

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
MOTOGENERADORES DIESEL”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**MARIO BACILIO CORRALES DELGADO**

**PROMOCIÓN 1981-I**

**LIMA-PERÚ**

**2007**

# CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
1.1 Descripción operaciones lote Petrolero 1AB.	13
1.2 Modo de Operación de las Bombas Eléctricas Sumergibles.	14
1.3 Organigrama General y del Departamento de Producción de la Empresa.	16
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>19</b>
<b>DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	<b>19</b>
2.1 Origen del Trabajo	19
2.1.1 Fase inspección o monitoreo	20
2.1.2 Fase Analítica o experta	21
2.1.3 Fase Administrativa	23
2.1.4 Fase Técnica	23
2.1.4 Fase Final	23
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>25</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>25</b>
3.1 Relación General de los equipos Motogeneradores comprendidos en el Programa de Mantenimiento Preventivo.	28

## III

3.2	Descripción de la Unidad Motogenerador	29
3.3	Principio de funcionamiento de los motores Caterpillar del presente Programa de Mantenimiento.	29
3.4	La lubricación en Mantenimiento Preventivo.	51
3.5	Establecimiento del análisis de aceite usado realizado en laboratorio de Capahuari Sur.	60
3.6	Valores, límite de las propiedades y especificaciones de aceite de motores.	65

### **CAPÍTULO IV** **73**

#### **CONSIDERACIONES DE LOS FACTORES DE MANTENIMIENTO** **73**

4.1	Análisis de las Operaciones Críticas.	74
4.2	Frecuencia de Fallas.	76
4.3	Solicitudes de Servicio y órdenes de Trabajo.	81
4.4	Almacén de repuestos.	83
4.5	Mano de obra.	84

### **CAPÍTULO V** **86**

#### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO** **86**

5.1	Metodología para implementar un sistema de Mantenimiento Preventivo Programado.	86
5.2	Entrenamiento y Capacitación del Personal	87
5.3	Plan de acción	87

5.4	Aspectos que debe considerar el Inspector en el diagnóstico de los problemas.	92
5.5	El Mantenimiento basado en la confiabilidad.	95
5.6	Programa de Mantenimiento del Motogenerador.	96
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>102</b>
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO</b>		<b>102</b>
6.1	Gastos de Mantenimiento por Avería	103
6.2	Gastos de Mantenimiento Programado	107
6.3	Gastos por Stock de Repuestos, Materiales, Equipos y Herramientas para ejecución del Mantenimiento Programado.	115
6.4	Análisis comparativo de Mantenimiento por Avería y Mantenimiento Programado.	118
6.5	Beneficio Económico por la Implementación del Programa de Mantenimiento Preventivo.	120
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>124</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>125</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>126</b>
1.	Formato Mantenimiento Mecánico 1,440 Horas (Bimensual I).	
2.	Formato Mantenimiento Mecánico 2,880 Horas (Bimensual II).	
3.	Formato Mantenimiento Mecánico 5,760 Horas (Bimensual III).	
4.	Formato Mantenimiento Mecánico 8,640 Horas (Anual).	

5. Formato de Inspección Predictiva de Grupos Electrónicos Caterpillar
6. Formato de lectura de parámetros en Motogeneradores Caterpillar.
7. Formato de Inspección Diaria –Grupos Electrónicos Caterpillar.
8. Formato de Monitoreo Mecánico – Eléctrico de Grupos Electrónicos (Load Cell)
9. Formato Guía de Fallas / Troubleshooting Nro.1 – Inspección Predictiva.
10. Formato de Permiso de Trabajo.
11. Cuadro de Problemas y Causas de Recalentamiento en Motores Diesel.
12. Formato de Especificaciones de Motores Grupos Electrónicos Caterpillar
13. Cuadro de Potencias para Servicio Continuo de Motores Caterpillar.
14. Formato de parámetros permisibles de Motores Caterpillar.

## **PRÓLOGO**

El presente Informe de Competencia Profesional esta basado en la experiencia obtenida con maquinaria diesel en grupos electrógenos destinada a la operación con pozos de petróleo ubicados en el lote 1AB –Pluspetrol Perú Corporation en la región de la Selva norte del Perú.

Estos grupos alimentan con energía eléctrica a bombas que se encuentran instaladas en el fondo del pozo estas a su vez son impulsadas por motores eléctricos de 2,300 voltios, por lo que el equipo de superficie de estos pozos va instalado además del grupo eléctrico, un transformador elevador de 480 a 2300 Voltios y un Variador de frecuencia.

Estas bombas son de gran capacidad para impulsar grandes volúmenes desde una profundidad de 9,000 pies en promedio, volúmenes de crudo acompañado de un elevado porcentaje de agua.

En el CAPÍTULO 1 se presenta la introducción indicando los objetivos principales del presente proyecto, la implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo de los Equipos utilizados en el Campo de Explotación, el cual ya tiene 30 años de operación.

Se realiza la descripción detallada de la ubicación del Lote 1AB con sus principales yacimientos, la salida de su producción de petróleo a través del ramal norte del oleoducto Norperuano.

Se hace la descripción de las Operaciones tanto de Mantenimiento como de Logística para el suministro de insumos, materiales y repuestos vía EE. UU., Lima e Iquitos y el ingreso vía fluvial (por el Amazonas) de los Equipos de mayor envergadura y peso. Debemos considerar también que el Lote Petrolero 1AB de Plus Petrol Perú Corporation es el de mayor producción en el país .produce 40,000 barriles de un total de 115,000 barriles diarios, mayormente crudo pesado que necesita bombas de gran capacidad para impulsarlo desde el fondo del Pozo.

En el CAPÍTULO II planteamos el origen del trabajo el cual nace como una necesidad para mejorar el rendimiento y la productividad de los Equipos instalados en el Campo de Producción del lote 1AB, siguiendo la secuencia del ciclo del trabajo Industrial.

En el CAPÍTULO III se presenta la Relación de Equipos Motogeneradores que se van a considerar en el presente Programa de Mantenimiento Preventivo, indicando sus datos técnicos y características principales.

Esta descripción bastante detallada se realiza para que se hagan una idea de los equipos utilizados en la Industria Petrolera.

En el SUB-CAPÍTULO 3.4 indicamos la importancia que ha adquirido la Lubricación en el Mantenimiento Preventivo actualmente se ha generalizado en las Empresas mas Importantes y con equipos dedicados a la aplicación del análisis de las muestras de aceite usado.

En el CAPÍTULO IV se muestra la teoría y aplicación del Programa de Mantenimiento Preventivo, se revisa la inscripción de los Equipos con código interno de la Empresa, registro de equipos, se realiza un Estudio de la frecuencia de fallas más recurrentes.

Se establece un Mecanismo de Control del Mantenimiento, se preparan formatos especiales para cada tipo de equipo (Servicios de Mantenimiento a través de los partes diarios), cuadro de resúmenes diarios, libretas de control, files individuales de cada equipo.

Se explica el Sistema de Ordenes de Trabajo controlado bajo un sistema de control interno.

Para la implementación del Programa de Mantenimiento tomamos como referencia un Equipo estándar de los más usados en las operaciones, un generador de 540 KW, con motor Caterpillar modelo D3412, y a partir de este equipo elaboramos el Programa y lo hacemos extensivo a los demás Grupos Electrónicos.



En el CAPÍTULO V, se detalla la metodología utilizada para el presente trabajo y el método basado en la marca de repuestos Caterpillar (basado en la confiabilidad). Enumeramos también las tareas a llevarse a cabo en cada mantenimiento para los motores Caterpillar D3412.

En el CAPÍTULO VI se realiza una Evaluación Económica del Mantenimiento Programado, se presenta las relaciones que permiten determinar los Costos de Operación, Mantenimiento y Reparación, también los métodos para obtener los costos operativos de una unidad de este tipo que justifiquen la razón de trabajar con esta clase maquinaria en el Campo Petrolero del Lote 1AB.

Lo más importante en este Capítulo es la comparación entre los Gastos de Mantenimiento Correctivo (por avería) y los Gastos por Mantenimiento Preventivo Programado. Incluso mostramos un grafico comparativo.

El presente Informe da a conocer las actividades, los sistemas de control y de ejecución relacionados a la maquinaria que suministra energía eléctrica a los pozos de petróleo y al mantenimiento de la misma, que permitan garantizar la DISPONIBILIDAD del equipo con calidad, productividad y costos adecuados esto es muy importante porque cada hora de parada de 01 pozo significa pérdidas muy grandes debido a la disminución de la producción de petróleo. Sin duda este trabajo servirá de guía a las personas vinculadas al uso de este tipo de equipos en la

## Industria Petrolera.

El Sector Petrolero Peruano con el nuevo modelo empresarial después de la privatización de Petroperú ve como un reto mantener los niveles de producción anteriores y dada la envergadura que involucra su actividad económica enfrenta compromisos y nuevas expectativas.

La Empresa PlusPetrol Perú Corporation con una participación en el mercado de la Industria Petrolera del 40 % a Nivel Nacional, presenta gran importancia por ser también la Empresa encargada de la Explotación del Megaproyecto de gas de Camisea.

Desde el punto de vista técnico el Lote Petrolero 1AB presenta una pequeña deficiencia en el estado de la maquinaria por la no renovación de los equipos, los que ya tienen 30 años de trabajo en el campo, enfrentando el reto de la adecuación a nuevas tecnologías especialmente en la parte de automatización y control .que son vigentes en Empresas modernas y son necesarias para consolidarse competir y desarrollarse en el futuro.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo producto de la investigación teórica practica tiene por finalidad realizar los estudios para implementar un Programa de Mantenimiento Preventivo de los equipos de Motogeneradores utilizados en la operación de esta empresa petrolera, estos grupos de potencia de 540 KW y 700 KW son utilizados como generadores satélites que proporcionan la energía para impulsar las bombas que permiten extraer el crudo del reservorio.

En el presente capitulo se realiza la descripción detallada de la ubicación del Lote 1AB (FÍGURA 1.1) con sus principales yacimientos, la salida de su producción de petróleo a través del ramal norte del oleoducto Norperuano. (FÍGURA 1.2)

Se puede apreciar en la FÍGURA 1.3, la descripción de las Operaciones tanto de Mantenimiento como de Logística para el suministro de insumos, materiales y repuestos vía EE. UU, Lima e Iquitos y el ingreso vía fluvial (por el Amazonas) de los Equipos de mayor envergadura y peso.

En el Lote petrolero 1AB Selva Norte (Loreto) base Andoas, la producción de crudo se realiza en un 90 % utilizando Bombas Eléctricas Sumergibles (B.E.S) y un 10% con sistema Gas Lift, por las características de estos yacimientos de contener gran

cantidad de agua en cada reservorio y poco gas, se tiene que utilizar bombas sumergibles que tienen motores eléctricos de gran capacidad ,motores de 400 500,600 KW de Potencia y cada uno de estos motores debe ser alimentado desde la superficie por un grupo electrógeno para cada pozo, esta corriente suministrada es elevada de 480 a 2,300 voltios ,que es la tensión de trabajo de los motores de estas bombas, se eleva la tensión con el fin de reducir la corriente para la misma Potencia, debido a que los cables empleados tiene que recorrer una longitud de 3,000 a 3,500 mts de la superficie al fondo del Pozo, si la corriente es mayor la sección de los cables sería mayor la resistencia a vencer del cable mayor y el costo de la instalación aumentaría.

Los yacimientos nuevos de mayor producción (Pozos del Reservorio de el Carmen) por estar iniciando su producción requieren bombas de mayor caudal más potencia y por tanto el generador que las alimenta debe ser de mayor potencia, ya no se emplean motores D3412 sino D3512 de 700 KW de capacidad. (12 cilindros en V turbo cargados y con aftercooler).

La Empresa Pluspetrol Perú para mantener sus mismos niveles de producción que su anterior operadora Occidental Perú Corporation, sacó a concurso publico el Servicio de Mantenimiento de Motogeneradores Diesel del lote 1AB, el que fue adjudicado como buena pro a la Empresa Americana de Servicios Generales es en este contexto que se basa el presente trabajo de implementación del programa de Mantenimiento ,para llevar un procedimiento ordenado y planificado de las tareas de Mantenimiento, Control de Repuestos y Materiales , y los costos que irrogan el presente Programa de Mantenimiento.

Consideramos también un listado de repuestos de mayor consumo, los puntos mas débiles en este tipo de motores diesel, la incompatibilidad de usar otra marca de repuestos distinta a la original caterpillar y los procedimientos mas seguros para ejecutar los trabajos de Mantenimiento.

Debido a los altos Costos del Mantenimiento Correctivo que se recargan en los Costos de Producción, se ha hecho un estudio para implementar un Programa de **Mantenimiento Preventivo para Moto generadores Diesel.**

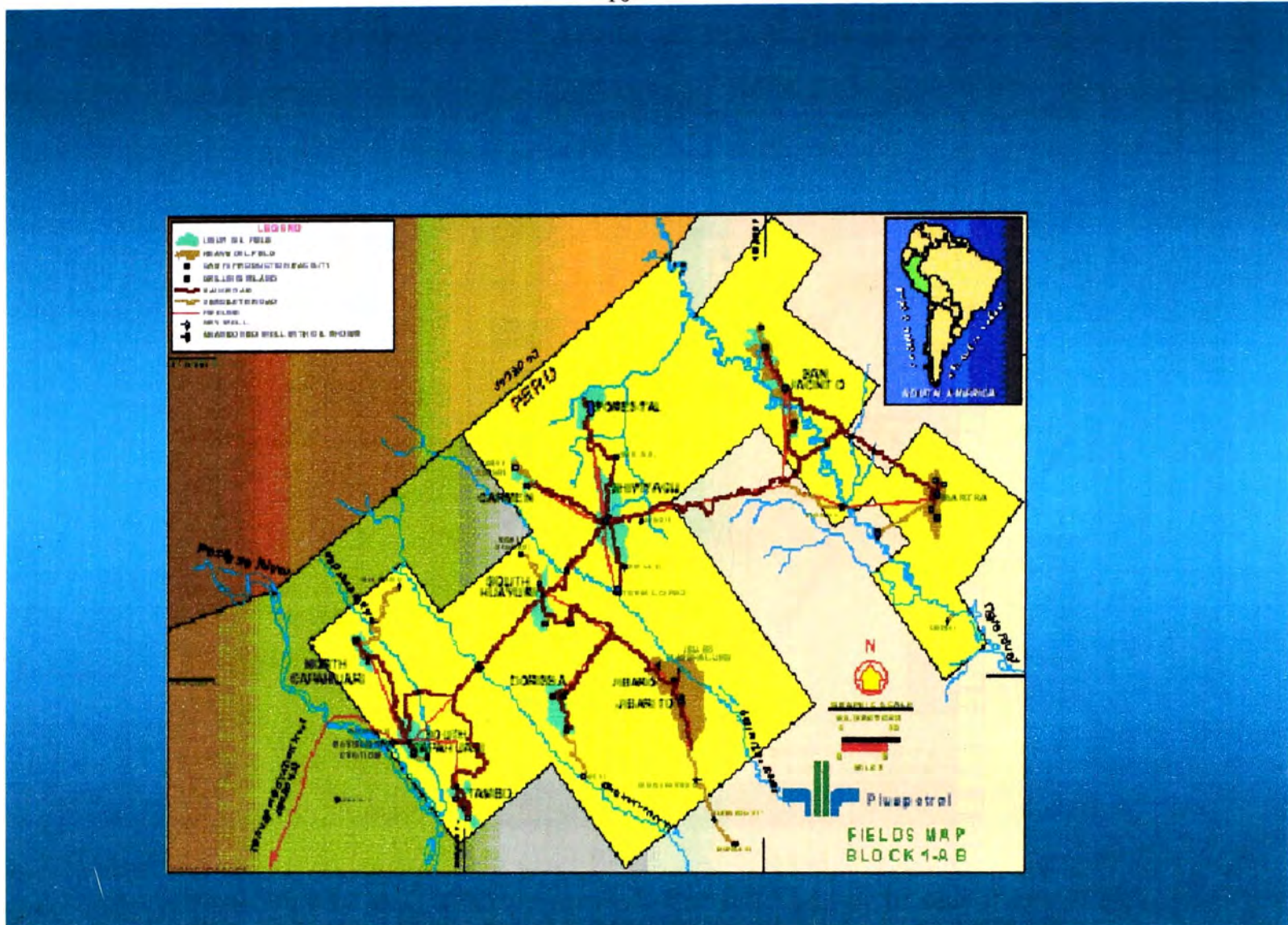
Los Programas de Mantenimiento en Maquinarias Rotativas basadas en inspecciones periódicas han sido mejoradas con el Mantenimiento Preventivo para aumentar la producción y disminuir tiempos de paradas imprevistas, asimismo conducirá a la obtención de la eficiencia máxima del Generador.

El Mantenimiento y funcionamiento de motores y Generadores diesel de mediana y alta velocidad es una importante preocupación de la compañía Plus Petrol Perú para el Departamento de Mantenimiento y el Dpto. de Producción, el Programa de Mantenimiento de Generadores es uno de los elementos más importantes relacionados con cualquier aplicación del motor.

El estudio del presente Informe está desarrollado para controlar todos los equipos y/o Unidades, mejorando considerablemente el porcentaje de disponibilidad mecánica y por consiguiente un mayor beneficio en la ejecución del programa:

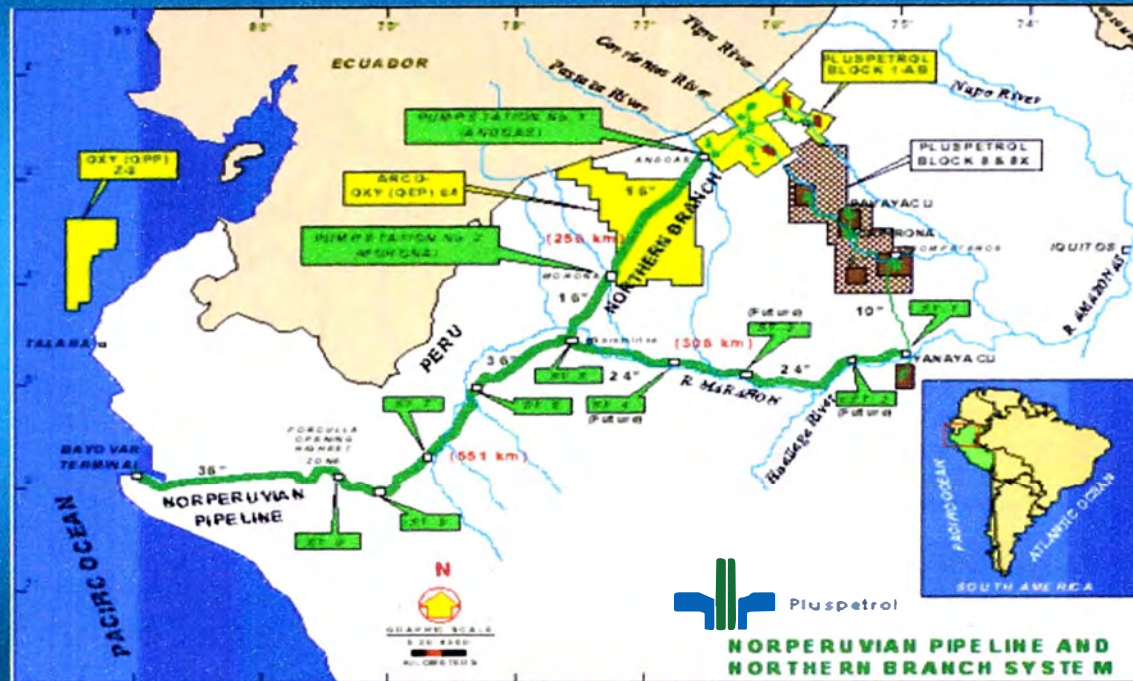
Para el Análisis de fallas en el Capítulo IV, se consideró los datos de frecuencia de fallas del generador D 3412 -512, instalado en la Estación del Pozo 31 de Capahuari Norte, el que a Diciembre 1996 llevaba 13, 847 horas de instalado, con motor Caterpillar D3412, NL 512

El período que se escogió para analizar las fallas de esta unidad fue Enero a Diciembre de 1996, tomando como referencia los datos históricos de la máquina, proporcionados por el Departamento de Mantenimiento de Plus Petrol Perú Co.



**FÍGURA 1.1: VISTA PANORÁMICA DE LA UBICACIÓN DEL LOTE 1AB –PLUSPETROL PERU CO. CON SUS PRINCIPALES YACIMIENTOS**

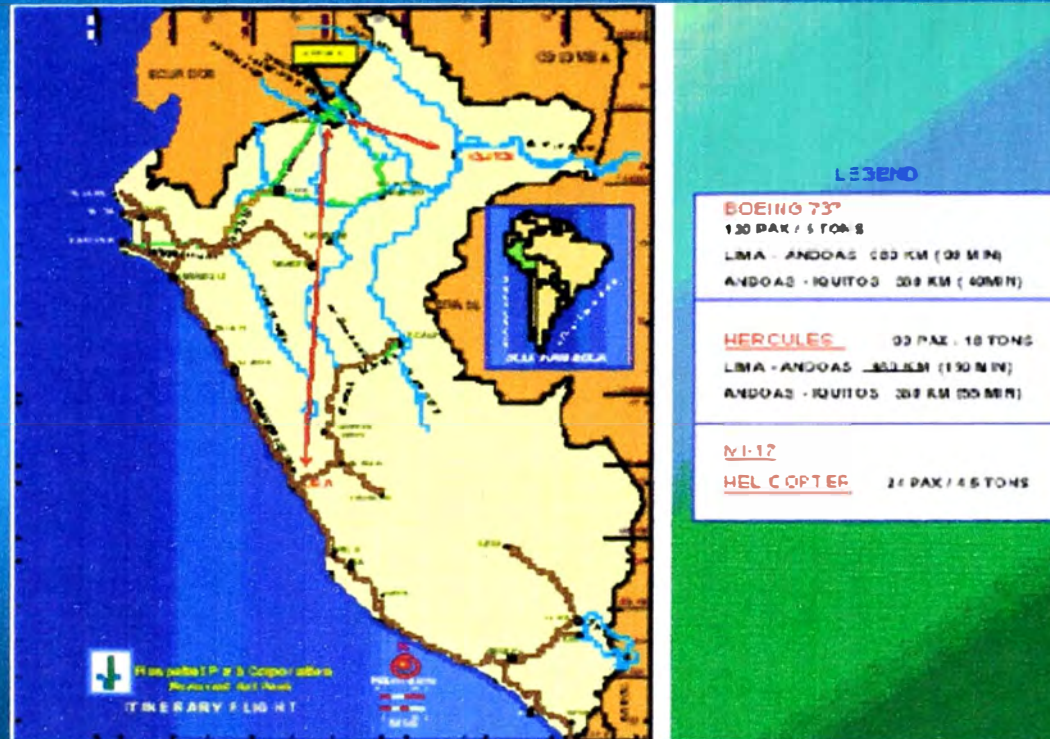
## TRANSPORTE DEL PETROLEO:



FÍGURA 1.2: TRANSPORTE DE CRUDO DE LOS YACIMIENTOS DEL LOTE 1AB-PLUSPETROL PERU CO. POR EL RAMAL NORTE DEL OLEODUCTO NOR PERUANO-PETROPERU



## LOTE 1AB - PLUSPETROL:



FÍGURA 1.3: VISTA DEI TRASLADO DE PERSONAL, INSUMOS, MATERIALES Y REPUESTOS AL LOTE 1 AB - PLUSPETROL PERÚ CORPORATION

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES LOTE PETROLERO 1AB**

### **1.1.1 Generalidades**

El presente informe tiene por objeto realizar un Programa de Mantenimiento de las unidades de Motogeneradores Diesel, empleados en la empresa Plus Petrol Perú Corporation Lote 1AB, Andoas- Loreto, esta Compañía se dedica a la exploración, explotación, producción de petróleo y gas natural.

