISTEMA OPERATIVO .....(9)

Digitar la opcion ==> : :

SISTEMA MECANIZADO ODT  
UNIDAD MANTENIMIENTO-SELVA

GESTION DE  
{REPARACIONES - TROMPETEROS}

Fecha de hoy: 12/11/89  
Hora: 01:04:46

S16R10.PRG

1 Gestión de Listado Típico

---

Costo .....(1)  
Consulta .. .....(2)  
Modificacion .....(3)  
Eliminacion .....(4)

Digitar opcion o Esc (menu anterior) ==> : :

SISTEMA MECANIZADO ODT  
UNIDAD MANTENIMIENTO-SELVA

GESTION DE  
REPARACIONES - TROMPETEROS

Fecha de hoy: 12/11/89  
Hora: 01:05:46

SISGERO20.PR6

1 Gestión de Ordenes de Trabajo

---

Generación Pedidos de Material .....(1)

Costo de Materiales .....(2)

Costo de Mano de Obra .....(3)

Resumen ODT'S ejecutadas .....(4)

Diqitar opcion o Esc (menu anterior) ==> : :

SISTEMA MECANIZADO ODT  
UNIDAD MANTENIMIENTO-SELVA

GESTION DE  
REPARACIONES - TROMPETEROS

Fecha de hoy: 15/11/89  
Hora: 18:06:36

SIGER10.PRG

1 Gestión de Listado Típico

---

(1)

elegir listado típico a utilizar:

:        :

Eliminacion .....(4)

## CAPITULO VI

### EVALUACION ECONOMICA DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

La función "Mantenimiento" siempre se ha catalogo como costoso. Si esto fuera verdad, esta función debería suprimirse.

El objetivo básico no es solamente la reducción de los costos directos, sino también la reducción de los costos por producción diferida, lo que representa el lucro cesante.

#### 6.1 INVERSIONES NECESARIAS

Para la implementación del Proyecto, es necesario se efectúen inversiones en los rubros siguientes:

- Adquisición del Hardware. Para esto es necesario la adquisición de dos Microcomputadoras IBM PS/2 de 1MB de memoria, con impresoras de carro grande. Estas deben estar integradas a las Centrales del Almacén General Trompeteros, Almacén Iquitos y el Computador central en la ciudad de Lima, para poder acceder la información del Sistema Logístico.

- Implementación del Software. Para lo cual es necesario cumplir el modelo diseñado en el presente trabajo, y la implementación de la segunda fase de la mecanización del sistema de mantenimiento.
- Incremento del personal de la Sección Planeamiento, redistribuyendo el personal sobrante en la Oficina Principal de Lima.
- Incremento del Presupuesto en Capacitación del Personal en labores de Microinformática, y labores operativas.
- Medios necesarios para lograr la eficiencia del sistema logístico, y el análisis de los stocks.
- Incremento del Presupuesto, en el rubro Salarios, para el personal de Operaciones Selva.
- Adquisiciones de nuevas herramientas.

En el Anexo, se presenta la evaluación económica para dos Grupos Electrógenos Caterpillar, modelo 3306, donde se puede apreciar la rentabilidad del proyecto.



## 6.2 BENEFICIOS

Los beneficios que se lograrían de implementarse el Proyecto, serían los siguientes:

- Mayor eficiencia en las labores del personal, disminuyendo tiempos improductivos por falta de repuestos y, labores administrativas.
  
- Disminución del número de existencias.  
  
Disminución de paradas por falta de repuestos.
  
- Disminución de las horas de sobretiempo.
  
- Menos cantidad de repuestos deteriorados y obsoletos.
  
- Disminución de los costos del mantenimiento, por mejor calidad de los trabajos.
  
- Reducción de producción diferida, por fallas imprevistas de los equipos.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como en toda organización industrial, los objetivos de la Unidad Mantenimiento, son brindar la máxima disponibilidad de sus instalaciones que forma el sistema productivo, a un costo reducido.

Como vemos en el capítulo del diagnóstico del personal, este rol no es cumplido a cabalidad, por los factores principales siguientes:

1. Ineficiencia del sistema logístico, por excesos de trámites burocráticos, centralismo en la Gerencia Logística Lima, y lo que se ha agravado en los últimos tiempos con las dificultades financieras de la Empresa.
2. Gran cantidad de equipos obsoletos, lo que hace que se tengan que operar equipos fuera de su vida económica útil.

3. Desmotivación del personal Administrativo, Empleado y Obrero por los factores que se indican en el capítulo III.
4. Excesos de trámites administrativos por parte del personal de la División Campo, por no disponer la Sección Planeamiento, del número necesario de Supervisores para que ejerzan a cabalidad sus funciones
5. Falta de un sistema mecanizado, que sirva de soporte técnico de las labores administrativas, y para el proceso de la toma de decisiones.
6. Falta de la standarización de los equipos, lo que trae como consecuencia, número excesivo de items en el Almacén.

Las recomendaciones más importantes para subsanar estas deficiencias son las siguientes:

1. Definir políticas adecuadas, que encaminen hacia un sistema logístico eficiente.

2. Establecer sistemas modernos de Administración de Personal, que contemplen políticas adecuadas de salarios, promoción, rotación y capacitación del personal
3. Implementar el sistema mecanizado para la administración del mantenimiento.
4. Implementación del sistema de estandarización de los equipos.
5. Incrementar el número de Supervisores de la Sección Planeamiento, lo cual no implica necesariamente contratación del nuevo personal, sino la redistribución de los Recursos Humanos de la Empresa.

## BIBLIOGRAFIA

- Caterpillar Tractor Co., "Preventive Maintenance Planner Instructions", USA 1986.
- Caterpillar Tractor Co., "Parts book 3306 Industrial Engine, Serial number 66D26832-Up", USA 1979.
- Compaigne Francaise Des Petroles, "Estudios de los Sistemas de Mantenimiento en PetroPerú", Lima 1984.
- Lawler, Edward E., "Motivation in work organizations", USA 1979.
- Lobato Calle, Manuel, "Gerencia de Mantenimiento Industrial", Lima 1984.
- Maggee, John F., "Industrial Logistics", USA 1983.
- Morrow R.C., "Manual de Mantenimiento Industrial", Méjico: Editorial Continental, 1973.
- Planeamiento y Control Microcomputarizado del Mantenimiento, Versión IBM PC/XT/AT, Lima 1985.
- Petróleos del Perú, "VI Seminario Anual sobre la problemática de trabajos de Ingeniería de Proyectos, Construcciones, y Mantenimiento", Lima 1986.