Esta empresa opera en la provincia el Alto Amazonas, Departamento de Loreto -Lote 1AB que anteriormente trabajó Occidental del Perú S.A.

### **¿Dónde y Por Qué se usa un Generador para Bomba Eléctrica Sumergible?**

Cuando se termina la perforación y completación de un pozo petrolero, existen 2 formas de producción:

**Pozo Surgente O Flowing:** Cuando la presión de formación es suficientemente alta para que el petróleo llegue a la superficie, por lo tanto el petróleo fluye solo al exterior.

**Pozo Muerto:** Cuando la presión del reservorio es menor o igual que la presión ejercida por la columna del fluido sobre él, no puede fluir el crudo (petróleo) hacia el exterior existen varios métodos para el levantamiento de crudo en forma artificial:

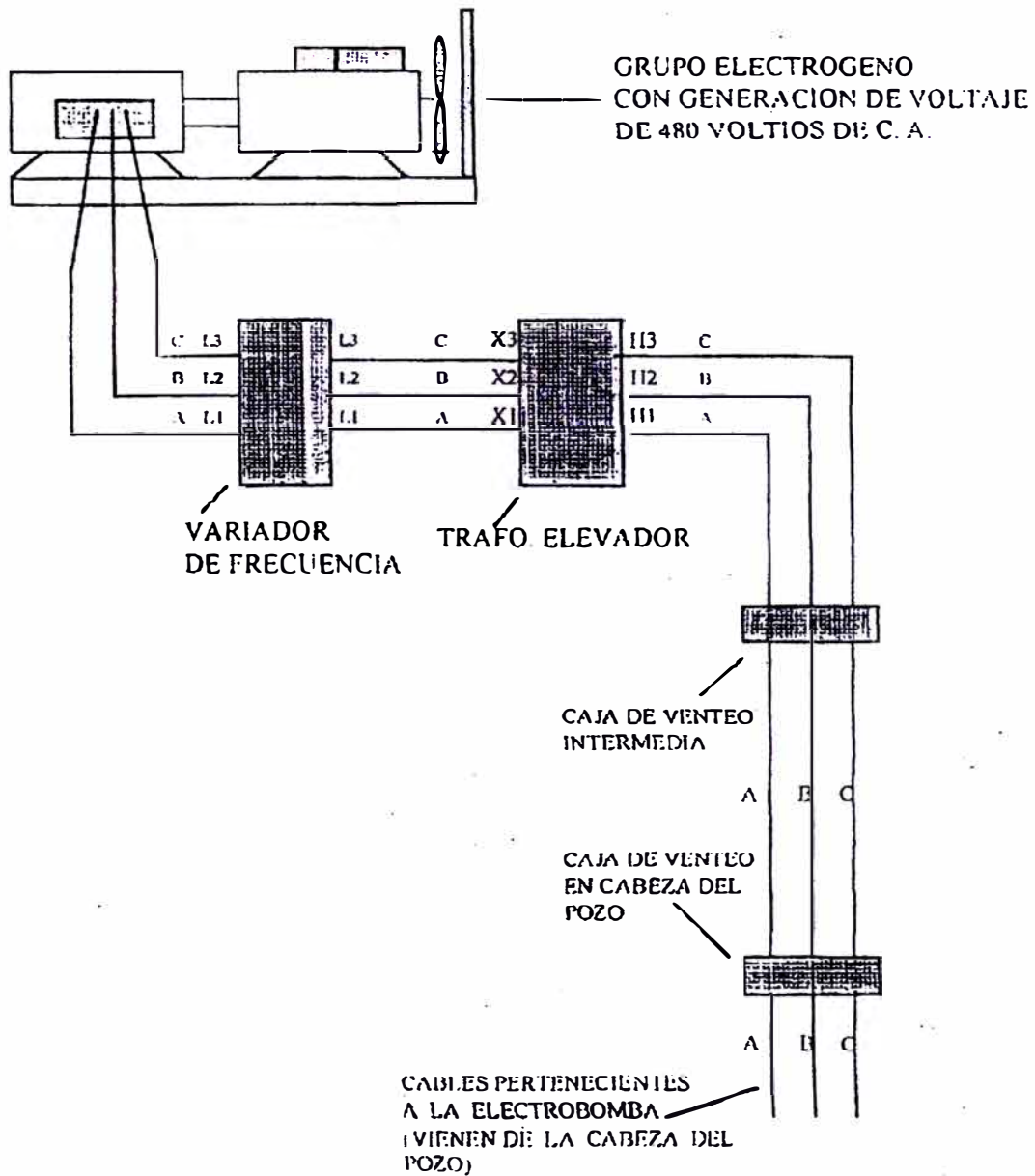
- **Bombeo Mecánico del fondo del pozo a la superficie**
- **Inyección Hidráulica con Crudo (Petróleo)**

- Inyección Hidráulica con Agua Salada
- Inyección de Gas a Alta Presión (Sistema de Inyección Gas Lift).

## **1.2. MODO DE OPERACIÓN ELECTROBOMBAS SUMERGIBLES**

Corriente y resistencia en equipo de superficie y de subsuelo asociado a electrobombas sumergibles instaladas en pozos del lote 1-AB (FÍGURA 1.4)

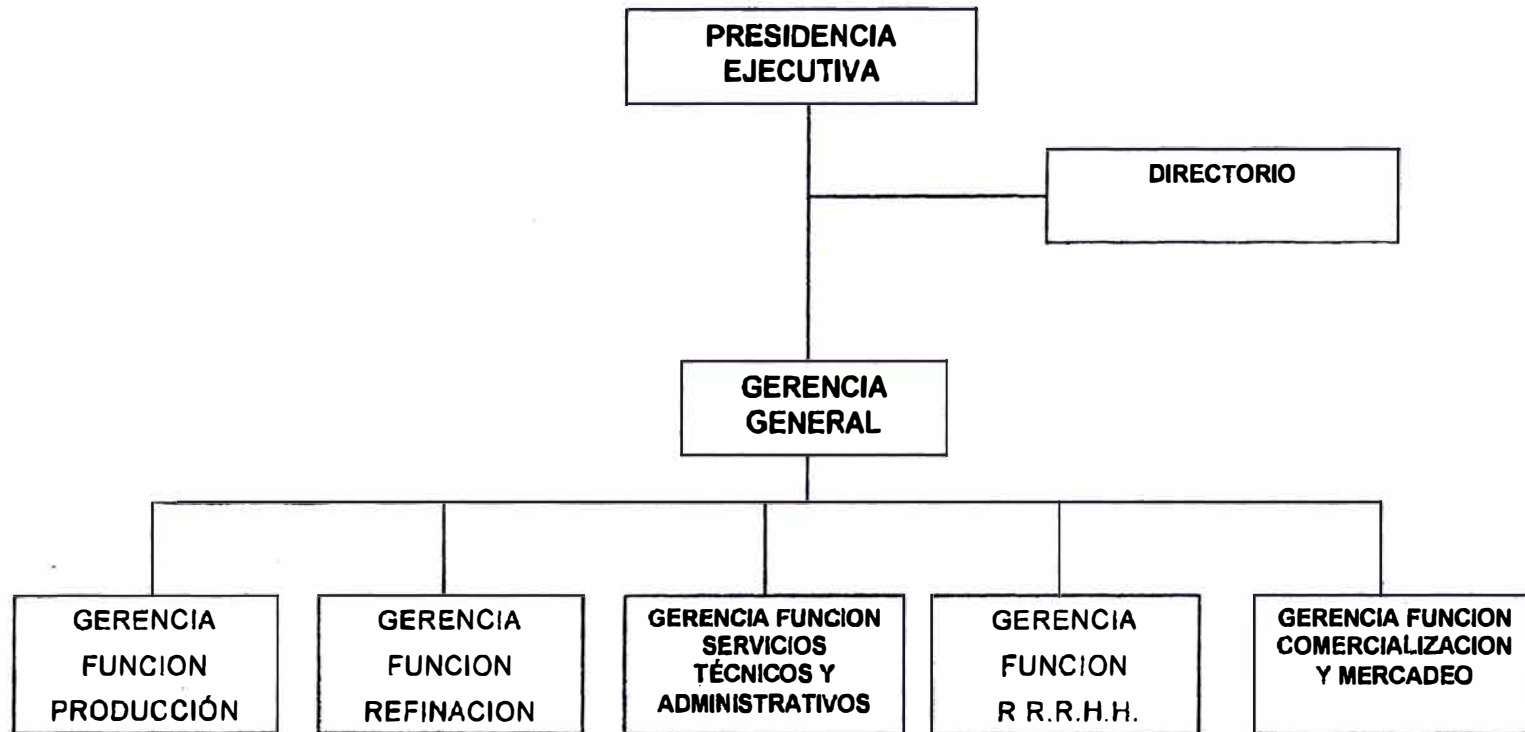
**FIGURA 1.4: CONFIGURACIÓN CON SUMINISTRO DE ENERGÍA DESDE GRUPO GENERADOR INDIVIDUAL CON VARIADOR DE FRECUENCIA (VSD)**



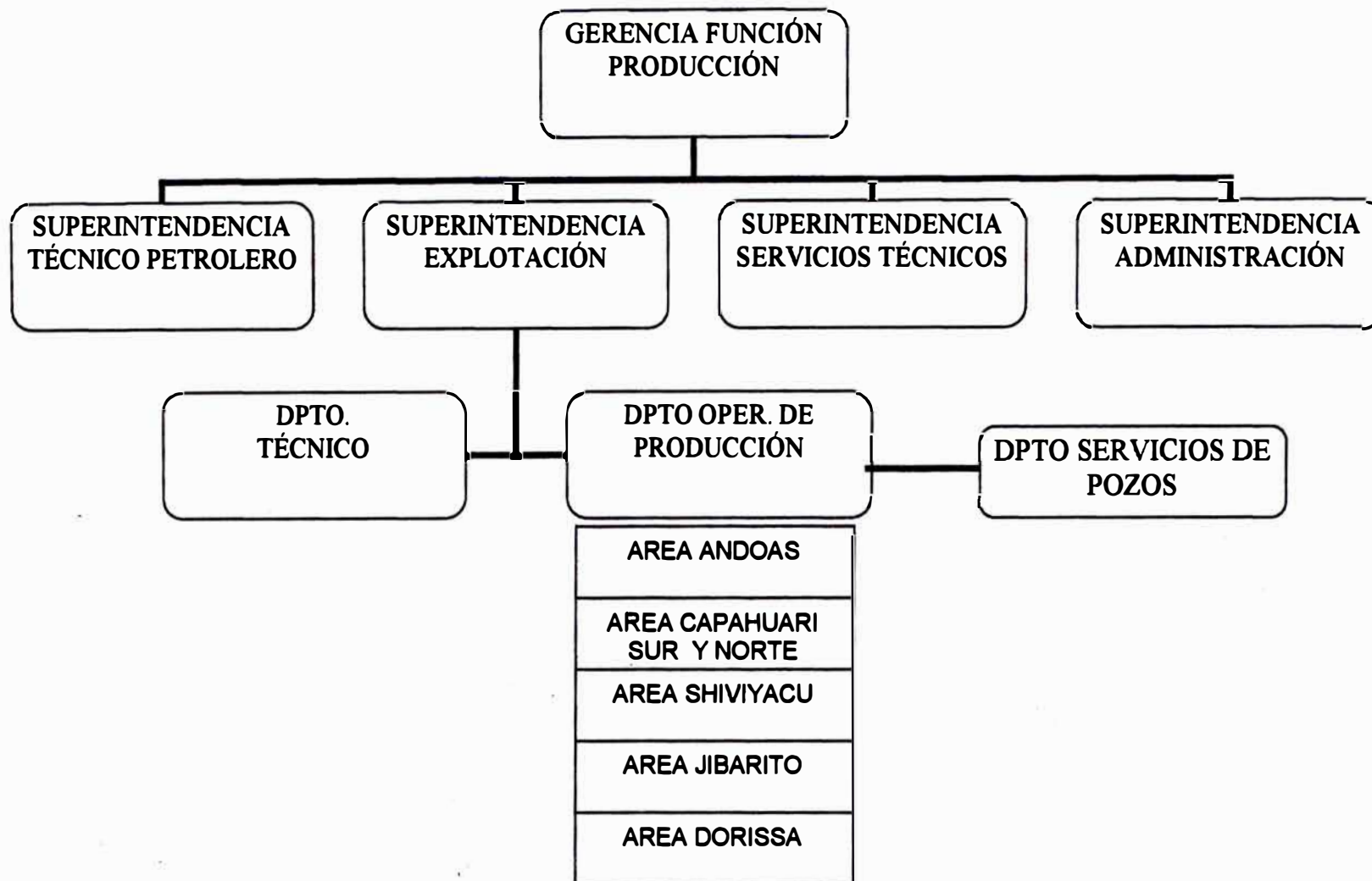
**1.3 ORGANIGRAMA GENERAL Y DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA**

**1.3.1 Organigrama General de la Empresa (FÍGURA 1.5)**

**1.3.2 Organigrama del Departamento de Producción de la Empresa (FÍGURA 1.6)**



**FÍGURA 1.5: ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA**



**FÍGURA 1.6: ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION DE LA EMPRESA**

## **CAPÍTULO II**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **2.1 ORIGEN DEL TRABAJO**

El trabajo se origina en el programa de Mantenimiento de Equipos Rotativos de la Empresa.

Etapas del Ciclo del Mantenimiento Industrial (FÍGURA 2.1):

**2.1.1 Fase del Monitoreo ó Inspección**

**2.1.2 Fase Analítica — Experta**

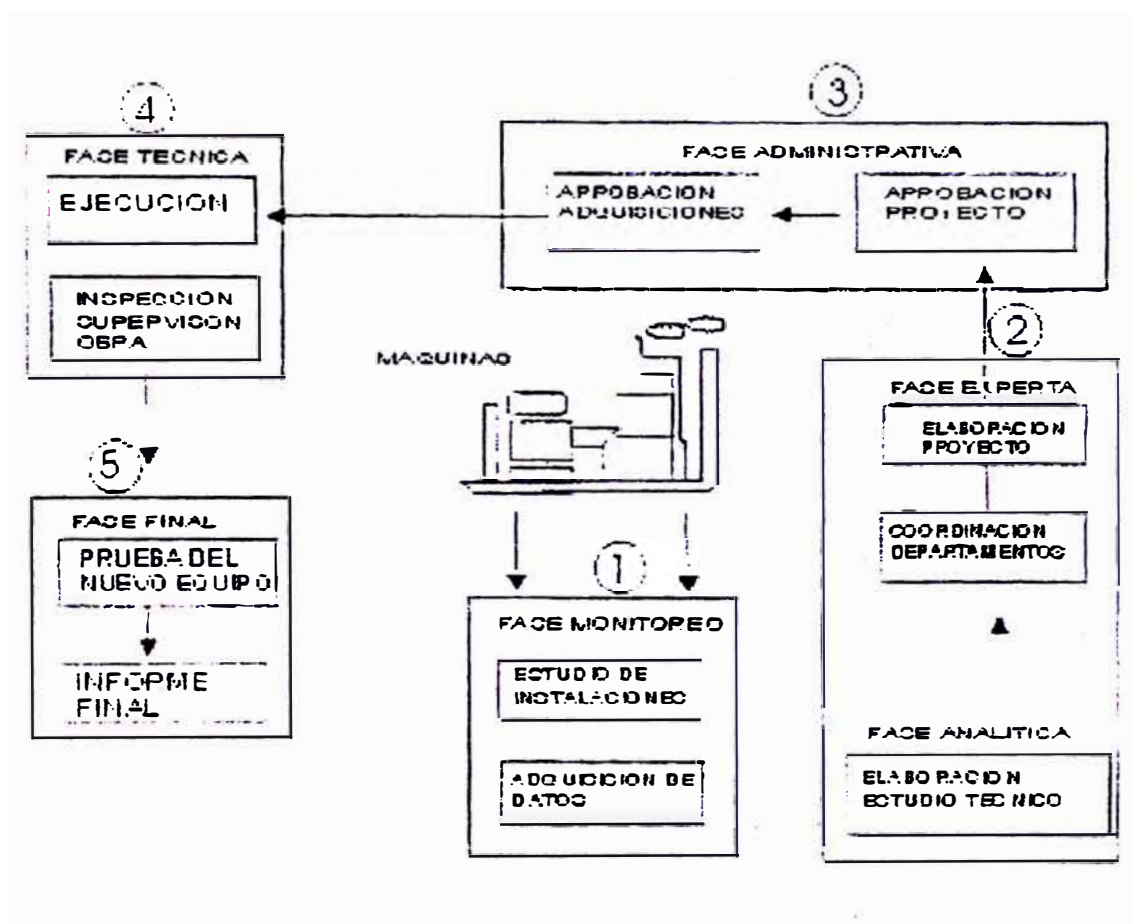
**2.1.3 Fase Administrativa.**

**2.1.4 Fase Técnica**

**2.1.5 Fase Final**



**FÍGURA 2.1: DIAGRAMA CICLO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**  
**EL CICLO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**



### 2.1.1 Fase del Monitoreo o Inspección.

El Departamento de producción emite su informe al de Mantenimiento, indicando las condiciones en que se encuentra alguna de las unidades Moto generadoras que alimentan las bombas del fondo del pozo, esto lo aprecian en conjunto con personal de Mantenimiento durante el recorrido diario que realizan por todas las instalaciones del Campo.

Puede ser un informe sobre la capacidad actual de los equipos que pierde potencia, que varía la velocidad, que presenta fugas de aceite o diesel ó alta vibración en algún punto de su estructura.

En coordinación con el Departamento de Producción, el Supervisor de Mantenimiento puede ordenar parar la Unidad para revisarlo con mayor detalle, para esto Producción debe coordinar para poner el Pozo conectado al Power Trailer (unidad de emergencia) si la reparación de la avería va a llevar tiempo y pueda afectar la producción.

Si no se para la unidad se emite un Informe al Departamento de Mantenimiento, el cual emite las recomendaciones de los trabajos a realizar (por ejemplo alto nivel de aceite en el cárter del motor)

### **2.1.2 Fase Analítica — Experta**

En esta etapa los resultados y datos del Reporte de Inspección son evaluados, si el estado de algún componente de la unidad es crítico se procede a la reparación inmediata antes que se paralice el Equipo y afecte el proceso productivo de la extracción de crudo.

Del resultado de la evaluación se programa una reparación o un cambio de componentes en una fecha que coincida con un Mantenimiento Programado de 500 horas 750 horas ó 1.500 horas (Mensual ó bimensual).

Así mismo el Técnico encargado del Laboratorio de Aceites Lubricantes, analiza la muestra que se ha retirada al motor del grupo electrógeno y emite un informe de lo encontrado con las Recomendaciones y los valores mínimos aceptables .de este modo el Supervisor de Mantenimiento tendrá conocimiento de las condiciones internas del motor.

En las Recomendaciones del Departamento de Mantenimiento del Lote 1AB, Base Andoas, se ha indicado que al realizar los Mantenimientos Programados se realice una Inspección minuciosa del Equipo, mucho mejor si el Pozo está conectado al Power trailer.

El Departamento de Mantenimiento indica los Materiales y Repuestos a utilizar en la reparación, tomando en cuenta su confiabilidad y disponibilidad en la Base, además gestiona su reposición de tal manera que no quede desabastecida de los repuestos más utilizados y necesarios.

### **2.1.3 Fase Administrativa**

Aquí se reúnen todas las Recomendaciones del Departamento de Producción y de Mantenimiento en donde se establecen los pedidos de material para realizar los Mantenimientos Programados en Reparaciones Mayores.

Luego de reunir toda la información se emite la Orden de Trabajo de Mantenimiento, donde se indica claramente cual es el trabajo a realizar y que repuestos se van a utilizar.

Si el trabajo demanda un Servicio Técnico Especializado, éste trabajo se saca a Concurso en cualquiera de las modalidades con que trabaja la empresa, en todo caso Mantenimiento de Campo coordina con taller de Over Haul para ver si tienen el repuesto necesario o si se puede preparar en el torno, de tal manera que si no hay repuesto disponible se posterga la parada del equipo hasta tener el repuesto en el área siempre y cuando no se ponga

en riesgo la unidad, porque de seguir trabajando con estas deficiencias puede ocurrir una falla catastrófica por ejemplo:

Caso 1: Calentamiento de rodaje en la tapa de un generador pozo N° 10.

Caso 2: Pase de combustible al carter de aceite, pozo N° 9.

#### **2.1.4 Fase Técnica:**

Una vez determinada la Marca, Modelo y característica de los repuestos y materiales a utilizar en la reparación de los equipos, se realiza la reparación ya programada.

Esta se inicia con la entrega de la Orden de Trabajo al Supervisor de Área a cargo de la labor y este coordina con el Departamento de Producción y se procede a la ejecución, primero se verifica si hay Power Trailer que reemplace a la unidad que se va a intervenir.

Terminado el trabajo se realiza un Reporte de Reparación.

Se tomará en cuenta también que mientras se realicen los trabajos en la Unidad, la línea de producción involucrada va a quedar fuera de servicio, en algunos casos va a bajar la producción por lo que debe realizarse en el menor tiempo posible y no perjudique económicamente a la empresa.

#### **2.1.5 Fase Final.**

Se prueban los equipos sometidos a reparación y se corrige cualquier observación bajo la inspección del Departamento de Producción. En caso de

generadores la prueba final se realiza con Probador de Carga Resistiva antes de conectarlo al pozo, se realiza prueba con Carga Súbita y luego con Carga Completa realizando todas las variaciones en la parte del generador, de acuerdo a la demanda de la bomba instalada en el fondo del pozo.

Asimismo todos los instrumentos deben quedar operativos, probados y calibrados.

Se realiza la entrega formal del equipo reparado al Departamento de Producción del Área y se deja el Motogenerador en línea una vez que ha arrancado la Bomba electro Sumergible del fondo del pozo.

El Departamento de Mantenimiento emite un Informe Final detallando todos los trabajos realizados, las modificaciones que se hicieron en el campo (si las hubiera), los Trabajos Adicionales, Observaciones, Conclusiones y Recomendaciones.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **3.1. RELACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS MOTOGENERADORES COMPRENDIDOS EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO (TABLA 3.1)**

RELACION DE EQUIPOS COMPRENDDOS EN IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
DE MOTOGENERADORES CATERPILLAR DEL LOTE 1AB

Item	Código Corporativo	Código Antiguo	Modelo	Nro de Serie	Arreglo	RPM	Tipo de Inyección	Ubicación	Código Equipo Acoplado
1	MOD-3408-020	ME003-20	3408	67U09189				Jiblo-Pta-Bom Crudo Liviano N1	PCAF200-04
2	MOD-3408-021	ME003-21	3408	67U09310		1800	PC	Huayuri-Panta-Bomba Booster N1	PCBI220-03
3	MOD-3408-023	ME003-23	3408	67U09398		1800	P.C.T.A.	Huayuri-Panta-Bomba Booster N2	PCBI190-01
4	MOD-3408-024	ME003-24	3408	67U09400	8N9727		PC	Forestal - Generador Planta N1	GCT26003
5	MOD-3408-025	ME003-25	3408	67U09401	8N9727	1800	P.C.T.A.	Tambo - Pozo N 04 tipo ESP	GKT25016
6	MOD-3408-026	ME003-28	3408	78Z05739	4W-9125	1800	D.I.T.A.	Dorissa - Pozo N 07 tipo ESP	GKT40011
7	MOD-3408-027	ME003-27	3408	78Z05740	4W-9125	1800	D.I.T.A.	Huayuri-Pta-Bombas Shipping N4	PSDE100-11
8	MCD-3408-028	ME003-28	3408	78Z05741	4W-9125	1800	D.I.T.A.	Shivyacu - Pozo N 04 tipo ESP	GKT25014
9	MOD-3408-112	ME003-12B	3408	87U03441	8N3909	1800	P.C.T.A.	Cap. Norte -Pta-Gen. Pla. N2	GCT44010
10	MOD-3408-113	ME003-13B	3408	67U03482	8N3909	1800	P.C.T.A.	Topping P - Pta de Generacion	GKT25010
11	MOD-3408-124	ME003-24B	3408	67U09400-B	6N9727	1800	PC	Carmen - Pozo N 01 tipo ESP	GKT25013
12	MOD-3412-401	ME004-01	3412	38S00866	6N3757	1800	P.C.T.A.	Forestal-Pta-Bomba Shipping N2	PSDE100-4
13	MOD-3412-404	ME004-04B	3412	38S02571	6N1158	1800	P.C.T.A.	Sn Jacint-Pta-Bomb Shipping N1	PSDE100-01
14	MOD-3412-408	ME004-08	3412	38S03651	6N3757	1800	P.C.T.A.	Shiv-Area B-Bomba Shipping N1	PSDE100-05
15	MOD-3412-411	ME004-11	3412	38S04507	6N3757	1800	P.C.T.A.	Forestal-Pta-Bomba Shipping N1	PSDE100-13
16	MOD-3412-418	ME004-18	3412	38S04687	6N3757	1800	D.I.T.A. PENCIL	Shiv-Area B-Bomba Shipping N2	PSDE100-08
17	MOD-3412-424	ME004-24C	3412	38S07687C	7N7708	1800	D.I.T.A.	Dorissa - Pozo N 15 tipo ESP	GCT44031 (500KW)
18	MOD-3412-425	ME004-25	3412	38S07753	2W7900	1800	D.I.T.A.	Shiv-Area B-Bomba Shipping N4	PSDE100-09
19	MOD-3412-428	ME004-28	3412	38S07834	7N7708	1800	P.C.T.A.	Barra - Planta de Produccion	PSDE100-03
20	MOD-3412-427	ME004-27	3412	38S07843	7N7708	1800	P.C.T.A.	Dorissa -Pta-Bomba Shipping N3	PSDE100-04
21	MOD-3412-428	ME004-28	3412	38S08442	7N7708	1800	P.C.T.A.	Jibarito-Pta-Bomba Shipping N2	PSDE100-16
22	MOD-3412-433	ME004-33	3412	38S09790	7N7708	1800	P.C.T.A.	Dorissa - Pla- Generador Pta N3	GKT40018
23	MOD-3412-435	ME004-35	3412	38S10792	1W2328	1800	P.C.T.A.	Cap. Norte - Pozo N13 tipo ESP	GCT44015

Item	Código Corporativo	Código Antiguo	Modelo	Nro de Serie	Arreglo	RPM	Tipo de Inyección	Ubicación	Código Equipo Acoplado
24	MOD-3412-450	ME004-50	3412	38S03347	7N7708	1800	P C T A.	Carmen - Pozo N° 01 tipo ESP	GKT54023
25	MOD-3412-502	ME005-02	3412	81Z03881	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Huayun - Pozo N° 01 tipo ESP	GCT54012
26	MOD-3412-503	ME005-03	3412	81Z04213	1W9599	1800	D.I.T.A. CAPSULE	Jibarito-Pta-Bomba Shipping N°3	PSDE100-17
27	MOD-3412-504	ME005-04	3412	81Z04228	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Sn Jacinto - Pozo N°12 tipo ESP	GKT54010
28	MOD-3412-506	ME005-08	3412	81Z04325	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Huayun-Pta-Bombas Shipping N°5	PSDE100-12
29	MOD-3412-507	ME005-07	3412	81Z04342	1W9599		D.I.T.A. PENCIL	Dorissa - Pozo N° 05 tipo ESP	GKT54017
30	MOD-3412-509	ME005-09	3412	81Z04588	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Sn Jacinto-Pta-Gen. Pta. CAT N°1	GKT40033
31	MOD-3412-510	ME005-10	3412	81Z04588	1W9599	1800	D.I.T.A. CAPSULE	Sn Jacinto - Pozo N°13 tipo ESP	GCT54007
32	MOD-3412-511	ME005-11	3412	81Z04589	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Sn Jacinto - Pozo N°16 tipo ESP	GCT44028
33	MOD-3412-512	ME005-12	3412	81Z04593	1W9599	1920	D.I.T.A. PENCIL	Jibarito-Pta-Bomba Shipping N°4	PSDE100-18
34	MOD-3412-513	ME005-13	3412	81Z04595	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Cap. Norte-Pozo N°1001 tipo ESP	GKT54025
35	MOD-3412-515	ME005-15	3412	81Z04597	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Shivyacu - Pozo N° 24 tipo ESP	GCT54033
36	MOD-3412-518	ME005-18	3412	81Z04599	1W9599	1800	D.I.T.A. CAPSULE	CN-Pozo N°07-Equipo de Superf B	GCT54024
37	MOD-3412-518	ME005-18B	3412	81Z04601	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Huayun - Pozo N° 06 tipo ESP	GCT54010
38	MOD-3412-519	ME005-19	3412	81Z04602	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Carmen - Pozo #1502 tipo ESP	GCT54026
39	MOD-3412-520	ME005-20	3412	81Z04604	1W9599	1800	P C T A.	Huayun-Pta-Bomba Booster N°4	PSIM100-01
40	MOD-3412-521	ME005-21	3412	81Z04605	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Carmen - Pozo N° 05 tipo ESP	GKT54056
41	MOD-3412-522	ME005-22	3412	81Z04606	1W9599	1800	DI	Huayun - Pozo N° 07 tipo ESP	GCT54017
42	MOD-3412-523	ME005-23B	3412	81Z04607	1W9599	1800	D.I.T.A. PENCIL	Jibarito-Pta-Bomba Shipping N°4	PSDE100-19
43	MOD-3412-524	ME005-24	3412	81Z04608	1W9599	1800	D.I.T.A. CAPSULE	Sn Jacinto - Pozo N°05 tipo ESP	GCT54018
44	MOD-3412-525	ME005-25	3412	81Z04809	1W9599	1800	D.I.T.A. CAPSULE	Shivyacu - Pozo N° 23 tipo ESP	GCT54020
45	MOD-3412-526	ME005-26	3412	81Z05578	1W9608	1800	D.I.T.A. PENCIL	Cap. Norte - Pozo N°06 tipo ESP	GCT54017
46	MOD-3412-527	ME005-27	3412	81Z05580	1W9608	1857	D.I.T.A. PENCIL	Cap. Norte - Pozo N°11 tipo ESP	GCT44025
47	MOD-3412-528	ME005-28	3412	81Z05590	1W9608	1800	D.I.T.A. PENCIL	Jibito-Pozos de Produccion Petroleo	GKT54003

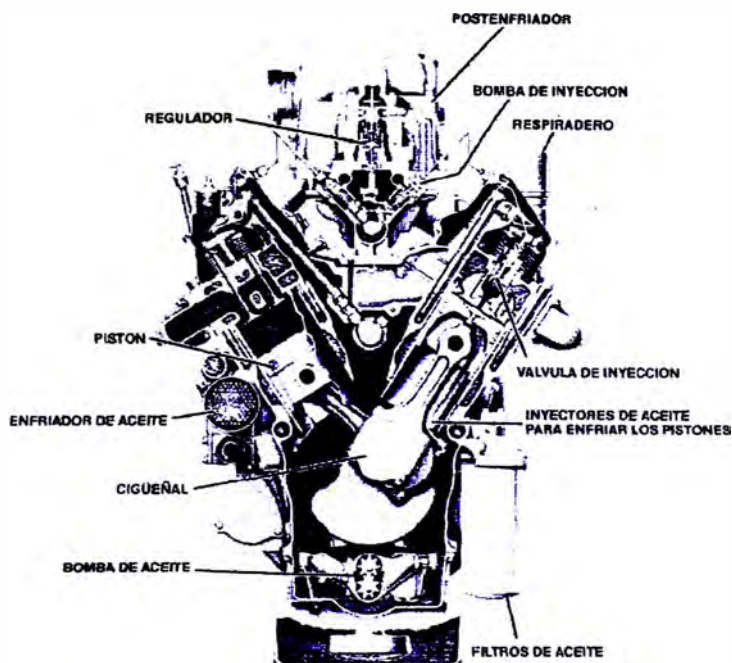
**TABLA 3.1: RELACIÓN DE EQUIPOS COMPRENDIDOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE MOTOGENERADORES CATERPILLAR DEL LOTE 1 AB**



## 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MOTOR GENERADOR

### 3.2.1 Operaciones de los Sistemas

De los Motores Diesel en el Programa de Mantenimiento, para muchos el principio de funcionamiento de los componentes del motor diesel puede que no sea nuevo; sin embargo, las características especiales de esos motores requieren que el Operador y Personal de Conservación se familiaricen con los sistemas, a fin de proporcionar al motor el mejor cuidado posible. El servicio máximo del motor depende grandemente de un buen programa de conservación realizado por personal bien adiestrado y con perfecto conocimiento de los sistemas. En la FÍGURA 3.1 se puede apreciar el corte transversal de un Motor mostrando sus partes principales.



**FÍGURA 3.1 : CORTE TRANSVERSAL DE UN MOTOR MOSTRANDO SUS PARTES PRINCIPALES**

### **3.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES CATERPILLAR DEL PRESENTE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Para lograr versatilidad y poder satisfacer diversas aplicaciones y requisitos de emisiones, estos motores se ofrecen con inyección directa (DI) o con cámara de precombustión (PC). Adjunto a la caja de la bomba de inyección está la identificación del sistema de combustión de que se trata.

Las bombas de inyección individuales, una para cada cilindro, dosifican y bombean el combustible bajo alta presión hasta una válvula de inyección, también una por cada cilindro. Un dispositivo automático de sincronización variable adelanta o retrasa la inyección de combustible 'y está regulado por la velocidad del motor. Cuando más rápido gire el motor, tanto más pronto tendrá que ocurrir la inyección antes de ocurrir el tiempo del punto superior del pistón en la carrera de compresión.

Un regulador hidromecánico controla la descarga de la bomba de inyección de combustible, para mantener la velocidad del motor seleccionada por el operador.

El control de relación de aire a combustible en el regulador es un dispositivo que restringe el movimiento de la cremallera para el combustible, permitiendo que se inyecte en los cilindros sólo cierta cantidad de combustible durante la aceleración, para reducir al mínimo el humo del escape.

El aire de entrada, purificado por un filtro de aire, se comprime mediante un turboalimentador antes de penetrar en los cilindros del motor. El turboalimentador es accionado por el escape del motor.

Existen cuatro válvulas en la culata (dos de admisión y dos de escape) por cada cilindro. El eje de levas, engranado y sincronizado con el cigüeñal actúa los balancines y válvulas por medio de levantadores y vástagos de empuje. Los engranajes de sincronización están situados al frente del motor.

El refrigerante circula por todo el motor por acción de una bomba de agua movida por engranajes. Esa bomba hace que el refrigerante primero se dirija al enfriador del aceite, después al bloque del motor y a la culata. Un regulador de la temperatura del tipo de pleno flujo en una caja al frente de cada bancada de cilindros proporciona un rápido calentamiento del motor, y permite la circulación libre del refrigerante después que se alcanza la temperatura normal de operación del motor.

La lubricación para el motor la suministra una bomba del tipo de engranajes. Esa bomba proporciona lubricación completa bajo presión a todas las piezas internas y externas del motor.

El aceite lubricante es enfriado y filtrado. Válvulas de desviación proporcionan un flujo libre del aceite lubricante a las piezas del motor cuando la viscosidad de ese aceite es alta, aunque el enfriador de aceite o los elementos de los filtros de aire llegaran a obstruirse.

Se halla disponible arranque directo eléctrico (de 24 o 32 voltios) y arranque por aire. A continuación mostramos en la TABLA 3.2 las Especificaciones Generales de Motores CAT modelos 3408 y 3412.

(Ref. : Manual del Fabricante Motores CAT 3408-3412 / Caterpillar).

**TABLA 3.2: ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS MOTORES MODELOS 3408 Y 3412**

	<b>3408</b>	<b>3412</b>
Configuración	V8	V12
Diámetro Int. Cilindros	137 mm(5,4 pulg)	137 mm (5,4 pulg)
Carrera	152 mm (6 pulg)	152 mm (6 pulg)
Orden de encendido	1,8,4,3,6,5,7,2	1,4,9,8,5,2,11, 10,3,6,7,12
Cilindrada	18,0 litros (1099 pulg <sup>3</sup> )	27,0 litros (1649 pulg <sup>3</sup> )
Peso (Neto seco-aprox.)	1430 kg (3150 lb)	1860 kg (4100 lb)
Capacidad lubricación del Cárter	45,5 litros (12 galones)	68 litros (18 galones)
Rotación del Motor (Visto desde el volante)	Hacia la izq.	Hacia la izq.
Hp indicados y RPM – Estampados en la placa informativa.		

**Nota:** Las especificaciones estaban al día en el momento de hacer esta impresión. Sin embargo, debido a la continua realización de pruebas y mejoras, es posible que las especificaciones varíen sin previo aviso.

### **3.3.1 Sistema de Enfriamiento**

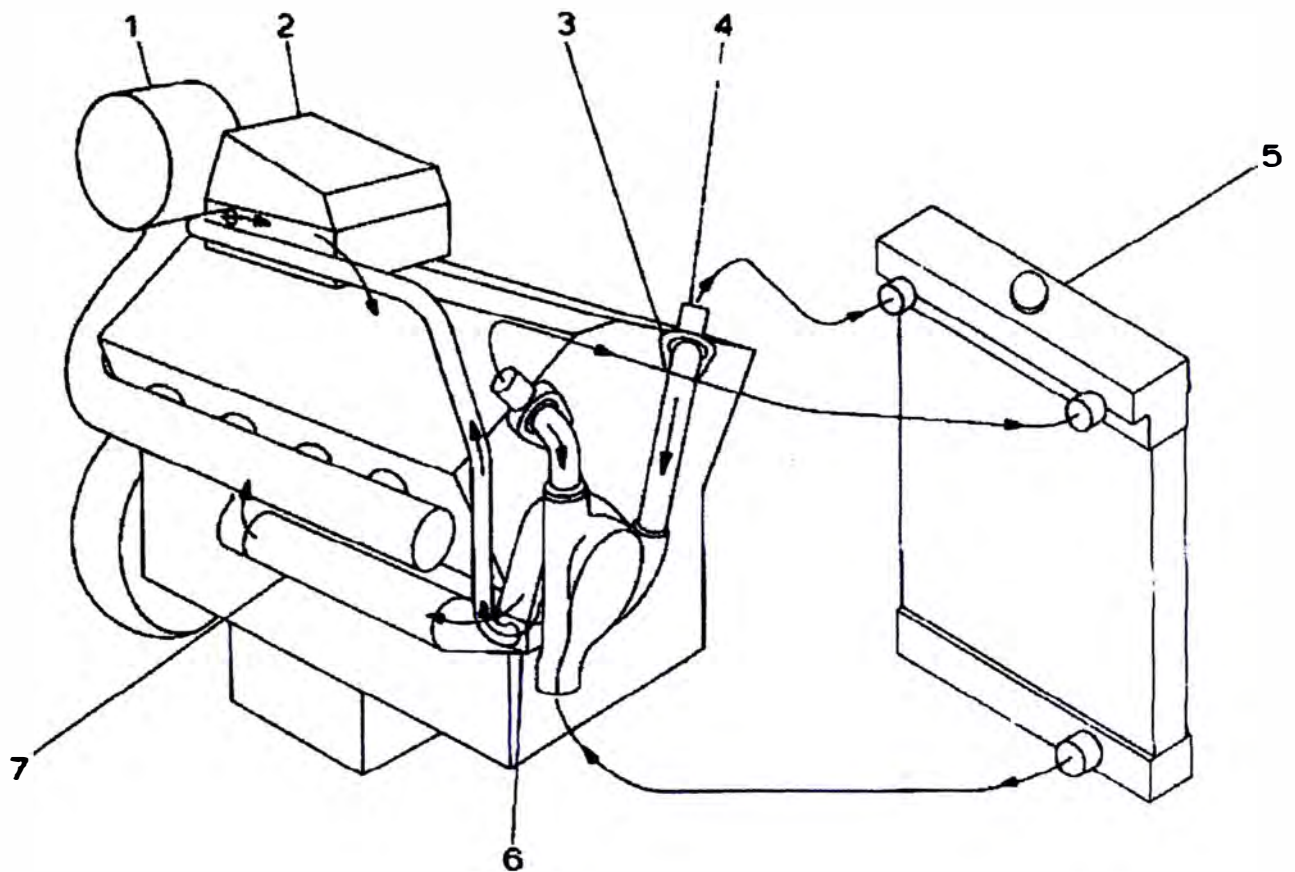
En los Motores Industriales 3408 y 3412 se usan dos sistemas básicos de enfriamiento: por radiador y ventilador e intercambiador de calor con bomba de agua. Para que circule el refrigerante del motor (el agua pasa por las camisas de los cilindros) en cada sistema se usa una bomba centrífuga de agua. En cada sistema también se usan reguladores de la temperatura del

agua para mantener temperaturas normales de operación. En las ilustraciones se muestran sistemas de enfriamiento típicos de los motores.

### **Enfriamiento por Radiador y Ventilador (FIGURA 3.2)**

El refrigerante del motor es absorbido desde la parte inferior del radiador por una bomba accionada por engranajes. El flujo del refrigerante se divide en la salida de la bomba, con aproximadamente el 75% del flujo dirigido hacia el enfriador de aceite, y el resto hacia un tubo paralelo de desviación, o hacia el postenfriador, si el motor está equipado con uno. Desde el enfriador de aceite y postenfriador, el refrigerante se dirige al bloque del motor, en donde circula alrededor de las camisas de los cilindros, por el interior de las culatas del motor y por los reguladores de la temperatura del agua.

Cada culata del motor tiene un regulador de la temperatura de pleno flujo. Hasta que el refrigerante llegue a la temperatura requerida para que se abra el regulador de la temperatura, el refrigerante es desviado del radiador y fluye directamente de regreso a la bomba. Cuando el refrigerante alcanza la temperatura requerida para abrir el regulador, el refrigerante entonces es dirigido a través del radiador donde es enfriado por aire.



**SISTEMA DE RADIADOR Y VENTILADOR**

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. TURBOALIMENTADOR                                   | 5. RADIADOR                        |
| 2. POSTENFRIADOR                                      | 6. BOMBA DEL AGUA PARA LAS CAMISAS |
| 3. REGULADOR DE LA TEMPERATURA DEL AGUA (AMBOS LADOS) | 7. ENFRIADOR DEL ACEITE            |
| 4. CONEXION DE LA SALIDA DEL AGUA DE LAS CAMISAS      |                                    |

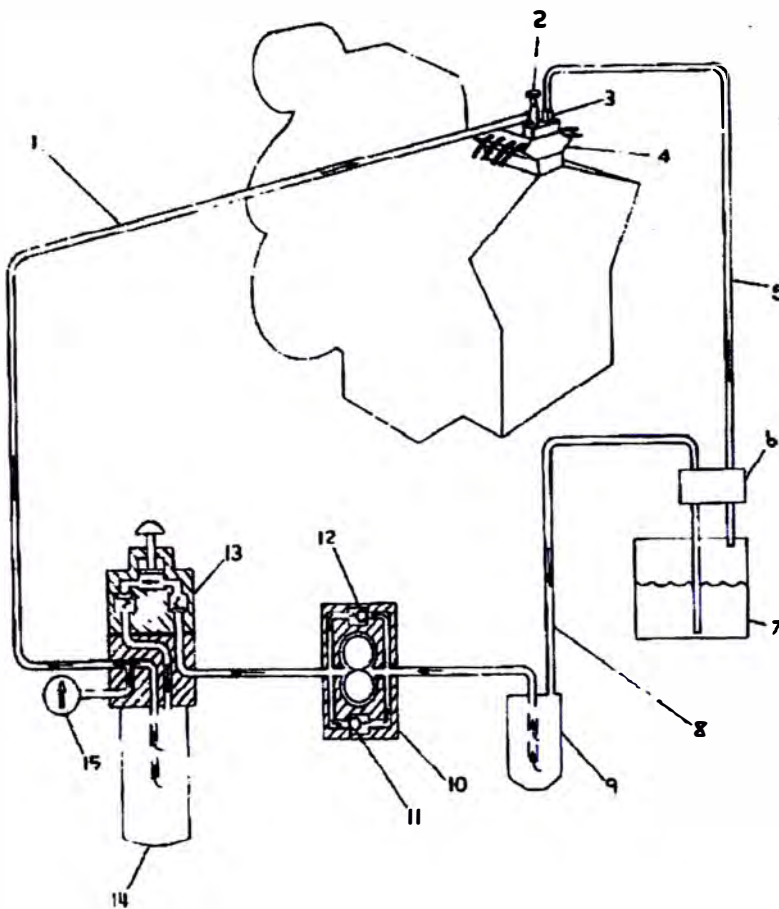
**FÍGURA 3.2 : SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR RADIADOR Y VENTILADOR**

**3.3.2 Sistema de Combustible (FIGURA 3.3.)**

El sistema de combustible consiste de la bomba de transferencia, filtro de combustible, bombas de inyección, líneas y boquillas inyectoras, líneas de retorno del combustible y regulador.

La bomba de transferencia del combustible es accionada por engranajes desde el eje de levas de la bomba de inyección de combustible. La bomba de transferencia absorbe el combustible del tanque de suministro a través del bloque de confluencia y filtro primario, y entonces lo descarga hasta un filtro, y a un múltiple en la caja de la bomba de inyección de combustible; de aquí pasa a las bombas de inyección individuales. Una línea de retorno que va desde el múltiple de combustible de la bomba hasta el tanque proporciona una desviación continua del combustible.

En la base del filtro de combustible hay montada una bomba de cebado, para inyectar presión en el sistema de combustible y sacarle el aire después de remover el filtro, o siempre que entre aire en el sistema. El aire se saca aflojando las tuercas de las líneas de combustible, una a un tiempo, y haciendo funcionar la bomba hasta que de las líneas salga una corriente de combustible sin burbujas.



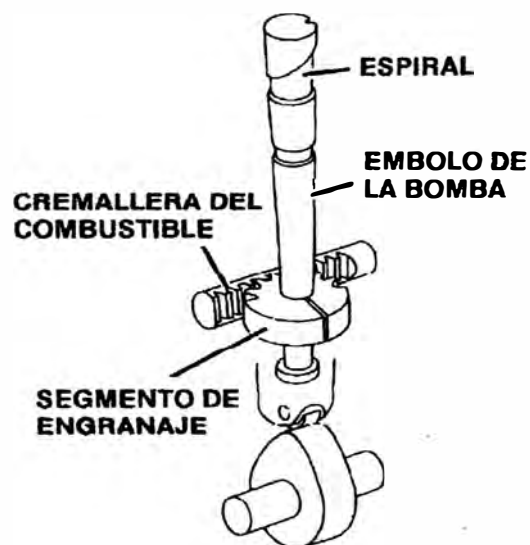
1. ENTRADA DEL COMBUSTIBLE
2. VALVULA REGULADORA
3. ORIFICIO DE RETORNO DEL COMBUSTIBLE
4. BOMBA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE
5. RETORNO DEL COMBUSTIBLE
6. BLOQUE DE CONFLUENCIA
7. TANQUE DE COMBUSTIBLE
8. LINEA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE
9. FILTRO PRIMARIO DE COMBUSTIBLE
10. BOMBA DE TRANSFERENCIA DEL COMBUSTIBLE
11. VALVULA DE ALIVIO PARA LA PRESION
12. VALVULA DE DESVIO PARA EL CEBADO
13. BOMBA DE CEBADO
14. FILTRO FINAL DE COMBUSTIBLE
15. MANOMETRO DEL COMBUSTIBLE

**FÍGURA 3.3** Funcionamiento de la Bomba de Inyección de Combustible

El combustible entra en la caja de la bomba de inyección de combustible desde el filtro, a través de una línea externa, y entra en la bomba de inyección por la lumbrera de entrada. Los émbolos y levantadores de la bomba de inyección son levantados por los lóbulos en el propio eje de levas de la bomba, y siempre ejecutan una carrera completa. Los levantadores permanecen firmes contra el eje mediante resortes. Cada bomba dosifica la cantidad de combustible que se ha de inyectar en su respectivo cilindro y lo lleva hasta la boquilla inyectora.



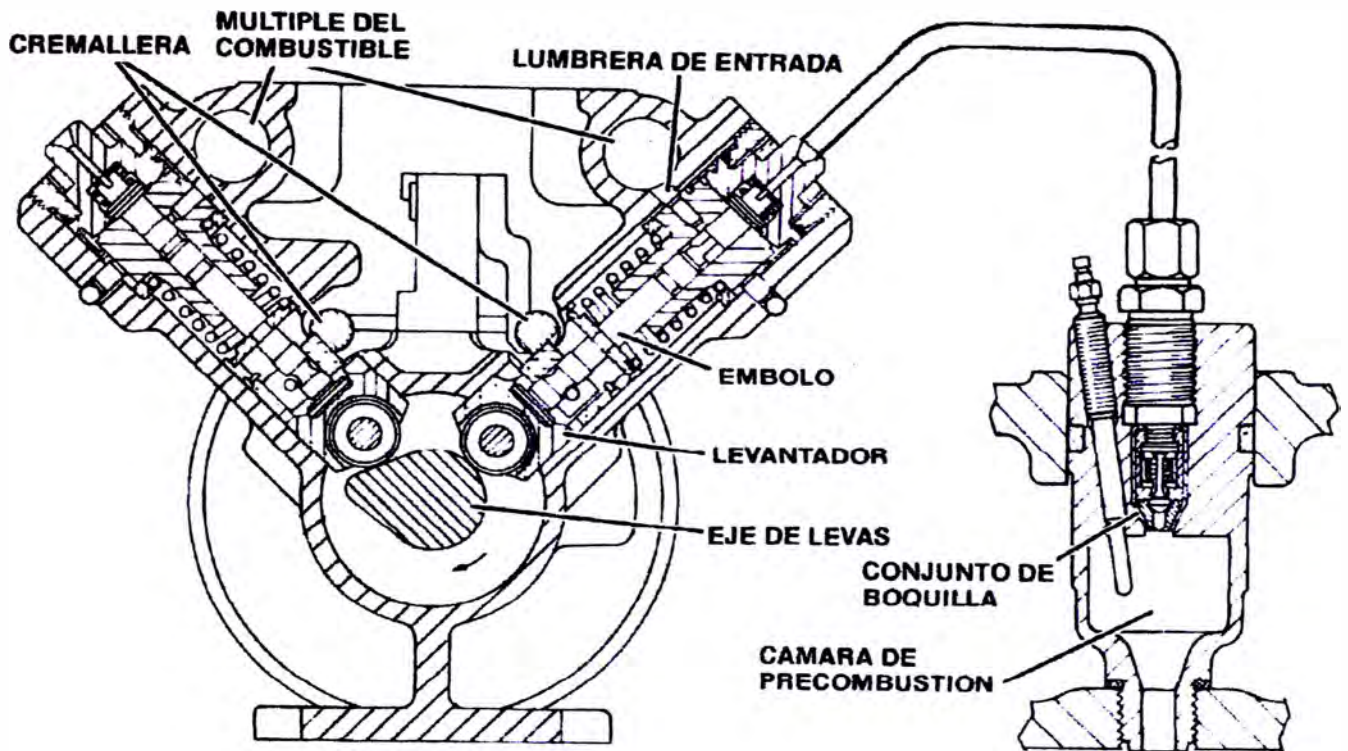
La cantidad de combustible que se bombea por cada carrera de cilindro puede variarse girando el émbolo en el cilindro. El émbolo es girado por la acción del regulador por medio de la cremallera deslizante y el segmento de engranaje. La cremallera hace girar el segmento de engranaje en la parte inferior del émbolo de la bomba. La posición de la espiral en el émbolo determina la cantidad de combustible que se inyecta en el cilindro. (Ver FÍGURA 3.4)



**FÍGURA 3.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

### **3.3.2.1. Sistema de Inyección Indirecta o por Cámara de Precombustión**

El combustible, a alta presión, proveniente de las bombas de inyección es transferido por las líneas de inyección hasta las válvulas de inyección. Tan pronto como el combustible a alta presión entra en el conjunto de las boquillas, la válvula de retención dentro de las mismas se abre y deja que el combustible se rocié en el interior de la cámara de precombustión, en donde se mezcla con el aire comprimido. (Ver FÍGURA 3.5)



**FIGURA 3.5: SISTEMA DE INYECCIÓN INDIRECTA O POR PRECÁMARA DE PRECOMBUSTIÓN ( PC)**

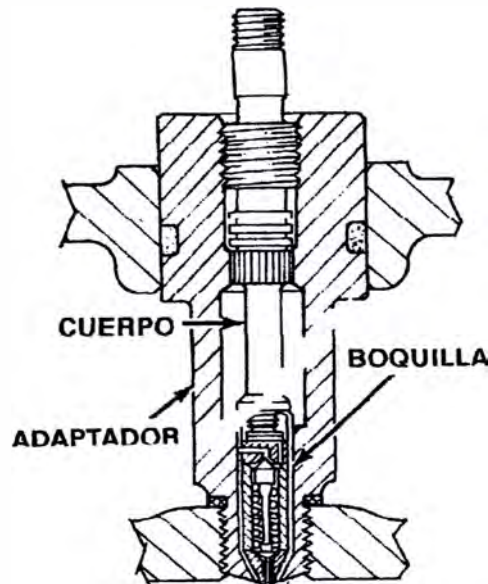
La cámara de precombustión sirve varias finalidades proporciona una cámara efectiva para mezclar el combustible y aire antes que entren en el cilindro para la combustión final, permitiendo que se pueda usar una variedad más amplia de combustibles. También permite que se puedan usar boquillas de reemplazo más fácil, y posibilita el uso de bujías incandescentes para ayudar a mover el motor en tiempo frío.

Esos motores pueden arrancarse en temperaturas bajas mediante las bujías incandescentes, las cuales proporcionan calor para el encendido inicial del combustible en la cámara de precombustión.

El conjunto de boquilla, el cual no requiere ajuste, puede removerse y reemplazarse por uno nuevo de manera rápida y económica.

### 3.3.2.2 Sistema de Inyección Directa (DI)

El combustible es dirigido a las válvulas de inyección desde la bomba de transferencia, y por las bombas de inyección y válvulas de inyección de forma muy similar a como se describió anteriormente para los motores con cámara de precombustión. Un adaptador de inyección directa hace las veces de la cámara de precombustión. La punta de la boquilla se proyecta desde la culata directamente hacia el interior del cilindro. Por pequeños orificios se rocía directamente en el interior del cilindro combustible atomizado. La comprobación de las boquillas y su reemplazo se hace de manera muy similar al del sistema de inyección por cámara de precombustión. (Ver FÍGURA 3.6).



CONJUNTO DE LA VALVULA  
DE INYECCION DIRECTA

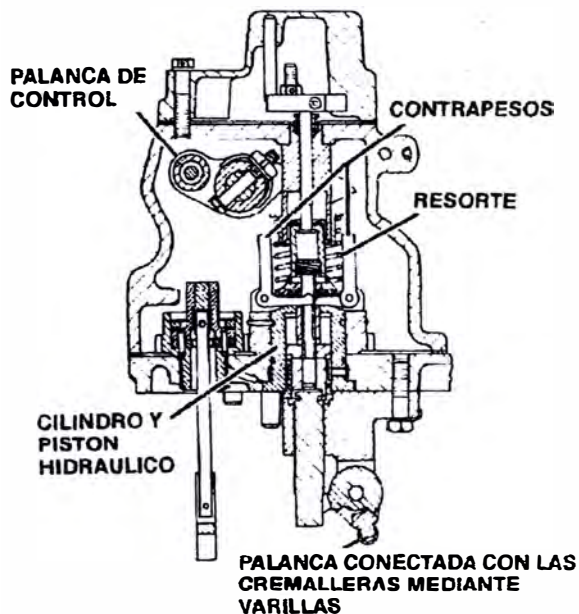
FÍGURA 3.6: SISTEMA DE INYECCION DIRECTA (DI)

### Funcionamiento del Regulador

El Regulador Hidromecánico de rango completo (FÍGURA 3.7) trabaja en todas las velocidades del motor. Ese regulador compensa automáticamente las cargas que ocurren, y elimina la necesidad de corrección continua para mantener una velocidad constante.

El Regulador Hidromecánico permite usar contrapesos para una rápida respuesta del motor.

El aceite lubricante a presión, dirigido por los conductos en la caja de la bomba de inyección de combustible, entra por un conducto en el cilindro del regulador. El aceite circunda un manguito dentro del cilindro. Después es dirigido por un conducto en el pistón, donde se pone en contacto con la válvula



**FÍGURA 3.7: CORTE TRANSVERSAL DE HIDROMECÁNICO**

Cuando el motor funciona, el equilibrio entre la fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación y la fuerza de la palanca de control en el resorte comprimido controlan el movimiento de una válvula e, indirectamente, la cremallera para el combustible (Ver FÍGURA 3.8). La válvula hace dirigir aceite a presión a cada lado de un pistón que mueve la cremallera. Según sea la posición de la válvula, la cremallera se mueve para aumentar o disminuir la cantidad de combustible que va al motor, para compensar las variaciones de carga en el motor.

### **PALANCA CONECTADA CON LAS CREMALLERAS MEDIANTE VARILLAS**

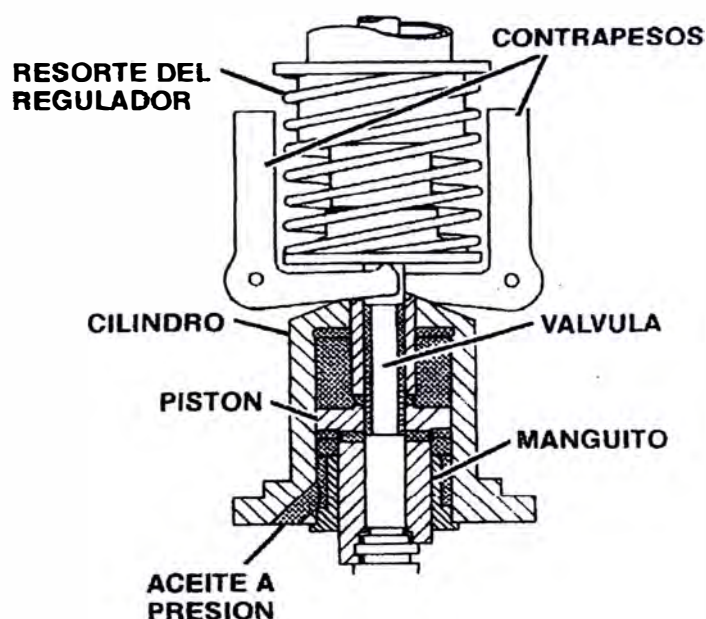
Cuando la carga en el motor aumenta, los contrapesos en rotación disminuyen su velocidad, entonces los pesos se mueven hacia adentro y permiten que el resorte del regulador mueva la válvula hacia adelante.

Cuando la válvula se mueve, un conducto de aceite alrededor del pistón se abre. El aceite entonces fluye por ese conducto y llena la cámara detrás del pistón.

La presión hace mover el pistón y la cremallera hacia adelante, aumentando la cantidad de combustible suministrado al motor.

Las RPM del motor aumentan hasta que los contrapesos en rotación giran lo suficientemente rápido para equilibrar la fuerza del resorte del regulador.

Cuando la carga en el motor disminuye, los contrapesos aceleran su velocidad y los talones de los contrapesos mueven la válvula hacia la izquierda, permitiendo que el aceite detrás del pistón fluya por un conducto de vaciado, abierto en la parte posterior del pistón. Al mismo tiempo, el aceite con presión entre el manguito y el pistón hace mover éste y la cremallera hacia la izquierda. Eso disminuye la cantidad de combustible suministrado al motor, y éste aminora su velocidad. Cuando la fuerza de los contrapesos en rotación equilibra la fuerza del resorte del regulador, las RPM del motor serán las mismas que anteriormente.



**FÍGURA 3.8 : VISTA DEL MECANISMO DEL REGULADOR HIDROMECAÁNICO**

### **Control de Relación de Aire a Combustible**

En la caja del regulador hay instalado un control para relación de aire a combustible. Se trata de un dispositivo que resiste los movimientos de la cremallera para el combustible durante la aceleración. Ese dispositivo

coordina los movimientos de la cremallera para el combustible (cantidad de combustible) con la cantidad de aire disponible en el múltiple de admisión, reduciendo el humo de escape a un mínimo.

Un diagrama en el control detecta el incremento de presión en el múltiple de admisión, y sitúa la válvula de control, la cual dosifica aceite en el pistón y limita el desplazamiento de la cremallera para el combustible.

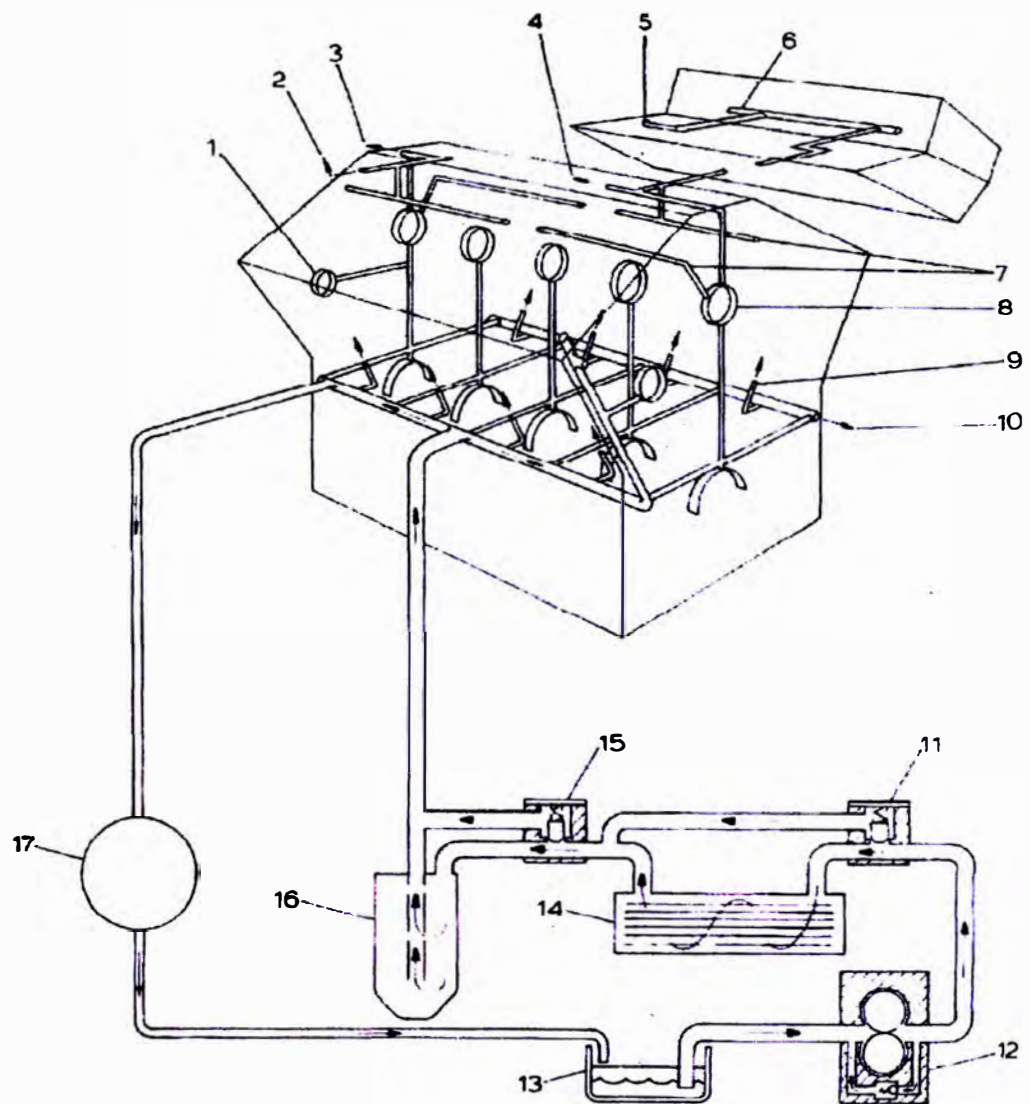
Después que el motor arranca, el control para la relación de combustible requiere una combinación de suficiente incremento en el múltiple de admisión y presión de aceite para hacer funcionar el control. Cuando éste permanece activo y el control del regulador se mueve a la posición de velocidad del motor en aumento la cremallera se moverá hasta que ese movimiento es detenido por el collar de parada; sin embargo, el aumento de la velocidad del motor es suficiente para producir el incremento en el múltiple de admisión, permitiendo que la velocidad del motor aumente. El incremento y el control trabajan conjuntamente hasta que la cremallera no permanezca restringida, permitiendo que el motor desarrolle plena velocidad (RPM)

### **3.3.3 Sistema de Lubricación**

El sistema de lubricación (FÍGURA 3.9) consiste de un sumidero (en el fondo del cárter), bomba de aceite, enfriador de aceite y filtros de aceite. El motor tiene un múltiple para el aceite y conductos de aceite para dirigir el lubricante hacia los diversos componentes.

La bomba de aceite aspira lubricante del sumidero y lo hace pasar por el enfriador de aceite, filtros de aceite y, seguidamente, dentro del múltiple para el aceite. Este fluye por conductos conectores para lubricar los componentes del motor. Una válvula reguladora en el cuerpo de la bomba controla la máxima presión del aceite que proviene de la bomba.

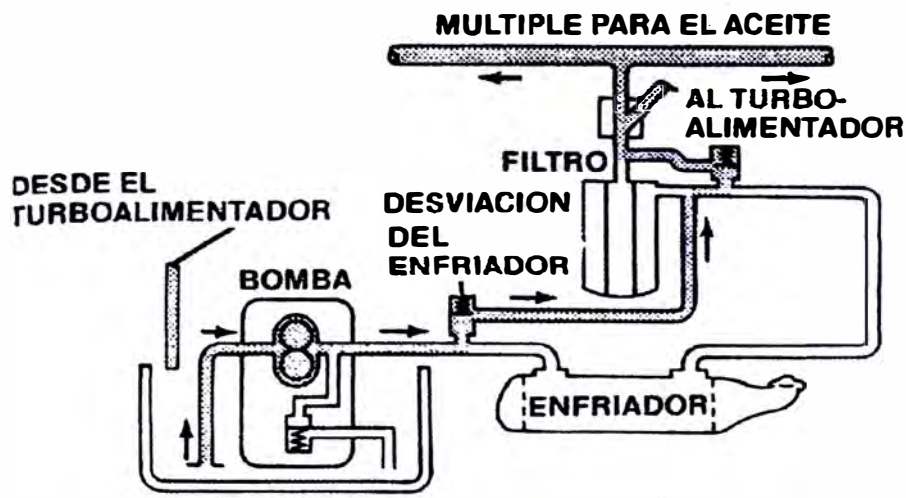




- |  |   |
|--|---|
| 1. PERFORACION DEL ENGRANAJE LOCO Y DEL EJE EQUILIBRADOR               | 8. PERFORACION DEL EJE DE LEVAS               |
| 2. AL EJE DEL BALANCIN   | 9. ENFRIAMIENTO DEL PISTON                    |
| 3. A LA CAJA DEL VOLANTE Y COMPRESOR DE AIRE                           | 10. A LA CAJA DE ENGRANAJES DE SINCRONIZACION |
| 4. A LA CAJA DE LA BOMBA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE                   | 11. DESVIACION PARA EL ENFRIADOR              |
| 5. AL CONTROL DE RELACION DE AIRE A COMBUSTIBLE (SI ESTA EQUIPADO ASI) | 12. BOMBA DE ACEITE                           |
| 6. EJE DEL BALANCIN  | 13. SUMIDERO DEL ACEITE                       |
| 7. A LOS CILINDROS DE LOS SEGUIDORES DE LEVAS                          | 14. ENFRIADOR DE ACEITE                       |
|  | 15. DESVIACION PARA EL FILTRO                 |
|  | 16. FILTRO DE ACEITE                          |
|  | 17. TURBOALIMENTADOR                          |

**FÍGURA 3.9: SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR  
FLUJO DE ACEITE (ARRANQUE EN FRÍO)**

Cuando se arranca el motor, el aceite lubricante en el fondo del cárter está frío (espeso). Ese aceite frío no fluye inmediatamente por el enfriador y filtro de aceite, y hace que las válvulas de desvío, en el enfriador de aceite y en la base del filtro de aceite, se abran para permitir un flujo irrestringido de aceite por todo el motor. (Ver FÍGURA 3.10).



**FÍGURA 3.10: VISTA DE FLUJO DE ACEITE EN ARRANQUE EN FRÍO**  
**FLUJO DEL ACEITE (FUNCIONAMIENTO NORMAL)**

A medida que sube la temperatura del aceite, la viscosidad y presión del mismo disminuyen, y la válvula de desvío del filtro de aceite se cierra. Ahora, sólo aceite filtrado llega hasta los componentes del motor. La temperatura del aceite continúa subiendo y la válvula de desviación del enfriador de aceite se cierra. Ahora el aceite fluye por el enfriador de aceite y el filtro de aceite antes de llegar hasta los componentes del motor. (FÍGURA 3.11).

Los elementos de los filtros de aceite contaminados u obstruidos no impedirán que se efectúe la lubricación en los componentes del motor, pues

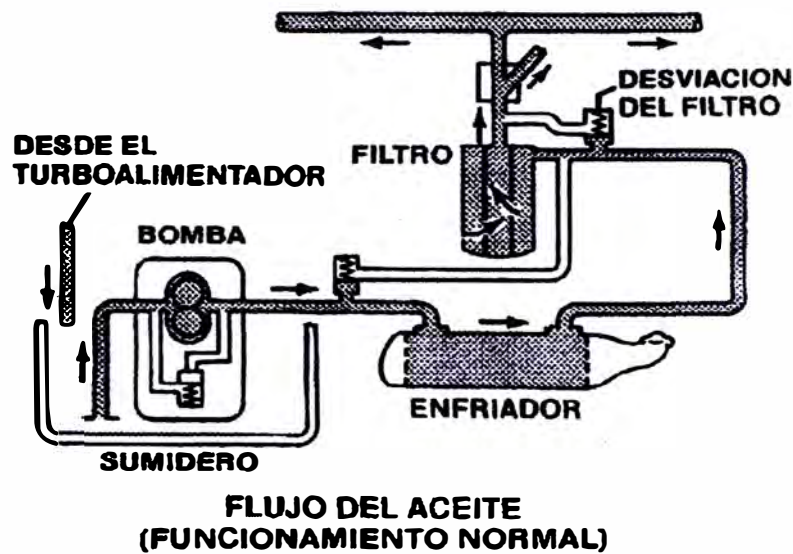
la válvula de desviación del filtro de aceite se abrirá, haciendo que el aceite pase por alto el elemento.

Los múltiples para el aceite, fundidos en el bloque de cilindros, dirigen el lubricante hasta los cojinetes principales, ejes de los balancines, muñones del eje de levas, y los engranajes locos (impulsores) del eje de levas.

Por los orificios de rociar aceite, en el bloque de cilindros, se rocíe aceite en la cara inferior de los pistones. Esa hace que se enfríen los pistones y se proporcione lubricante a los pasadores de pistón, paredes de los cilindros y anillos de pistón.

Los cojinetes de las bielas reciben el aceite por conductos perforados en el cigüeñal, entre los muñones de bancada y los muñones de las bielas.

Cuando el motor está caliente y funciona a la velocidad nominal, el manómetro de aceite deberá registrar en la "zona de operación". A velocidades en vacío es normal una Lectura de presión más baja.



**FÍGURA 3.11 : VISTA DE FLUJO DE ACEITE  
(FUNCIONAMIENTO NORMAL)**

**3.3.4 Sistema de Admisión de Aire y de Escape de Gases (FIGURA 3.12)**

El propósito del sistema de admisión de aire es proporcionar suficiente aire limpio al motor, de una manera eficiente y silenciosa, mientras que el sistema de escape descarga los gases tan rápida y silenciosamente como es posible. La potencia del motor y su eficiencia se reducirán si la entrada de aire o el escape de gases se restringen. Es muy importante seguir siempre buenas prácticas de conservación.

Este motor tiene un turboalimentador accionado por el escape para proporcionar aire comprimido hasta los cilindros.

Los gases de escape entran en la caja de la turbina y son dirigidos contra las paletas de una rueda de turbina, haciendo que esa rueda y la de un compresor giren.

El aire de entrada filtrado que viene del filtro de aire es absorbido por la entrada de aire de la caja del compresor mediante la rueda rotativa del compresor.

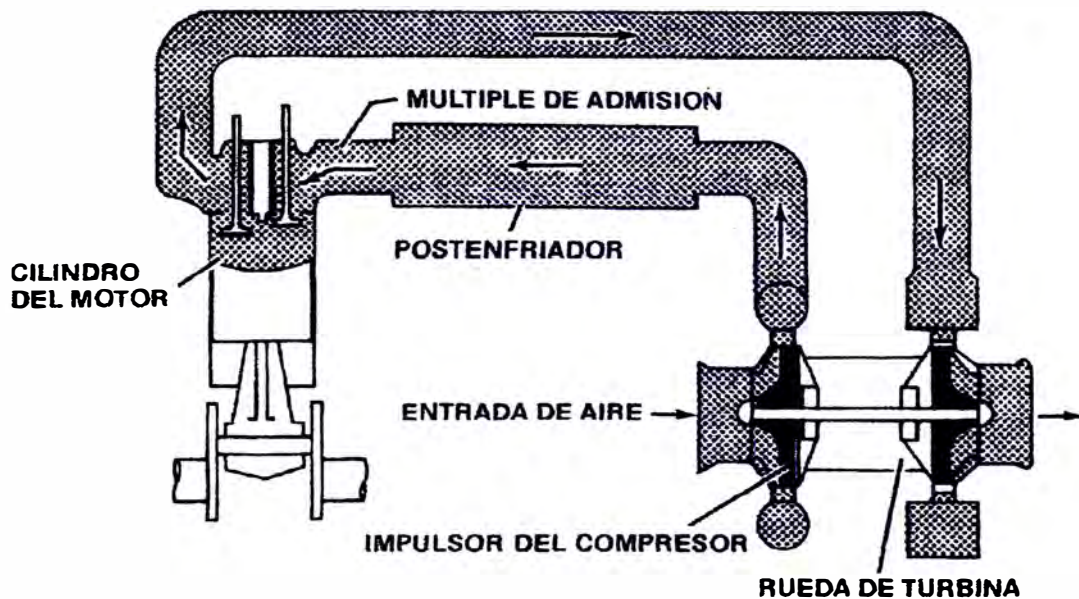
El aire comprimido es dirigido por el postenfriador (si está equipado con uno} hasta el múltiple de admisión del motor.

Cuando la carga en el motor aumenta, se inyecta en los cilindros del motor mayor cantidad de combustible. El volumen aumentado de los gases de escape hace que la rueda de turbina del turboalimentador y émbolo del compresor giren más rápidamente. El número mayor de RPM del émbolo aumenta la cantidad de aire que entra. Como el turboalimentador proporciona aire adicional de entrada, se quema mayor cantidad de combustible y, por lo tanto, el motor rinde más potencia. Los cojinetes del turboalimentador están lubricados a presión por el aceite del motor. El aceite entra por la parte superior de la sección central y es dirigido por los conductos para lubricar el cojinete de empuje, manguitos y los cojinetes del turboalimentador. El aceite sale del turboalimentador por una lumbrera en la parte inferior de la sección del centro, y se regresa al sumidero del motor.

La velocidad máxima del turboalimentador está determinada por el ajuste en la cremallera, el ajuste de las RPM en alta velocidad en vacío y la altitud sobre el nivel del mar en que se hace trabajar al motor. La velocidad alta en vacío y el ajuste de la cremallera no son iguales para todas las altitudes.

**Nota:** Si la velocidad alta en vacío o el ajuste de la cremallera son mayores de lo que se indica en las especificaciones para la altitud en que trabaja el motor, posiblemente se dañe el motor o el turboalimentador.

La cremallera de la bomba de combustible ha sido ajustada por personal experto para una aplicación en particular del motor. La caja del regulador y el turboalimentador están sellados para impedir que personal inexperto efectúe esos ajustes.



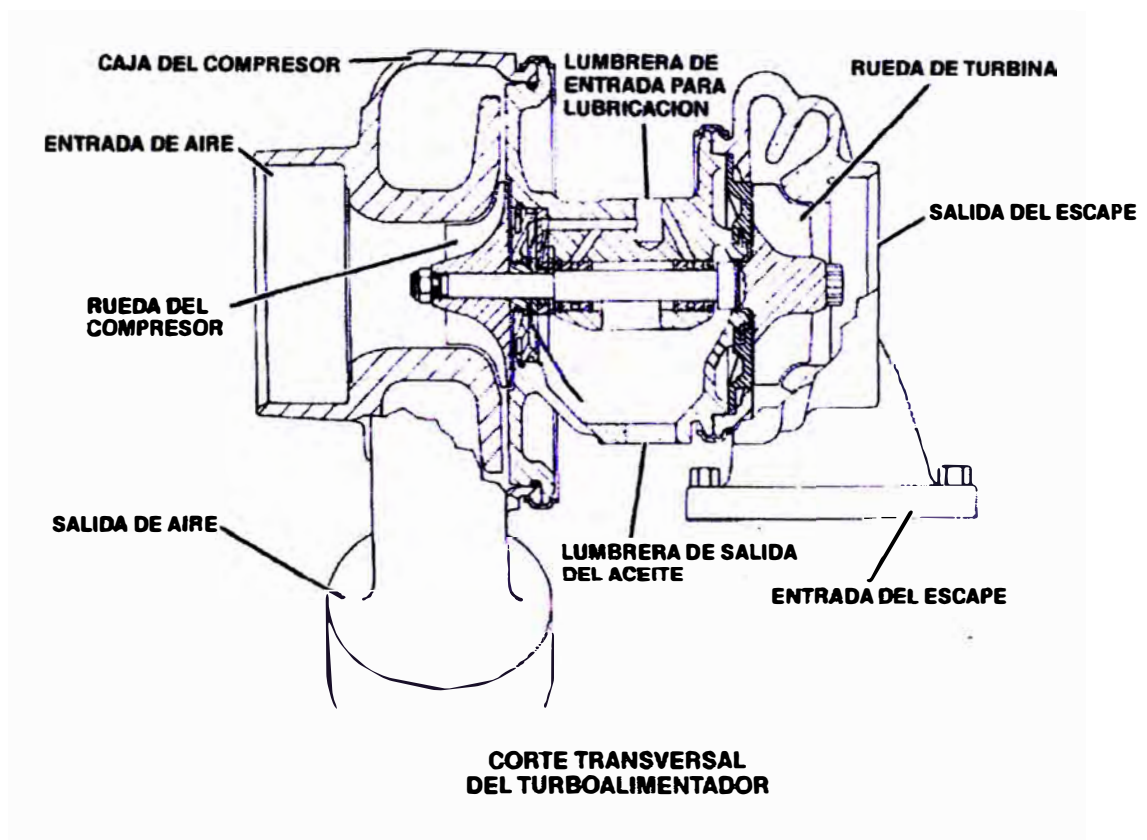
**FÍGURA 3.12 :SISTEMA DE ADMISION DE AIRE Y DE ESCAPE DE GASES**

El motor puede funcionar a menor altitud que la especificada, sin peligro de dañarlo. En tal situación, el motor trabajará con una eficiencia ligeramente menor que la máxima. Cuando trabaje a más altitud debe cambiarse el ajuste de la cremallera y la velocidad alta en vacío. La causa principal de válvulas defectuosas, cojinetes dañados, anillos de pistón y camisas de cilindro desgastados es la entrada en los cilindros del motor de materias extrañas que lleva el aire; por lo tanto, es necesario incorporar en el sistema un filtro de aire de construcción precisa, del tipo seco o en baño de aceite. Los conductos de admisión deben disponerse de tal manera, para que se les haga el servicio lo más convenientemente posible, pero situados aparte de zonas donde se concentra el polvo y gases del escape. Nunca será bastante lo que se insista sobre la importancia de limpiar o filtrar el aire que entra en el motor. Caterpillar recomienda usar un indicador de servicio del filtro de aire, para los del tipo seco. El indicador de servicio detecta la caída de la presión a través del filtro de aire, y un indicador rojo permanecerá visible cuando sea necesario hacerle el servicio. Ese indicador evitará cambios innecesarios de filtros, y disminuirá los costos de conservación, al tiempo que se asegura una operación adecuada del motor.

### **MOTORES POSTENFRIADOS 3408, 3412 CON POSTENFRIADOR**

Cuando el aire de entrada pasa y es comprimido por el Turboalimentador (FÍGURA 3.13) se calienta y pierde densidad. AL dirigirse el aire por el postenfriador situado entre el turboalimentador y el múltiple de admisión, se elimina algo de su calor. El postenfriador es un dispositivo sencillo parecido a un pequeño núcleo de radiador. El refrigerante del motor pasa por los

tubitos de ese núcleo y el aire comprimido es dirigido exteriormente alrededor de esos tubitos. Debido a que la temperatura del refrigerante es menor que la del aire bajo condiciones de carga, el aire se enfría a medida que sale del postenfriador. Eso significa una mayor cantidad de aire (oxígeno) disponible para la combustión, lo que resulta en más combustible que se quema y más potencia producida.



**FÍGURA 3.13: CORTE TRANSVERSAL DEL TURBOALIMENTADOR**

### **3.4. LA LUBRICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **3.4.1 Principios Básicos de Lubricación**

#### **3.4.2 Características de los Aceites Lubricantes**

#### **3.4.3 Aditivos para Aceites Lubricantes**



### **3.4.4 Productos para motores de Combustión Interna**

### **3.4.5. Sistema de Lubricación**

#### **3.4.1 Principios Básicos de Lubricación**

En su denominación mas simple Lubricación es la operación de colocar un fluido entre dos superficies en contacto, de esta manera se reduce la fricción, evitándose el desgaste y elevadas temperaturas de operación.

La función básica de un lubricante será por lo tanto:

- Control de Fricción
- Control de desgaste
- Control de Temperatura
- Control de Corrosión

#### **3.4.2 Características de los Aceites Lubricantes**

Al referirnos a lubricantes, estaremos hablando de lubricantes minerales derivados del petróleo.

#### **A). ACEITES**

##### **a). Viscosidad**

La viscosidad de un líquido, esto es, “su cuerpo” o “consistencia”, se mide por su resistencia a fluir. Esta característica varía con la clase de líquido y también con la temperatura.

La viscosidad cinemática que es la mayormente utilizada en la práctica se obtiene midiendo el tiempo requerido por un volumen de Aceite dado, a una temperatura especificada, para pasar por un tubo capilar de diámetro conocido.

**b). Índice de Viscosidad**

Mide el cambio de viscosidad de un aceite dentro de un rango dado de temperaturas. Conociendo la viscosidad del aceite a dos temperaturas, se determina el índice mediante tablas.

**c). Punto de Escurrimiento ó Fluidéz**

Es la menor temperatura a la que fluirá un aceite en reposo. Esta propiedad es de suma importancia en equipos que trabajen en zonas muy frías y que el aceite, por lo tanto, tiende a espesarse.

**d). Punto de Inflamación y Encendido**

El punto de inflamación es la temperatura a la cual se produce un primer fogonazo en un aceite, al acercar una llama.

El punto de Encendido es la temperatura a la cual se enciende el aceite durante cinco segundos.

Los puntos de Inflamación y Encendido dan una indicación grosera de la temperatura a la cual comienza la vaporización del aceite.

**B). Grasas**

**a). Punto de Ebullición**

Si colocamos una muestra de grasa en una cápsula normalizada que tiene un orificio en su parte inferior y el bulbo de un termómetro en contacto con la muestra y la calentamos uniformemente, llegará una temperatura en que caerá la primera gota líquida, a esta temperatura se le conoce como Punto de Goteo.

**b). Penetración**

La penetración nos da una idea de la consistencia de la grasa. Se deja caer un cono metálico sobre la superficie alisada de una muestra de grasa contenida a una temperatura uniforme. Cuanto mayor sea la penetración, menor será la consistencia de la grasa y viceversa.

El National Lubricating Grease Institute (N.L.G.I.) de los Estados Unidos, estableció una escala internacionalmente adoptada, basada en el número de penetración.

**3.4.3 Aditivos para Aceites Lubricantes**

Un aceite mineral puro posee propiedades bien definidas que en muchos casos no son suficientes para cumplir una determinada función.

Un aditivo ha sido definido como material que imparte una propiedad deseada al lubricante. Existen cientos de compuestos que pueden añadirse a un lubricante para mejorar sus propiedades, pero debemos recordar que un

aditivo debe ser compatible tanto con otros aditivos como con el propio aceite y con aquellos compuestos con los que esta en contacto.

### **Clasificación de los Aditivos:**

#### **1.- Antioxidante**

Aumenta la vida del aceite evitando el ataque por oxidación, previene o controla la formación de lodos, barnices y compuestos corrosivos, resultado de la oxidación del aceite

#### **2.- Inhibidores de la Corrosión**

Protege los cojinetes y las superficies metálicas contra el ataque químico. La corrosión de metales de los cojinetes se considera debida generalmente al ataque ácido. Los ácidos se pueden originar en los productos de combustión incompleta o en la oxidación del aceite lubricante.

#### **3.- Agentes Inhibidores del desgaste**

Reduce el desgaste rápido bajo condiciones de lubricación críticas, el contacto metal con metal causa del desgaste, puede evitarse formando una película que pueda estar unida a la superficie metálica por absorción física o reacción química.

#### **4.- Detergentes**

Mantiene limpia la superficie lubricada al suspender las insolubles en el aceite, evitando atascamiento de anillos y depósitos en el pistón

**5.- Dispersantes**

Previenen la formación de depósitos, mantienen los insolubles en suspensión, evitan atascamiento de anillos y depósitos en el pistón en los aceites para motor.

**6.- Agentes Alcalinos**

Neutraliza los ácidos presentes en el aceite que queden provenir de oxidación del propio aceite, de contaminaciones o de productos de combustión, en el caso de aceites para motor. Reaccionan con los ácidos formando sales inertes.

**7.- Inhibidor de Herrumbre**

Previene la formación de herrumbre en las partes metálicas.

**8.- Mejorador del Índice de Viscosidad**

Disminuye la relación de cambio de viscosidad con la temperatura.

**9.- Depresor del Punto de Escurrimiento**

Disminuye la temperatura de escurrimiento o punto de congelación de los aceites lubricantes especialmente parafínicos.

**10.- Inhibidores de Espuma**

Previene la formación de espuma estable. Asegura el colapso rápido de las burbujas de aire, previniendo de tal forma la oxidación excesiva del aceite y problemas en los equipos por falta de lubricación.

### **3.4.4 Productos para Motores de Combustión Interna**

#### **1. Aceite de Cáster**

Los motores de combustión interna son utilizados para transmitir fuerza en todos los tipos de automotores y plantas eléctricas estacionarias.

Su combustión la efectúan dentro del mismo cilindro de trabajo, basándose en la expansión de gases.

#### **Clasificación**

Se clasifican de acuerdo al tipo de combustible que utilizan:

#### **1.- Motores a Gasolina**

Cuando se emplea gasolina, el diseño para la operación de encendido (explosión), se consigue con una chispa que salta desde una bujía instalada en el motor.

#### **2.- Motores Diesel**

En estos motores la operación de explosión se consigue por elevación de la temperatura del aire dentro del cilindro y al ser comprimido e inyectado, el combustible en forma pulverizada por un sistema de inyectores, genera el ciclo real de trabajo (explosión).

En ambos casos, los motores pueden ser de dos o cuatro tiempos.

### **3.4.5 Sistemas de Lubricación**

#### **3.4.5.1 Motores de cuatro tiempos**

En casi todos los tipos de motores de cuatros tiempos, el sistema de lubricación se basa en la alimentación a presión a los cojinetes importantes, ayudan en gran parte por el salpique.

Los cojinetes principales siempre se alimentan a presión, mientras que las cabezas de las bielas pueden alimentarse a presión mediante pasos taladradas en el cigüeñal o disponerse de tal modo, que se sumergen en el depósito de aceite (carter) lubricándose en esta forma por salpique. Los pasadores o muñones de las bielas (bulones) se lubrican por salpicadura de casi siempre, se exceptúan casos de motores de elevada potencia que toman aceite por un paso taladrado en la cabeza de biela.

Sin embargo, el principal objetivo aquí, no es lubricar el muñón, sino enfriar el pistón al esparcirse en forma de Nube, el aceite en su interior.

Las paredes del cilindro siempre se lubrican por la salpicadura de la cabeza de biela cuando esta se sumerge en el aceite, o el que sale a presión cuando esto ocurre por las mismas cabezas.

Los cojinetes, el árbol de levas y las válvulas se suele lubricar generalmente con el aire bombeado hasta la parte superior del motor y que desciende nuevamente al motor por gravedad, lubricando a su paso los distintos puntos que están en contacto entre sí.

Estos sistemas se aplican tanto para los motores Diesel como a gasolina ya que son aplicables los mismos a principios.

#### **3.4.5.2 Motores a dos tiempos**

En términos generales, la lubricación de los motores diesel de dos tiempos se hace en igual forma que los de cuatro tiempos.

En el caso de motores a gasolina esta se lleva a cabo con una mezcla de aceite/gasolina en una proporción de 80cc. Por litro de combustible.

Una vez que el combustible se ha evaporado en el carburador, el aceite de la mezcla pasa al cárter en forma de pequeñas gotas y se deposita allí formando una película protectora en todas las superficies interiores lubricando los cojinetes principales, la cabeza de la biela y la parte inferior de las paredes del cilindro.

El aceite se acumula en el cárter hasta que todas las superficies estén cubiertas en el exceso pasa a la cámara de combustión, donde recubre todas las superficies del cilindro, quemándose posteriormente con la gasolina durante la carrera de expansión. Las condiciones de lubricación del cilindro de un motor de dos tiempos, son más severas que uno de cuatro tiempos. Esto se debe a que no existe principalmente una carrera en vacío (la de escape) que permite que el aceite se distribuya cómodamente por las paredes del cilindro y otro factor es que las lumbreras interrumpen la película de lubricante en la camisa. Como resultado de esto encontraremos que los



motores de dos tiempos suelen acusar un mayor grado de desgaste en el cilindro.

### **3.4.5.3 Motores Sobrealimentados**

Todos los tipos de motores Diesel pueden sobrealimentarse haciendo pasar el aire de admisión a través de un compresor generalmente rotatorio a una presión determinada. El aumento de la presión del aire de entrada, tiene como fin que se tenga más aire en el cilindro y que se queme más combustible en cada carrera de pistón.

Desde el punto de vista de lubricación, el efecto práctico es que aunque a bajas cargas parciales, las temperaturas de los pistones pueden aumentar en igual forma y a menos que pueda lograrse una refrigeración más intensa de los mismos, debe emplearse un aceite de excelente calidad, preferiblemente muy detergente para evitar la formación de gomas en los anillos.

## **3.5 ESTABLECIMIENTO DEL ANALISIS DE ACEITE USADO REALIZADO EN LABORATORIO DE CAPAHUARI SUR.**

### **3.5.1 Mantenimiento por Análisis Progresivo de Aceite Lubricante**

Con el desarrollo de las técnicas para el Mantenimiento Predictivo, las Empresas fabricantes de Aceites Lubricantes implementaron un Sistema de Apoyo a los Grandes Consumidores de el producto, que consiste en analizar muestras del lubricante en Operación en la Máquina. Estos análisis evitan las fallas, deterioros, tiempo perdido y costosas reparaciones.

El análisis de Aceite detecta y mide cualquier suciedad que ha pasado por el filtro de aire, la presencia de partículas de metal desgastado, los productos químicos provenientes de la deterioración prematura del aceite y cualquier contaminación con combustible y con refrigerante pero lo más importante es el aviso anticipado que evitara una reparación costosa del motor.

También debido al conocimiento de las condiciones internas del motor, los periodos de cambio de Aceite antes rígidos para llevarse a cabo, ahora se pueden espaciar con la seguridad que no va a tener problemas con el motor. La empresa vendedora del lubricante proporciona entrenamiento y el laboratorio portátil para que personal de la Empresa Usuaría analice en el campo las muestras, si se encuentra alguna irregularidad se envía esta muestra a la Empresa vendedora a su Laboratorio Principal, para que en un análisis más completo suministre las explicaciones del caso.

Si los resultados encontrados esta fuera de los límites estándares de determinado tipo de lubricante, se notifica inmediatamente al usuarios para que tome sus precauciones o decisiones.

Después de cada Análisis se envía un Informe al Usuario del Equipo. Estos informes Progresivos Suministran información y guía durante toda la vida útil del motor.

### **3.5.2. Comportamiento de un Aceite de un Motor a Diferentes Condiciones de Velocidad.**

#### **3.5.2.1 Cuando el Motor está parado**

Cuando el Motor esta parado lo menos que puede pasar es que cuando las partes metálicas se enfríen se pueda llegar a la temperatura de rocío del aire y se condense agua en los cilindros y varias partes del motor, Por tanto se necesitan aditivos de tiempo antiherrumbre para emulsionar el agua presente.

#### **3.5.2.2 Cuando el Motor trabaja a baja velocidad**

En este caso, los productos de combustión se descomposición térmica del combustible, más [pequeñas partículas de carbón, más parte del aceite que se polimeriza y sufre un cracking térmico en las paredes del motor se forman lodos que tienden a depositarse en varias partes del motor, principalmente, en el cárter y los anillos.

Debido a que el motor no trabaja a su temperatura óptima de operación es necesaria la presencia de agentes dispersantes en el aceite.

#### **3.5.2.3 Cuando el motor trabaja a alta velocidad**

En estas condiciones el motor trabaja a altas temperaturas y hay varios factores que se presentan:

- a) El aceite lubricante en presencia de aire y alta temperatura tiende a oxidarse. En consecuencia se necesita la presencia de inhibidores de

la oxidación. En el cárter del motor el aceite tiende a polimerizarse y aumentar su viscosidad.

- b) Debido a la alta velocidad el aceite en los cojinetes tiende a calentarse en forma excesiva y existe el peligro de la oxidación del aceite en esas partes lo cual puede traducirse en la presencia de ácidos. Se requiere un inhibidor de la corrosión.
- c) Por último, la neutralización de los gases de combustión y la prevención de depósito de barniz en los pistones del motor así como el depósito de carbón en los anillos.

### **3.5.3 Factores que Fomentan la Degradación del Aceite**

#### **3.5.3.1 Enfriadores ineficientes**

Los enfriadores pueden haber perdido su eficiencia por depósitos anteriores de lado o por incrustaciones o depósitos de materias extrañas en las superficies que están en contacto con el agua. Esto da lugar a un aumento general de la temperatura del aceite acelerándose así su oxidación.

#### **3.5.3.2 Impurezas en el Sistema**

Lógicamente la presencia de materias extrañas en el sistema es objetable, dado que ellas pueden interferir con la circulación o causar inconveniencias de índole mecánica. Aún en cantidades muy pequeñas y según su naturaleza, estas tienden a fomentar el desgaste y la formación de lodo, a perjudicar la capacidad del aceite de separarse del agua.

Así por ejemplo, las partículas de materias abrasivas como arena y herrumbre pueden causar desgastes de cojinetes. Las partículas metálicas y los compuestos metálicos (especialmente herrumbre) aceleran la oxidación del aceite por acción catalítica, reduciendo de esta manera su vida útil. Por otra parte, las partículas sólidas pueden causar también un funcionamiento irregular del regulador.

En los sistemas de lubricación de turbinas recientemente como crema de fundición, escamaduras, estopas o herrumbre, como también grasas y otros productos protectores. Es necesario eliminar todas las sustancias extrañas mediante un esmerado y cuidadoso procedimiento de limpieza y lavado antes de colocar la carga inicial de aceite. Debe tenerse especial cuidado en evitar la entrada de polvo impurezas y partículas arenosas a los sistemas, que siempre se hallan expuestos a la contaminación por tales elementos.

Los respiradores deben estar dotados de una adecuada protección contra la entrada de contaminaciones y se deben tomar también precauciones para evitar que el vapor condensado retorne al sistema de lubricación.

Es conveniente mantener el aceite limpio durante el servicio mediante la eliminación de agua y otras impurezas, extraer periódicamente muestras de aceite para su análisis con el objeto de verificar si el equipo de purificación trabaja debidamente, como también para observar las combinaciones en que se halla el lubricante. Probablemente la filtración en serie, en conjunto con una centrifugación continua en paralelo, representa el método más

eficaz para la purificación del aceite, aunque se emplea con frecuencia también la purificación periódica o discontinua de toda la carga. La filtración con tierra filtrante o con elementos impregnados con sustancias químicas, debe evitarse; pues puede perjudicar el aceite.

### **3.5.3.3 Ventilación insuficiente**

La oxidación del aceite va acompañada de la formación de ácidos. La mayoría de estos ácidos son volátiles a la temperatura del trabajo del aceite. Los ácidos no volátiles particularmente en presencia de agua. Por lo tanto, es necesario facilitar la eliminación del sistema mediante una ventilación adecuada. Si no se cuida este detalle pueden ocurrir corrosiones en los espacios libres que se hallan por encima del aceite; por ejemplo en las cajas de cojinetes y de engranajes como también en los tanques de aceite; los productos de corrosión así formados entrarán ocasionalmente al aceite y causarán su deterioración, pudiendo provocar además inconvenientes de índole mecánico.

### **3.5.3.4 Defectos de indole mecánico**

El comportamiento del aceite y su vida útil pueden ser influenciados grandemente por las condiciones mecánicas de la turbina. Así por ejemplo, filtraciones de aire en el lado de aspiración de la bomba pueden causar la formación de espuma. Esto no solo interferirá con la lubricación en general sino que expondrá superficies grandes de aceite a la acción de aire caliente. Los cierres de vapor defectuosos permiten la entrada de agua y vapor a las cajas de cojinetes.

### **3.5.3.5 Disposición incorrecta de las cañerías**

Algunas veces se colocan las cañerías de aceite muy cerca de partes calientes de la turbina exponiendo de esta manera inútilmente al lubricante a un calor severo; sirva como ejemplo el adosamiento de las cañerías de retorno de aceite del regulador al cuerpo de la turbina.

La boca de salida de retorno del aceite de circulación se encuentra a veces bastante por encima del nivel de aceite, lo que causa una aceleración del mismo cuando cae al tanque. A su vez las cañerías de tamaño inadecuado restringen en algunas oportunidades el retorno de aceite de los cojinetes y reductores, impidiendo la rápida liberación del aire

## **3.6. VALORES, LÍMITE DE LAS PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE ACEITE DE MOTORES.**

### **3.6.1. Toma de Muestras y Acciones a seguir luego del Análisis en el Caso de los Motores de Combustión Interna**

En cuanto a la posibilidad de las inspecciones programadas (emisión de órdenes de trabajo por e TMS) éstas serán generadas de tal manera que las mismas sean realizadas después de 500 horas de realizado el último servicio al equipo, tanto para los grupos con motores MEP como con motores CAT. La toma de las muestras estará a cargo de los mecánicos de mantenimiento y será hecho conjuntamente a la toma de lecturas de vibración.

Cumpliendo con la inspección, la muestra será tomada en dos frascos, uno de los cuales será enviado a Andoas para pasar por un análisis completo (análisis de viscosidad, TBN, Análisis de Partículas, Dilución de Combustible en el aceite y Contenido de Agua).

El otro frasco quedará en la base para ser probada únicamente por viscosidad y TBN. Las acciones a tomar serán las siguientes:

**En las bases:**

Sin importar el tipo de alarma en el que se encuentre, toda vez que se tome muestras deberán ser hechas duplicadas, para que una sea enviada a Andoas y la otra sea analizada por TBN Y viscosidad en la base.

Si los valores de viscosidad y TBN están en Estado Normal entonces no se cambiará el aceite y se iniciará un muestreo semanal (cada 7 días) para lo cual se aperturará órdenes de trabajo correctivas a las que se adjuntará sus respectivos formatos indicando los valores cronológicamente obtenidos.

Si uno de los valores (o ambos): Viscosidad o TBN, están en Alarma 1 y con valor mas cercano a la Estado Normal que a la alarma “, entonces no se cambiara el aceite y se iniciará un muestreo de cada 5 días y serán así analizadas por TBN y Viscosidad haciendo uso de los equipos con los que cuenta y se abrirá órdenes de trabajo correctivas para cada



prueba, mismas en las que se adjuntará el formato indicando los valores cronológicamente obtenidos.

Esto se hará hasta que se llegue a tener valores cercanos a la Alarma 2.

Si uno de los valores (o ambos): Viscosidad o TBN, están en Alarma 1 y con valor más cercano a la Alarma 2 que a la Estado Normal, entonces se deberá indefectiblemente, programar (vía el TMS) el mantenimiento al equipo.

En el caso de que los valores de Viscosidad y TBN no impliquen cambio de aceite, pero si se está reportando la Alarma 1 o la Alarma 2 en el Análisis de partículas o Dilución ó contenido de Agua en el Aceite, entonces se deberá intervenir sobre el equipo de manera que se programe la parda del mismo con anticipación, preparando los repuestos y equipos de reemplazo si fuese necesario.

Es muy posible que, al seguir las indicaciones se logre finalmente extender las horas a las que se deba hacerse el cambio de aceite a los grupos de generación y se tenga en funcionamiento más confiable de los mismos por conocimiento de su condición.

Será muy importante que al momento de hacer la toma de la muestra de aceite, se haga la respectiva toma de datos de los manómetros analógicos y digitales (datos de presión y temperatura en el formato

correspondiente) para poder conjugar toda la información disponible y hacer un buen diagnóstico de la condición del equipo.

Cabe hacer notar que el análisis de aceite no será el único que dicte acciones a tomar pues las lecturas de vibración y la lectura de los instrumentos también serán tomadas muy en cuenta para el diagnóstico final.

### **3.6.2 Pruebas en Motores de Combustión Interna**

#### **3.6.2.1 Viscosidad**

Algunos fabricantes de motores recomiendan el cambio de aceite usado, cuando la viscosidad se sale de algún rango típico, tanto para (dilución con combustible) como para arriba (oxidación y espesamiento).

Convencionalmente, en aceites usados dicho rango de interpretación varia, aceptándose un incremento en el límite superior y decremento en el límite inferior de los llamados grados SAE, siempre y cuando las otras características se mantengan normales.

A continuación se presentan los rangos de viscosidad con los niveles de alarma respectivos recomendados por SHELL para el aceite usado en nuestros motores (TABLA 3.3), debe tenerse en cuenta que estos valores de viscosidad deben ser medidos a 40° C.

**TABLA 3.3**

<b>Viscosidades en cSt a 40°C - VISGAGE</b>					
<b>ACEITE</b>	<b>ALARMA2</b>	<b>ALARMA1</b>	<b>ESTADO NORMAL</b>	<b>ALARMA 1</b>	<b>ALARMA 1</b>
<b>15W40</b>	<b>&lt;86</b>	<b>86@106</b>	<b>106@140</b>	<b>140@160</b>	<b>&gt;160</b>
<b>ROTELLA DD-40</b>	<b>&lt;105</b>	<b>105@125</b>	<b>125@200</b>	<b>200@260</b>	<b>&gt;260</b>
<b>MYSELLA LA-40</b>	<b>&lt;105</b>	<b>105@125</b>	<b>125@200</b>	<b>200@260</b>	<b>&gt;260</b>

**3.6.2.2 TBN - mg KOH/gr de producto**

Es la reserva alcalina del aceite lubricante y es una característica cuantificable que va disminuyendo con las horas de servicio del motor; esta disminución será más rápida en tanto mas sucia la combustión a más azufre contenga el combustible. Esta alcalinidad va reduciéndose a medida que el lubricante va contrarrestando la acidez generada por la combustión.

Por lo tanto, con esta característica podremos conocer la capacidad del aceite para neutralizar los ácidos (producto de la combustión) y así evitar un desgaste corrosivo.

A continuación se presenta un cuadro con los rangos de valores de TBN como niveles de alarma recomendados por SHELL para el aceite usado nuestros motores (TABLA 3.4).

TABLA 3.4.

ACEITE	T B N ( mg KOH / gr producto)		
	ESTADO NORMAL	ALARMA 1	ALARMA 2
15W40	10@5	5@3	<3
ROTELLA DD -40	8@4	4@3	<3
MYSELLA LA-40	5.2@2.6	2.6@2	<2

### 3.6.2.3 Partículas de Desgaste

Para poder hacer el seguimiento a ésta característica de los aceites se hará uso de un ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA con el que se detectan las concentraciones en ppm de varios elementos como: aluminio, fierro, cromo, cobre, silicio. La concentración de estos elementos en comparaciones con patrones de fábrica nos dirá si el motor se está desgastando normalmente o si se esta iniciando un desgaste prematuro en anillos (Cr), camisas (Fe), metales (Al) por demasiado ingreso de polvo (Si) al motor, por ejemplo, o también otras causas.

Respecto del desgaste normal o anormal, la referencia que dé el fabricante del motor respecto de las concentraciones que debemos esperar encontrar en las muestras de aceite será fundamental.

Para iniciar con algunos valores, utilizaremos los que nos propone Shell en base a su experiencia con los motores CAT Y Fairbanks Morse, mostrado en la TABLA 3.5.

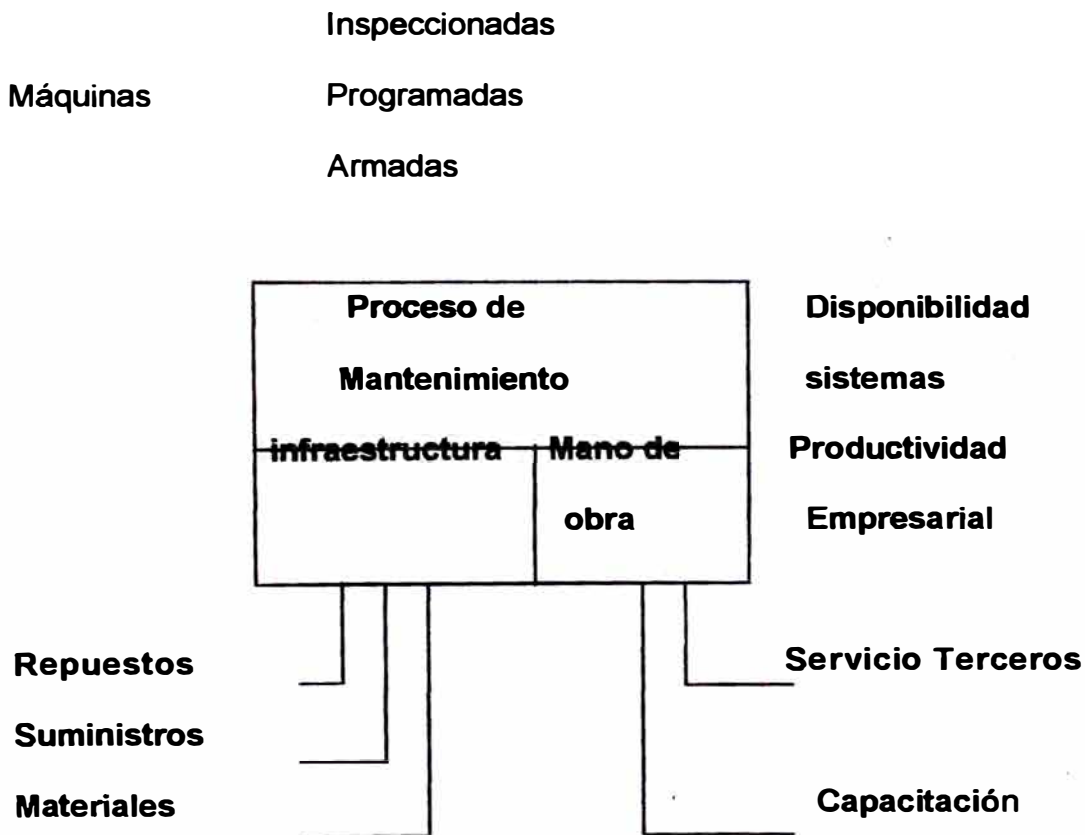
**TABLA 3.5.: PRESENCIA DE PARTÍCULAS METÁLICAS EN EL ACEITE**

<b>METAL</b>	<b>POSIBLE CAUSA</b>
<b>Cobre(Cu)</b>	<b>Aditivos de aceite</b> <b>Lixivación en los núcleos de enfriadores</b> <b>Bujes, Cojinetes</b> <b>Turboalimentadores</b> <b>Regulador</b> <b>Bomba de aceite</b> <b>Pasador de biela</b> <b>Balancín</b> <b>Eje de rodillo de leva</b> <b>Compresor de aire</b> <b>Bomba de inyección de combustible</b> <b>Engranaje de sincronización</b> <b>Engranaje intermedio</b> <b>Bomba de agua</b> <b>Mando de bomba de aceite</b> <b>Engranaje impulsor del medidor de servicio</b> <b>Cojinete de empuje</b>
<b>Hierro(Fe)</b>	<b>Camisas de cilindros</b> <b>Engranajes</b> <b>Árbol de levas</b> <b>Pasador de biela</b> <b>Bomba de aceite</b> <b>Tren de válvulas</b> <b>Compresor de aire</b> <b>Seguidor de levas</b>
<b>Cromo(Cr)</b>	<b>Cojinetes de rodillos (un poco)</b> <b>Compresor de aire</b> <b>Anillos de pistón</b> <b>Válvulas de escape</b> <b>Cigüeñal</b>
<b>Aluminio(Al)</b>	<b>Cojinetes de bancada</b> <b>Cojinetes de biela</b> <b>Cojinetes de árbol de levas</b> <b>Cojinete de balancín</b> <b>Cojinete de empuje del cigüeñal</b> <b>Soporte de balancín</b> <b>Cojinete de bomba de aceite</b> <b>Cojinete de engranaje de sincronización</b> <b>Pistones</b> <b>Levantador de válvulas de inyector</b> <b>Entrada de polvo (suelo arcilloso)</b>
<b>Plomo(pb)</b>	<b>Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela</b> <b>Revestimiento de cojinetes del árbol de levas</b> <b>Cojinetes del turboalimentador</b>
<b>Silicio(Si)</b>	<b>Entrada de tierra</b> <b>Grasa de contenido de silicio</b> <b>Aditivo antiespumante.</b>

# CAPÍTULO IV

## CONSIDERACIONES DE LOS FACTORES DE MANTENIMIENTO

El sistema implementado con el que se está trabajando, se basa en modelos flexibles que manejan módulos, mostrando en el CUADRO N ° 4.1, en donde se ilustra su estructura en un caso de general aceptación y aplicabilidad.



Cuadro N ° 4.1: Proceso de Mantenimiento

#### **4.1 ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES CRÍTICAS**

En el Lote 1AB, Distrito de Alto Amazonas, Dpto. de Loreto en la Selva Norte de nuestro País. Occidental Peruana siempre ha mantenido el mayor volumen de su producción; hasta el año 1998 que los activos de esta Empresa se vendieron a la Empresa Argentina PlusPetrol Corporation.

Para seguir manteniendo los mismos niveles de producción, el Servicio de Mantenimiento de Generadores Eléctricos impulsados por Motor Diesel los cuales trabajan para la extracción del Petróleo del pozo, este Servicio de Mantenimiento, se sacó a Concurso Publico, el que fue adjudicado como buena Pro a la Empresa Americana de Servicios Generales

En este período, la empresa PlusPetrol Corporation se caracterizó por una adecuada inversión en materiales y equipos para el sostenimiento de las instalaciones y en especial para el Mantenimiento de las Unidades Moto generadoras. El contratante PlusPetrol Corporation solicitaba la disminución de paradas imprevistas, se exigía la solución rápida y oportuna del problema. El responsable de Mantenimiento era considerado como un buen reparador de equipos.

El Mantenimiento anterior a Americana de Servicios Generales se realizaba en base a ocurrencias habidas y que predominaban en la orientación de las actividades a realizar en el mantenimiento de máquinas, su ejecución implicaba la mayor de las veces, un elevado costo de operación y

disgregación de esfuerzos, reordenamiento del personal y esquema, sus costos son frecuentemente muy elevados.

Inicialmente las paradas de Generadores ocurrían frecuentemente dando lugar a paradas de producción que incidían en bajas eficiencias.

Se estableció la norma de encontrar la causa que originaba la falla para de esta manera no dar lugar a que se repita para lo cual se llegó al análisis de falla.

De esta manera se fueron superando técnicamente muchos puntos débiles llegando en muchos casos a modificarse el diseño de ciertas partes de los motores, como el caso de las estructuras de los Fan drive (chumacera del Ventilador del radiador) y otros accesorios de la máquina y de la instalación para dar la confiabilidad de operación e ir alcanzando mejores eficiencias.

Anterior al ingreso de Americana de Servicios Generales al control de Mantenimiento de los Motogeneradores observaba, casi en su totalidad, un descuido en el Mantenimiento de Equipos, a tal grado que resultaba normal que se perdiesen grandes cantidades de dinero por las excesivas paralizaciones imprevistas de los equipos, pérdida de producción por las paralizaciones de los Equipos, menor calidad y eficiencia originadas por la falta de atención que se les brindaba y resultaba un riesgo constante para la seguridad del personal y de la maquinaria misma.



Analizando el problema, se observa que las Tareas de Mantenimiento son muy importantes, si deseamos aumentar la Productividad y Rentabilidad de la Empresa.

Esto se logrará, controlando:

- Las Reparaciones por Paradas Imprevistas.
- El DOWN TIME que generalmente se asocia al Mantenimiento
- Los SCRATCH o desperdicios en materiales, también asociados al Mantenimiento.
- La seguridad de los Trabajadores y de la Planta.
- La fuerza laboral de Mantenimiento.
- Las depreciaciones del equipo.

Si controlamos estos factores mediante una acertada Planificación y Programación de las Tareas de Mantenimiento, obtendremos sin lugar a dudas el costo unitario mínimo de mantenimiento por unidad de producto elaborado.

#### **4.2 FRECUENCIA DE FALLAS**

Todos los Moto generadores Diesel operan bajo similares condiciones, presentando fallas comunes homogéneas, los que nos permite seleccionar una sola unidad para hacer una presentación del estudio de frecuencia de fallas más comunes, como son:

- Fallas en balancines y regulación válvulas del motor

- Fallas por RPM, sincronización entre governor y bomba de inyección.
- Fallas de calentamiento sistema refrigeración, incluye fallas del fan drive.
- Fallas por lubricación y/o obstrucción de filtros y líneas de aceite del motor.

Estos cuadros se presentan a continuación con un promedio de fallas. El comportamiento de c/tipo de falla se puede apreciar en los cuadros adjuntos.

#### CUADRO N° 4.1

**Frecuencia fallas balancines descalibrados y ajustes de válvulas del motor.**

<b>N° falla</b>	<b>Fecha de hora Falla</b>	<b>Servicio Motor</b>	<b>Periodo horas</b>	<b>Horas Acumuladas</b>
1	08.01.96	26911	--	--
2	06.02.96	27583	672	672
3	16.03.96	28543	960	1632
4	01.05.96	29623	1080	2712
5	22.06.96	30823	1200	3912
6	23.07.96	31567	744	4656
7	01.09.96	32455	888	5544
8	10.10.96	33391	936	6480
9	23.11.96	34423	1032	7512
10	03.01.97	35311	888	8400

Periodo promedio en horas de ocurrencia falla: 933 hr

**CUADRO N°4.2**

**Fallas por Sistema de combustible, (incluye inyectores) Sincronización gobernador y Bomba de inyección.**

<b>N° falla</b>	<b>Fecha de hora falla</b>	<b>Servicio Motor hrs</b>	<b>Periodo horas</b>	<b>Horas Acumuladas</b>
1	28.01.96	27,294	--	--
2	07.04.96	28,734	1,440	1,440
3	11.07.96	30,990	2,256	3,296
4	02.10.96	32,934	1,944	4,200

Periodo promedio en horas ocurrencia falla: 1,880 hr

**CUADRO N° 4.3**

**Calentamiento anormal del Sistema de enfriamiento del Motor. Fallas en Radiador, bomba de agua .**

<b>N° fallas</b>	<b>Fecha de hora Falla</b>	<b>Servicio Motor</b>	<b>Periodo horas</b>	<b>Horas Acumuladas</b>
1	09-01-96	26,923	--	--
2	08-08-96	31,939	5,016	5,016
3	23-03-97	36,955	5,400	10,416

Periodo Promedio en horas de ocurrencia falla: 5,208 hr

#### CUADRO N° 4.4

Fallas de Lubricación en el motor, Obstrucción de Filtro de aceite, bomba de aceite, Nivel de aceite, Líneas de Lubricación

N° fallas	Fecha de hora Falla	Servicio Motor	Periodo horas	Horas Acumuladas
1	28.01.96	27294	--	--
2	27.02.96	27994	700	1235
3	07.04.96	28694	960	2195
4	20.05.96	29654	1032	3227
5	11.07.96	30686	1224	4451
6	09.09.96	31910	1392	5843
7	02.10.96	32462	552	6395

Periodo promedio en horas de ocurrencia falla: 977 hr

De acuerdo a estos datos históricos de ocurrencia de fallas en los equipos mas la experiencia de 30 años en la operación y mantenimiento de los mismos se establecen que acciones se deben efectuar primero en la máquina y con que frecuencia.

#### CUADRO RESUMEN DE PERIODO PROMEDIO DE FALLAS

Descripción	Periodo horas
Por balancines ajuste de válvulas regulación de bombas inyectores.	933
Falla salida de punto por bomba de Inyección	1880
Por calentamiento anormal Sist. Enfriamiento.	5208
Obstrucción filtro aceite, líneas lubricación.	977

De acuerdo a este resumen se estableció los periodos de intervención a las unidades, antes que sufran averías mayores.

El siguiente cuadro de los Mantenimientos que quedaron establecidos se definió tomando en cuenta este análisis de falla real y se muestran en el cuadro.

Las acciones del Mantenimiento que se programaron se agrupan para que se ejecuten diariamente y periódicamente.

**Resultados del Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto:**

**CUADRO N° 4E**

<b>CÓDIGO DE ACCIÓN</b>	<b>PERIODO DE EJECUCIÓN ACCIONES A EJECUTARSE</b>
<b>d</b>	<b>Diario</b>
<b>B I</b>	<b>1,440 horas (Bimensual I)</b>
<b>B II</b>	<b>2,880 horas (Bimensual II)</b>
<b>S</b>	<b>4,320 horas (Semestral)</b>
<b>B III</b>	<b>5,760 horas (Bimensual III)</b>
<b>B IV</b>	<b>7,200 horas (Bimensual IV)</b>
<b>A</b>	<b>8,640 horas (Anual)</b>

#### **4.3. SOLICITUDES DE SERVICIOS Y ÓRDENES DE TRABAJO**

Son la administración de los trabajos en el corto plazo, las solicitudes son elaboradas por el usuario de producción y otras áreas, incluyendo mantenimiento para lo cual se manejan documentos o formas standard que contienen información básica, como:

- Fecha y Hora de solicitudes
- Fecha y Hora de iniciación
- Fecha y Hora de entrega
- Centro costos solicitante y ejecutante
- Descripción del trabajo
- Tiempo de parada y ejecución
- Código del equipo
- Urgencia del equipo por reparar
- Repuestos estimados y reales
- Mano de obra estimada real
- Firma del solicitante, recepción y aprobación

Toda la información de los solicitantes y órdenes de trabajo que se reunió, se analizaron y se sugirió y estableció Programaciones de 500 horas, de 750 horas, de 1000 horas ,1500 horas ,2000 horas y así sucesivamente, además se manejan solicitudes pendientes, se controlan las programaciones y se evalúan produciendo estadísticas y casos que sirven para tomar decisiones.

#### **4.3.1 Registro de Equipos**

Se hizo una recopilación sobre los recursos físicos de cada equipo que se tiene instalado en las zonas, distribución de ellos, subsistemas, equipos, conjuntos, relaciones, componentes, etc.

*Información General:* código, nombres, ubicación, marca, modelo, serie, proveedores, categorías, fecha de instalación, capacidad máxima, capacidad actual.

*Lista de repuestos:* código de la empresa, stock requerido, cantidad instalada.

*Lista de actividades o instrucciones de mantenimiento:* código de disponibilidad del equipo.

*Orden de trabajo:* descripción, tipo de actividad, fecha de realización, horas-hombre, repuestos cambiados, costo total

#### **4.3.2 Mantenimiento Sistemático Y Preventivo**

Se refiere a las actividades y estrategias que se tomaran para prevenir los daños. Su objetivo básico es el manejo de la lista de actividades que se han determinado después de un estudio concienzudo de los recursos físicos y de información; normas de los fabricantes, manuales de mantenimiento y experiencia de los operadores de los equipos.

Para cada uno de los diferentes modelos se tiene un plan de trabajo que consta de una o varias tareas con la mano de obra implicada, materiales y herramientas estas actividades se realizan después del análisis de frecuencia de fallas.

Con base en lo anterior se generan planes de mantenimiento programados, teniendo en cuenta los intervalos, el tiempo de duración de las actividades, periodos que no implican paradas en la producción y así se obtienen:

Programas diarios de inspecciones

Programas mensuales para cada equipo

Programas por modelos de equipos

Programas por zonas de trabajo

#### **4.4. ALMACÉN DE REPUESTOS**

Es un factor muy importante para la política de reducción de costos en el control adecuado de los repuestos, materiales y accesorios de mantenimiento.

Un manejo sin planteamiento produce sobrecostos por inventarios altos y por paradas largas en la producción, debido a la falta de repuestos a tiempo.

Para esto además del programa anual de pedido de repuestos para reparaciones mayores, se debe manejar en stock de repuestos para emergencias, el que debe mantener la siguiente información.

Código

Descripción



Referencia

Unidad de medida

Punto de pedido

Lote de pedido

Costo unitario

Consumo promedio

Clasificación

Lubricación

Se deben manejar documentos internos de la empresa para solicitud y compra de materiales

#### **4.5. MANO DE OBRA**

Para realizar las tareas de mantenimiento se debe considerar las necesidades cualitativas y cuantitativas del personal; hay que planear el adiestramiento para tener personal especializado para realizar con calidad y agilidad las tareas.

Se debe manejar la siguiente información:

Personal: Nombre, código, oficio, categoría, fecha de ingreso

Oficios: Tipo, descripción, valor del salario.

#### **POLÍTICA EMPRESARIAL DE MANTENIMIENTO**

Repotenciar y reponer equipos obsoletos, deteriorados y de bajo rendimiento.

Garantizar con prioridades inversión programada en mantenimiento (plan de inversiones y presupuestos) rubro indispensable en el presupuesto.

Fijar el mantenimiento de inversión anual de Mantenimiento en función al valor de reposición de las instalaciones y equipos (aproximadamente 5% como inversión mínima anual)

Dar preferencia absoluta al cumplimiento del Mantenimiento Preventivo, evitando al máximo el alto costo de mantenimiento correctivo (generalmente es 10 veces más caro que el mantenimiento preventivo)

Revisar los equipos con un déficit de mantenimiento mayor a 30,000 horas de funcionamiento, para evitar deterioro prematuro, alto costo de reparación y fuera de servicio de la unidad.

## **CAPÍTULO V**

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Antes de aplicar un programa de mantenimiento, se debe conocer la condición o estado de los equipos, mediante instrumentos o inspección visual.

Los estándares del mantenimiento preventivo se obtienen mediante la información que suministra:

Los fabricantes de equipos.

Experiencia del personal de mantenimiento y operadores.

Historial de los equipos.

Dentro de los estándares, se tiene las siguientes tareas básicas:

Limpieza.

Lubricación.

Inspección.

Ajuste/Calibración.

Cambio de algunos repuestos.

#### **5.1. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

1. Difusión de la filosofía y ventajas del mantenimiento preventivo.

2. Inventario y codificación de equipos.
3. Determinación del estado de equipamiento.
4. Clasificación de los equipos de acuerdo a su importancia.
5. Elaborar estándares de trabajo.
6. Implementación de las órdenes de trabajo.
7. Establecer rutas y frecuencias del mantenimiento preventivo.
8. Historial de los equipos
9. Informes del mantenimiento preventivo
10. Plantear una organización adecuada para la planificación y control del mantenimiento preventivo.
11. Compromiso de la alta dirección para asignar los recursos necesarios.

## **5.2. ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

Lubricación.

Inspección y montajes de partes de los equipos: Rodajes, acoples, fajas.

Selección de materiales.

Reporte del trabajo ejecutado.

## **5.3 PLAN DE ACCIÓN (ORGANIZACIÓN)**

### **5.3.1 Plano de máquinas y equipos.**

Flujo de producción. Como primer paso es necesario tener un plano de planta con sus instalaciones maquinarias y equipo, indicándose el proceso que recorre el flujo de producción con simbología convencional, que permita en forma completa identificar las unidades para fines del programa.

### **5.3.2 Codificación de máquinas y equipos.**

Existen muchos sistemas, es conveniente utilizar uno, de características muy generales conocidas, sencillo y con disponibilidad para interrelacionar su estructura con otra simbología equivalente, aplicada por contabilidad, almacenes, etc.

### **5.3.3 Apariciones de formatos de mantenimiento.**

Si bien es cierta la cantidad de apariciones a elaborarse, depende de la dimensión de los trabajos a realizarse, del tamaño de la empresa y del nivel de apariciones existente, existe una clara y marcada tendencia en el hombre de mantenimiento a trabajar con pocos papeles.

Lo importante en el decidirse a usar un documento, es determinar si para los fines "propios" son útiles en el alto porcentaje o no, y esta aparición se toma en base a apariciones reales de su tipo específico de planta y solamente para ello, existe una creencia errada que cualquier documento o formato se adecue a una fábrica, la condición es inversa.

### **5.3.4. Implantación de las órdenes de trabajo.**

La orden de trabajo, es un documento básico para todas las actividades de mantenimiento, porque se ubican en el lindero de ingreso (input) y salida (output) reflejando su utilización, indirectamente el flujo de necesidades de fábrica y atenciones que realiza el área de mantenimiento.

**5.3.5. Tablero de control del movimiento de órdenes de trabajo.**

El flujo de órdenes de trabajo, aplicado en todas las empresas, puede y debe registrarse en un tablero que represente la distribución diaria de volúmenes que se originan en el proceso productivo.

Este tablero de control permite acumular mensualmente los tipos de intervención ejecutadas sobre cada máquina y equipo definiendo cada uno de ellos para una simbología cuya representación deberá ser fácil y de rápido entendimiento, tal como se presenta.

**5.3.6. Elaboración de fichas de máquinas.**

La creación de un programa de mantenimiento preventivo requiere efectuar un levantamiento de datos técnicos, especificaciones y referencias del estado operacional del equipo, existiendo muchos tipos de fichajes para máquinas.

**5.3.7. Elaboración del historial de máquinas.**

El conjunto de maquinarias y equipos en operación en la empresa tiene un antecedente desde su inicio de funcionamiento y hasta el momento actual, habiéndose podido registrar o no dicha información en diversas forma.

Básicamente el historial de máquinas es el representativo cronológico de su tratamiento o índice de utilización sirviendo como excelente herramienta para el analista de mantenimiento en cuya observación pueden definir muchos aspectos técnicos sobre su nivel de operación.

### **5.3.8. Organización del archivo de catálogos.**

Esta actividad es muy similar, ya que el departamento de Mantenimiento colecciona todos los folletos, catálogos, formularios, especificaciones, tablas, etc., de carácter general y particular de cada una de las máquinas y equipos, requiere que esta documentación se codifique totalmente en forma muy similar al establecido para máquina/equipo, preparando simultáneamente un estante o un accesorio donde puede ubicarse, clasificado con su número correspondiente.

Es recomendable una vez clasificada la documentación determinar cuáles son las máquinas y equipos que carecen de documentos técnicos para actividades de consulta de mantenimiento, debiendo proceder si fuera posible a comunicar con el proveedor respectivo para que emita estas especificaciones técnicas y en esa forma poder conformar un gran volumen de información técnica.

### **5.3.9. Elaboración de Plano de Planta de Máquinas.**

Este plano de planta de máquinas es el mismo utilizado en el levantamiento de datos que solamente requiere diagramarlo a una dimensión de 2 metros y colocarlo en el Departamento de Mantenimiento para su visualización total en forma permanente.

### **5.3.10 Descripción de Partes de Máquina.**

El equipo está constituido por una gran cantidad de partes estructurales, frente a lo cual se puede plantear como primera pregunta:

¿A cuántas partes de la máquina se debe aplicarle mantenimiento preventivo?

Esta respuesta no es fácil de contestar, debido a que requiere desarrollar una evaluación total y analizar su estructura bajo diversas opiniones técnicas, las que en su conjunto finalmente podrán determinar este volumen requerido.

El programador de mantenimiento tiene que analizar la estructura de la máquina siguiendo el flujo motriz en el sentido de producción de las máquinas, describiendo el lenguaje sencillo y práctico la mayor cantidad posible de partes significativas que considera necesario su cuidado y conservación durante el proceso productivo.

El programador no deberá opinar sobre que cantidad de partes de máquinas son o no importantes a tomar en cuenta en el levantamiento de datos, el cuál deberá ser asumida por personas técnicas hacia las cuales se le ha extendido la correspondiente encuesta.

#### **5.3.11 Selección de Partes de Máquinas.**

Elaborada la relación de partes de máquinas por el programador, éste elabora el formato, hoja de encuesta y hojas de personas encuestadas; a que ante la descripción de partes de máquina defina desde su punto de vista técnico la necesidad o no que a ella se le dé un programa de mantenimiento sin interesar la frecuencia del mismo.



El tiempo de vida útil de un motor se puede extender en gran manera si se establece un programa de mantenimiento preventivo y se adhiere estrictamente a él.

Aun con el mejor de los mantenimientos, el motor puede experimentar problemas si durante su instalación se descuidan factores como el alineamiento con otro equipo, juego axial del cigüeñal o un montaje inadecuado. El rendimiento del motor se monitorea observando continuamente las presiones y temperaturas de operación.

Se deben hacer comparaciones periódicas con datos tomados cuando el motor comenzó a funcionar. Medidas correctivas inmediatas se pueden tomar para remediar la causa del cambio antes que el problema se vuelva más grave.

Cuando el motor está funcionando satisfactoriamente no trate de mejorar su eficiencia haciendo continuamente ajustes menores. El esfuerzo diario de mantener el motor limpio, pagará dividendos en tiempo, esfuerzo y costo de reparación.

## **5.4 ASPECTOS QUE DEBE CONSIDERAR EL INSPECTOR EN EL DIAGNÓSTICO DE LOS PROBLEMAS**

### **5.4.1 Definición del Problema.**

Asegurarse de tener una comprensión clara del por qué se está analizando la máquina, esto lo guiará para realizar el esquema de análisis. Puede ser requerido por lo siguiente:

Fallas frecuentes de componentes-rodamientos, acoplamientos, sellos, impelentes.

Las fallas estructurales frecuentes, carteles, cimentación.

Demasiado ruidoso.

### **5.4.2 Historia de la Máquina.**

La experiencia ha mostrado que el personal operador de máquina y mantenimiento, tiene un mayor conocimiento de los cambios realizados en la máquina, que el ingeniero o supervisor de planta.

#### **Algunas preguntas claves para responder:**

1.     ¿Cuándo comenzó el problema?  
      ¿Hubo un aumento repentino de vibraciones?  
      ¿Hubo un aumento gradual de vibraciones?  
      ¿La máquina siempre trabaja toscamente?
  
2.     Se han hecho algunos cambios recientemente.  
      ¿Modificaciones-tuberías? ¿Estructural? ¿Reparaciones?  
      ¿Modificaciones básicas? ¿Nuevas máquinas en el área?

¿Cambios en la velocidad de la máquina?

¿Cambios en poleas y/o engranajes?

¿Cambios en la carga de la máquina?

### **5.4.3 Información de la Máquina.**

Un buen lugar para comenzar a recopilar los detalles de la máquina es hacer primero un esquema de la máquina, el cual deberá incluir:

El tipo de rodamiento (elemento rodante, manguito, presión de lubricación).

Tipo de acoplamiento.

La velocidad de salida.

Detalles de rodamiento, tal como número de elementos rodantes, etc.

El número de dientes del engranaje.

Velocidades críticas de la máquina. ¿Opera la máquina en más de una velocidad?

Las fuentes de vibraciones, tal como otras máquinas en el área.

### **5.4.4 Inspección Visual de la Máquina.**

Esta información puede ser concebida como formación suplementaria a los detalles de la máquina. Cualquier falla que fuera encontrada debería estar documentada.

Algunas cosas para buscar son:

Partes sueltas, gastadas o rotas.

Sellos goteando.

Rajaduras de Formaciones.

Formación de depósitos en el impulsor si son visibles (paletas de ventilador).

#### **5.4.5. Información adicional.**

Es necesario registrar datos adicionales, como:

Carga de la máquina.

Eficiencia.

Velocidad.

Temperatura.

### **5.5. EL MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD**

El mantenimiento basado en la confiabilidad es un sistema que, integrando diversas tecnologías, recoge, organiza y normaliza la información que determina el estado de funcionamiento de la maquinaria y realiza su monitoreo a fin de controlar y mantener estos parámetros dentro de niveles determinados, estos niveles caracterizan su confiabilidad.

Confiabilidad es la capacidad de una máquina para realizar su función específica en determinadas condiciones y con un rendimiento definido durante un período de tiempo dado. En otras palabras, puede expresarse como la probabilidad de que funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un determinado período.

## **OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO**

### **5.5.1. Eliminar las averías de las máquinas.**

Obtener información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas.

### **5.5.2. Minimizar costos de mano de obra de reparaciones.**

En base a un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.

### **5.5.3. Anticiparse y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.**

Permitir a los departamentos de producción y mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la Planta.

## **5.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL MOTOGENERADOR**

De acuerdo a la experiencia del personal de Mantenimiento, algunas recomendaciones técnicas del fabricante y el estudio de fallas más comunes en las máquinas, se establece un plan de mantenimiento que se generaliza para todos los MOTOGENERADORES por tener similares Comportamientos en su operatividad. (Ver CUADRO 5B)

### **5.6.1 Formato de Control Horario**

El plan propuesto se elabora en función a las horas de servicio de cada máquina, siendo importante preparar un formato de control horario para cada

motor y que tenga todos los parámetros que permitan evaluar su grado de operatividad, tal como:

Temperatura agua del motor.

Presión de aceite.

Temperatura de aceite en motor

Contómetro.

Horas de servicio.

### 5.6.2 Plan de Mantenimiento

El control y buen registro de las horas de servicio del motogenerador, mediante el formato de Control Horario, facilita elaborar un eficiente plan de mantenimiento para cada motor.

Las acciones del Mantenimiento Programado se agrupan para que se ejecuten diariamente y periódicamente.

#### **RESULTADOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **PROPUESTO:**

**CUADRO N° 5.1**

<b>CÓDIGO DE ACCIÓN</b>	<b>PERIODO DE EJECUCIÓN ACCIONES A EJECUTARSE</b>
<b>D</b>	<b>Diario</b>
<b>B I</b>	<b>1,440 horas (Bimensual I)</b>
<b>B II</b>	<b>2,880 horas (Bimensual II)</b>
<b>S</b>	<b>4,320 horas (Semestral)</b>
<b>B III</b>	<b>5,760 horas (Bimensual III)</b>
<b>B IV</b>	<b>7,200 horas (Bimensual IV)</b>
<b>A</b>	<b>8,640 horas (Anual )</b>

**CUADRO 5.2: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA  
GENERADORES ELÉCTRICOS CON MOTOR DIESEL**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE ACCIONES</b>
D	Diario
D-1	Chequear nivel de aceite.
D-2	Chequear nivel de agua de enfriamiento, condición del agua, calor, etc.
D-3	Inspeccionar los filtros de aire y respiraderos del cárter.
D-4	Inspeccione las líneas y tuberías de agua, aceite y combustible, asegurarse que no existan fugas.
D-5	Chequear la presión del combustible diesel asegurándose que se mantenga en su valor correcto.
D-6	Escuche el funcionamiento del motor, cualquier ruido anormal debe ser investigado inmediatamente.
D-7	Chequear fugas de agua, aceite y combustible en el motor.
D-8	Chequear la tensión de las bandas, condición, etc.
D-9	Mantener siempre limpio el exterior del motor.
B	Mantenimiento bimestral cada: 1,440 horas; 2,880 horas; 5,760 y 7,200 hrs.
B-1	Registrar datos antes y después del mantenimiento.
B-2	Engrasar chumaceras y otros puntos que necesitan lubricación.
B-3	Calibrar válvulas y Balancines.
B-4	Tomar compresión en todos los cilindros
B-5	Chequear tensión y condición de las bandas.
B-6	Chequear los intercambiadores de calor, aceite, agua.
B-7	Chequear Gobernador hidráulico del motor y sincronizar la marcha.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE ACCIONES</b>
B-8	Extraer, limpiar y calibrar Inyectores.
B-9	Chequear y limpiar filtros de aire.
B-10	Chequear y/o cambiar filtros de combustible.
B-11	Revisar y limpiar Bomba de Inyección.
S	Cada 4,320 horas.
S-1	Cambiar inyectores de combustible.
S-2	Cambiar aceite y filtros de aceite.
A	Cada 8,640 horas.
A-1	Chequear sistema de enfriamiento – termostatos y condición del agua – dar mantenimiento de ser necesario – agregar inhibidor de corrosión.
A-2	Cambiar filtros de aire.
A-3	Cambiar filtros de combustible.
A-4	Cambiar inyectores ò bombas inyectores.
A-5	Revisar gobernador ò actuador cambiar si es necesario.
A-6	Cambiar bomba principal de agua (kit repuestos).
A-7	Cambiar bomba auxiliar del agua.
A-8	Revisar metales de bancada.
A-9	Verificar juego axial del cigüeñal.
A-10	Chequear y limpiar enfriador de aceite.
A-11	Cambiar fajas.
A-12	Cambiar arrancador.
A-13	Verificar alineamiento Motor- Generador y acoplamiento.
A-14	Chequear apriete de pernos de anclaje motor.
A-15	Cambiar aceite y filtros.





### **5.6.3 Cuadros Diversos de Ejecución y Control del Mantenimiento Programado ( Cuadro 5.3 )**

Para la ejecución y control del mantenimiento, se han elaborado formatos por Motor y por Generador para evaluar y controlar la ejecución del Mantenimiento Programado.

Formato "Control de Materiales", permite controlar los materiales usados en cada acción del mantenimiento y permite analizar la evaluación económica del mismo.

Formato "Tiempo de Ejecución", se evalúa las horas-hombre (H:H:) que se utiliza con cada acción programada.

Formato "Control de Gastos", permite conocer el rendimiento económico del mantenimiento.

## **CAPÍTULO VI**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

Es un factor importante en la evaluación del mantenimiento, por lo tanto el objetivo en lograr que resulte el más económico posible.

Para esto hay que registrar todos los costos que intervienen, tanto de mano de obra, como de materiales y herramientas, repuestos y otros costos indirectos.

Además del costo de mantenimiento hay que considerar también los costos por fallas de un equipo, no solo tiene consecuencia al mismo equipo que se ha averiado, sino también afecta al operador, a la producción a la eficiencia, a la calidad, etc.

Los costos de mantenimiento que determinamos mensualmente, lo contabilizamos en dólares, a nivel de toda la empresa.

Luego para comparar mes a mes nuestros costos, siendo la producción variable, encontramos el costo de mantenimiento por barril producido de petróleo, y que si nos va a permitir comparar los costos y estar controlando para ir reduciéndolo, analizando los costos más altos de acuerdo a récord histórico.

A fin de tener un índice que permita evaluar económicamente el Mantenimiento Programado aplicado a un Motogenerador, durante un año, se analiza y evalúa la

reparación de una avería producida en un Motogenerador fallado, cuya falla no hubiera ocurrido si se aplicaba un Plan de Mantenimiento establecido.

Cabe señalar que No se hacía Mantenimiento Preventivo sino Mantenimiento correctivo hasta el año 1996.

## **6.1 GASTOS DE MANTENIMIENTO POR AVERÍA**

### **6.1.1 Descripción de falla**

Esta unidad MOD 3412 533 del Pozo 20- Andoas, produce 400 barriles de Petróleo diarios y estuvo en servicio operando normalmente hasta 13,243 horas (30.04.96) en que falló por fuerte golpe en parte interior del motor.

### **6.1.2. Diagnóstico de falla**

Rotura de cañería de lubricación en la parte interna del pistón y camisa, ocasionó falta de lubricación de pistón, produciendo calentamiento del mismo, cristalización y rotura del pistón a la altura bulón, rotura de camisa, culata rajada, biela torcida, válvulas de admisión y escape torcidas. Las bielas, camisas y pistones adyacentes (vecinas) habían sufrido recalentamiento y para mayor seguridad se procedió a cambiar 3 conjuntos de metal biela, biela, camisa y pistón completo con anillos.

En esta unidad no había mantenimiento programado establecido.

### **6.1.3. Desmontaje motor**

Se realizó desmontaje de unidad en el campo para el trabajo en el menor tiempo posible, se programó una cuadrilla especial formada por un

sobrestante, 6 Mecánicos y 4 Ayudantes Mecánicos, con la debida supervisión. El desmontaje, reparación y montaje lo realizaron en 2 días. La unidad estuvo paralizada 48 horas.

#### **6.1.4. Relación de materiales y repuestos**

Se puede apreciar en el Cuadro 6.1la relación de materiales y repuestos del Motor Caterpillar Modelo 3412 DI averiado.

#### **6.1.5 Evaluación económica de la reparación**

- a) Costo repuestos utilizados en la reparación
- b) Trabajo de terceros: reparación en factoría especializada
- c) Costo por pérdida de producción
- d) Costo por otros materiales

La relación de repuestos que se indican a continuación constituye las piezas averiadas y necesitan ser recambiadas por nuevas. También se adjunta la relación de otros materiales por la reparación.

**CUADRO 6.1**

**A. Relación de repuestos necesarios para la reparación del Motor**

**Caterpillar MOD 3412 DI averiado**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>P.Unitario US\$</b>	<b>P. Total US\$</b>
1	Casquillo de cojinete axial	1	690.45	690.45
2	Cojinete de biela	3	1,568.25	4704.35
3	Casquillo de cojinete biela	3	690.45	2071.35
4	Biela completa	3	3201.99	9605.97
5	Pistón completo	3	2047.58	6142.76
6	Camisas cilindro	3	1583.87	4571.61
7	Perno de pistón	3	175.44	526.32
8	Varilla levanta válvula	2	127.15	254.30
9	Anillo obturador	45	15.84	712.80
10	Anillo rascador	18	16.60	298.80
11	Válvula de admisión	9	67.15	604.35
12	Válvula de escape	9	67.15	604.35
13	Empaquetadura	9	22.26	200.34
14	Empaque cobre camisa	9	20.55	185.04
15	Empaque goma camisa	18	8.67	156.05
				<b>\$ 31509.24</b>

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant</b>	<b>P.Unitario US\$</b>	<b>P. Total US\$</b>
1	Trapo industrial	10	0.05	0.50
2	Pliegos lija de agua-fierro	20	0.075	1.50
3	Empaque vitorite	3	3.33	10.0
<b>SUB TOTAL</b>				<b>12.00</b>
<b>OTROS</b>				<b>12.00</b>
<b>COSTOS OTROS MATERIALES</b>				<b>\$ 24.00</b>

**B.- Los principales trabajos por servicio terceros:**

Reparación de una culata rajada con

soldadura en frío

\$ 6,000.00

**C.- Costo por pérdida de producción:**

Durante el periodo de paralización:

El motor trabaja con una carga constante promedio del 85% potencia efectiva.

El tiempo de duración de la falla es de 48 horas (2 días).

La producción diferida de producir 400 barriles diarios

Barril de petróleo en \$24.00 ( 20 /04/96)

2 x 400 x 24 = \$ 19.200

\$ 19,200.00

**D.- Costo por mano de obra de la reparación:**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mensual US\$</b>	<b>Total US\$</b>
1	Supervisor de mantenimiento	1.000	1000.00
1	Sobrestante de mantenimiento	500	500.00
6	Mecánico de mantenimiento	6 x 400	2400.00
4	Ayudantes de mantenimiento	4 x 200	1000.00
			<b>\$ 4,900.00</b>

**Esto en 30 días de trabajo, en 3 días de trabajo sería 490 .00 dólares**

**E.- Costo por otros materiales \$24.00**

**Resumen:**

<b>A</b>	<b>Repuestos generador averiado</b>	<b>31,509.24</b>
<b>B</b>	<b>Servicios de terceros</b>	<b>6,000.00</b>
<b>C</b>	<b>Perdida de producción</b>	<b>19,200.00</b>
<b>D</b>	<b>Mano de obra mantenimiento</b>	<b>490.00</b>
<b>E</b>	<b>Otros materiales</b>	<b>24.00</b>
		<b>\$ 57,223.24</b>

**Costo total de mantenimiento por 01 avería \$ 57,223.24**

**Nota :**

Debe considerarse que es solo una avería, porque en caso de no realizarse Mantenimiento Preventivo la avería puede ser de mayor gravedad ò presentarse varias en un periodo corto de tiempo.

**6.2 GASTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

**6.2.1. Evaluación de Gastos por Acciones del Mantenimiento Programado**

La Evaluación Económica del Mantenimiento Programado para un Motogenerador, aplicado durante 1 año, por lo que partimos de las consideraciones siguientes:

- Todos los Motogeneradores reciben el mismo Plan de Mantenimiento.
- El Mantenimiento se cumple de acuerdo al plan propuesto.
- El promedio de horas de funcionamiento de los Motogeneradores son de 720 horas/mes.
- El costo promedio de 1 Hora- Hombre por Mano de Obra es de 1.50 dólares.



## CÁLCULO DE LAS HORAS DE FUNCIONAMIENTO PROMEDIO AL AÑO

Tomando en cuenta las premisas descritas, tenemos:

Tiempo Funcionamiento:

$$720 \times 12 = 8,640 \text{ horas/año.}$$

Siendo las 8,640 horas el período promedio Anual de Funcionamiento del Motoogenerador , todo el Mantenimiento Programado se evalúa en dicho lapso.

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJECUCIONES DE CADA ACCIÓN AL AÑO

De acuerdo al período de evaluación anual y la frecuencia de cada acción del mantenimiento, obtenemos el cuadro 6.2, para a 01 motogenerador por año.

CUADRO 6.2

ACCIÓN DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO	FRECUENCIA (horas)	EJECUCIÓN POR AÑO
B I	1,440	6.0
B II	2,880	3.0
S	4,320	2.0
B III	5,760	1.5
B IV	7,200	1.2
A	8,640	1.0

### 6.2.1 Costo por Acción B

La acción B-1 requiere grasa para todos los puntos de engrase en cada ejecución, cuyo costo es de \$6.00 el kilogramo de grasa.

Las acciones B-2, B-3, B-4, B-5, B-7, B-8, B-9, B-10 y B-11, sólo requieren de mano de obra o material de costo insignificante, en su mayoría se trata de hacer inspecciones y ajustes. La acción B-6, requiere cambiar empaquetadura de vitorite, ya que se inspecciona parte interna de los

intercambiadores de calor, para este caso se usa empaquetadura de asbesto.

**FORMATO CONTROL DE GASTOS DEL MANTENIMIENTO  
PROGRAMADO POR ACCIÓN**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>\$ M.O.</b>	<b>\$ COSTO MATERIAL</b>	<b>\$ TOTAL</b>
B-1	1.50	6.00	7.50
B-2	3.00		3.00
B-3	3.0		3.00
B-4	3.0		3.0
B-5	1.50		1.50
B-6	3.00	6.00	9.00
B-7	1.50		1.50
B-8	1.50		1.50
B-9	1.50		1.50
B-10	1.50		1.50
B-11	1.50		1.50
S-1	18.00	Aceite 498.00	516.00
S-2	1.50	Inyectores 600.00	601.50
A-1	6.00	6.00	12.00
A-2	1.50	24.00	25.50
A-3	1.50	filtros 110.00	111.50
A-4	1.50	600.00	601.50
A-5	1.50		1.50
A-6	3.00	Bomba. agua 861.50	864.50
A-7	3.00		3.00
A-8	9.0		9.00
A-10	3.00	6.00	9.00
A-11	3.00	fajas 224.40	227.40
A-12	3.00		3.00
A-13	18.00		18.00
A-14	9.00		9.00

**CUADRO DE TIEMPOS ESTIMADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL  
MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

<b>ACCIÓN</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>H.H.</b>
B-1	1	1M	1
B-2	1	1M + 1A	2
B-3	1	1M + 1A	2
B-4	1	1M + 1A	2
B-5	1	2M	2
B-6	1	1M + 1A	2
B-7	1	1M	1
B-8	1	1M	1
B-9	1	1M	1
B-10	1	1A	1
B-11	1	1M	1
S-1	3	2M + 2A	12
S-2	1	2M	2
A-1	2	1M + 1A	4
A-2	1	1M	1
A-3	1	1M	1
A-4	1	1M + 1A	2
A-5	1	1M	1
A-6	1	1M + 1A	2
A-7	1	1M + 1A	2
A-8	2	2M + 1A	6
A-9	3	2M + 1A	9
A-10	1	1M + 1A	2
A-11	1	1M + 1A	2
A-12	1	1M + 1A	2
A-13	4	2M + 1A	12
A-14	2	1M + 2A	6

Simbología:

M : Mecánico  
A : Ayudante  
H.H. : Horas-Hombre

**CONTROL DE MATERIALES EN EL MANTENIMIENTO**

**AÑO 1996**

<b>Acción</b>	<b>Cant</b>	<b>Unidad medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo por acción ( \$ )</b>
B1	1	Kg	Grasa	6.00
B6	1	Kg	Empaque vitorite	6.00
S1	30	Gal	Aceite sae 40	288.00
S1	12	C/u	Filtros aceite	210.00
S2	6	C/u	Inyectores	600.00
A1	1	Kg	Emp. Vitorite	6.00
A2	2	C/u	Filtros aire	24.00
A3	4	C/u	Filtro combustible	110.00
A6	1	C/u	Kit bomba principal de agua	861.50
A4	6	C/u	Inyectores	600.00
A10	1	Kg	Emp. Vitorite	6.00
A11	6	C/u	Fajas	224.40
A12	30	Gal	Aceite	288.00
A12	12	c/u	Filtro aceite	210.00

**RESUMEN DE COSTOS PARA LA ACCIÓN B**

Acción	Ejec/Año	\$ Material	Mano de Obra		Total \$
			H.H.	\$	
B-1	6.0	6.00	1	1.50	45.00
B-2	6.0	-	2	3.0	24.00
B-3	6.0	-	2	3.00	24.00
B-4	6.0	-	2	3.00	24.00
B-5	6.0	-	2	3.00	24.00
B-6	6.0	6.00	2	3.00	45.00
B-7	6.0	-	2	3.00	24.00
B-8	6.0	-	1	1.50	15.00
B-9	6.0	-	1	1.50	15.00
B-10	6.0	-	1	1.50	15.00
B-11	6.0	-	1	1.50	15.00
<b>Costo promedio por acción B:</b>					<b>\$ 270.00</b>

**6.2.1. Costo por Acción S.**

La acción S-1 requiere cambio de aceite y filtros cuyo costo es de  
\$ 498.00

La acción S-2 requiere el cambio de 06 inyectores cuyo costo es de  
\$ 600.00

**RESUMEN DE COSTOS POR LA ACCIÓN S**

Acción	Ejec/Año	\$ Material	Mano de Obra		Total \$
			H.H.	\$	
S-1	2.0	498.00	12	18.00	1,032.00
S-2	2.0	600.00	2	1.50	1,203.00
<b>Costo promedio por acción S:</b>					<b>\$ 2,235.00</b>

**COSTO POR ACCIÓN A (Acción mantenimiento Anual)**

La Acción A-1 consiste en revisar termostatos, chequeos y revisión del sistema de enfriamiento y agregar inhibidor de corrosión al radiador.

El Costo del Inhibidor de corrosión Nalcool 2000 el galón cuesta \$80.00 y se usa 4 galones, el costo total es de \$320.00

La Acción A-2: cambio de 2 filtros de aire cuyo costo es de \$24.00.

En la Acción A-6: se cambió un Kit total de bomba de agua principal cuyo costo total es de \$861.50

Acción A-11: Cambio de 6 fajas al motor.

**RESUMEN COSTOS POR LA ACCIÓN A:**

<b>Acción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Material</b>	<b>M.obra H.H</b>	<b>M.Obra \$</b>	<b>Total \$ US</b>
A-1	1.0	320.00	4.0	6.0	326.00
A-2	1.0	24.00	1.0	1.5	25.50
A-3	1.0	10.00	1.0	1.5	11.50
A-4	1.0		2.0	3.0	3.00
A-5	1.0		1.0	1.5	1.50
A-6	1.0	861.50	2.0	3.0	864.50
A-7	1.0		2.0	3.0	3.00
A-8	1.0		6.0	9.0	9.00
A-9	1.0		9.0	13.5	13.50
A-10	1.0	6.00	2	3.0	9.00
A-11	1.0	224.40	2	3.0	227.40
A-12	1.0		2	3.0	3.00
A-13	1.0		12	18.0	18.00
A-14	1.0		6	9.0	<u>9.00</u>

**Costo Promedio por Acción A: 1,523.90**

El siguiente cuadro resume los gastos que ocasiona el Mantenimiento Programado durante 1 año.

<b>Acción</b>	<b>(Costo Anual por 01 generador)</b>
<b>B</b>	<b>\$ 270.00</b>
<b>S</b>	<b>2,235.00</b>
<b>A</b>	<b>1,523.90</b>
	<b>\$ 4,028.90</b>
<b>Costo Total por Acciones de Mantenimiento Programado</b>	<b>\$ <u>4,028.90</u></b>

### **6.3. GASTOS POR STOCK DE REPUESTOS , MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Para el Mantenimiento Programado independiente del stock de Material y Repuestos del Almacén para Reparaciones Mayores, se estima un stock mínimo de repuesto, material y equipos usado en la ejecución del Plan de Mantenimiento Programado.

La efectividad del Plan de Mantenimiento se mide por el grado de operatividad y rendimiento de las mismas, reduciendo al mínimo las paralizaciones y fallas:

En este caso las unidades y repuestos son importadas adquiriendo mucha importancia la previsión que permita asegurar la buena aplicación del mantenimiento.

Los equipos y herramientas necesarias para la ejecución del Plan de Mantenimiento ocupa otro factor de importancia, sin ellos no sería posible realizarlo.

El stock mínimo de Repuestos, Equipos y Herramientas para la ejecución del Mantenimiento significa un costo importante que repercute en el Costo Anual del Plan de Mantenimiento Programado.



**CUADRO N° 6.3**

**RELACIÓN STOCK MÍNIMO DE REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO**

**PROGRAMADO**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>P.Unit. US\$</b>	<b>P. Total US\$</b>
1	Empaque tapa balancines	4	6.85	27.40
2	Filtro de aceite metálico	100	17.50	1750.00
3	Filtro de combustible	50	20.00	1000.00
4	Kit bomba principal de agua	1	861.35	861.35
5	Empaq. jebe filtro aceite	4	1.52	6.08
6	Termómetro temp. aceite	12	25.95	311.40
7	Termómetro temp. agua	12	30.00	360.00
8	Kit bomba de inyección	1	252.79	252.79
9	Kit gobernador	1	89.10	89.10
10	Filtros aire	100	12.00	1200.00
11	Intercambiador de calor	1	3850.00	3850.00
12	inyectores	20	94.35	1887.00
13	Fajas	50	37.40	1870.00

**Costo de Repuestos para el Mantenimiento Programado:**

**\$ 13,465.12**

### CUADRO N° 6.4

Relación de Equipos y herramientas para el mantenimiento programado.

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total US\$</b>
1	Probador bomba de inyeccion	1	920.00
2	Manómetros 350 psi	1	308.50
3	Fleximetro	1	786.30
4	Reloj comparador (diales)	1	612.60
5	Torquímetro	1	525.00
6	Filler (calibrador) grande	1	308.00
7	Filler chico	1	711.50
8	Nivel de precisión	1	212.00
9	Micrómetro exterior (1 jgo)	1	155.20
10	Micrómetro interior (1 jgo)	1	132.00
11	Llaves de boca (1 jgo)	1	112.50
12	Llaves mixto	1	118.50
			<b>\$ 4,902.10</b>

**Total de costo de Herramientas Mantenimiento Programado: \$ 4,902.10**

**Total Repuestos, Equipos y Herramientas**

**para el Mantenimiento Programado, considerando**

**una cantidad de Moto generadores en el presente Estudio: \$ 18,367.22**

**CUADRO N° 6.5**

A. Gasto por acciones de mantenimiento	
Programado	\$ 4,028.90
B. Gastos por repuestos, equipos y	
Herramientas para el Manten. Program.	\$ 18,367.22
Costo de aplicar un Mantenimiento	\$ 22,396.12
Programado durante 01 año:	<u>\$ 22,396.12</u>

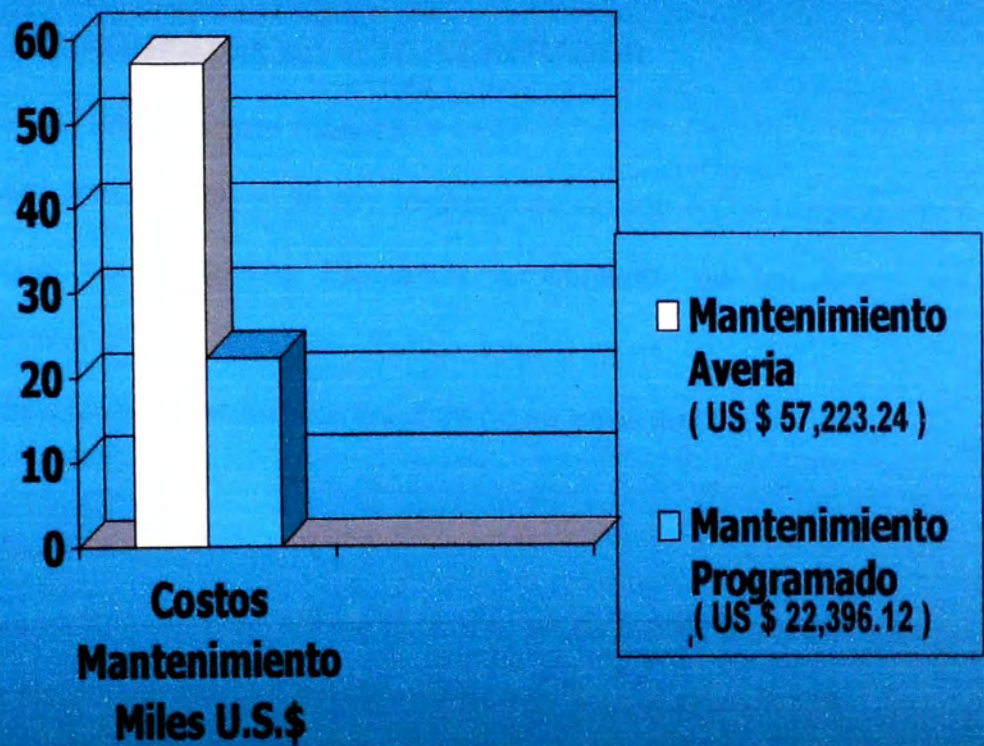
**6.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MANTENIMIENTO POR AVERÍA O CORRECTIVO Y EL MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

En el presente informe, realizado a base de datos reales, se demuestra que el costo por mantenimiento programado de un Motogenerador Diesel durante un año solamente significa el 39.14 costo de una reparación de avería presentada si NO se le realiza Mantenimiento Preventivo.

A continuación se detalla:

<b>Costo de reparar una Avería:</b>	<b>\$ 57,223.24</b>
<b>Costo de aplicar un Mantenimiento</b>	
<b>Programado durante un año</b>	<b>\$ <u>22,396.12</u></b>
<b>Porcentaje del costo por</b>	
<b>Mantenimiento Programado:</b>	<b>39.14 %</b>

## GRAFICO COMPARATIVO MANTENIMIENTO AVERIA V/S MANTENIMIENTO PROGRAMADO



## 6.5 BALANCE ECONÓMICO DE UN MOTOGENERADOR:

Se estima necesario hacer un balance económico del Moto generador que permita evaluar la rentabilidad y se efectúa tomando en consideración los siguientes datos:

- Horas de operación promedio del Motogenerador es de 8,640 horas/año.
- Porcentaje de carga promedio efectiva: 85%.
- Sueldo promedio de un mecánico de mantenimiento que es de \$400.00 mensual

### BALANCE ECONÓMICO DE UN MOTOGENERADOR

#### a. Costo por combustible diesel :

El combustible usado es el propio diesel producido en la Topping Plant (refinería) de la misma Pluspetrol, proveniente de las líneas de producción.

En este caso el costo por combustible no se toma en cuenta.

#### b. Costo por lubricante

El consumo promedio de aceite lubricante es de 0.00005 a 0.004 Lib/HP – Hora, siendo aproximadamente equivalente a 4 galones diarios.

Galón de aceite SAE 40: \$9.60

Como durante el año se realiza 2 cambios de aceite, el costo es el siguiente:  $2 \times 60 \text{ Gal.} + 4 \times 365 = 1,580 \text{ Gal.} \times \$9.6$

**COSTO POR LUBRICANTE = \$ 15,168.00**

**c. Costo por mano de obra**

Se calcula en función a la cantidad del personal que labora para los 12 Generadores de este Campo de Estudio.

20 trabajadores cubren las 24 horas de servicio, para atender los 12 Generadores, c/u gana \$400.00 por mes.

Pago por sueldos al año:

$$\text{\$ } 400.00 \times 20 \text{ Trab. } \times 12 \text{ meses} = \text{\$ } 96,000.00.$$

Como el análisis de costos es por UN MOTOGENERADOR, estos US\$ 96,000.00 son por atender los 12 Generadores, la mano de obra por 1 Generador sería:

$$96,000 : 12 = \text{\$ } 8,000$$

**\\$ 8,000 por UN Generador en un año, por mano de obra.**

**RESUMIENDO:**

LOS COSTOS DE OPERACIÓN POR UNIDAD MOTOGENERADOR

$$\text{\$ } 15,168.00 + 8,000.00 = \text{\$ } 23,168.00.$$

**d. Cálculo del costo de mantenimiento programado**

Los costos de mantenimiento constituyen los gastos del mantenimiento programado en un año, para el Motogenerador

el costo es de: **\\$ 22,396.12**

**e) Ingreso por operatividad del Motogenerador:**

Se refiere al recaudo por venta de petróleo por producción de un Motogenerador, durante el año, siendo el monto que se percibe por producir 400 barriles de petróleo diario (BBP). Por cada Motogenerador

$$400\text{BBP} \times 365 \text{ días} \times \$24.00\text{BBP} = \$3'456,000.00$$

**RESUMEN POR BALANCE ECONÓMICO POR UN GENERADOR EN UN AÑO**

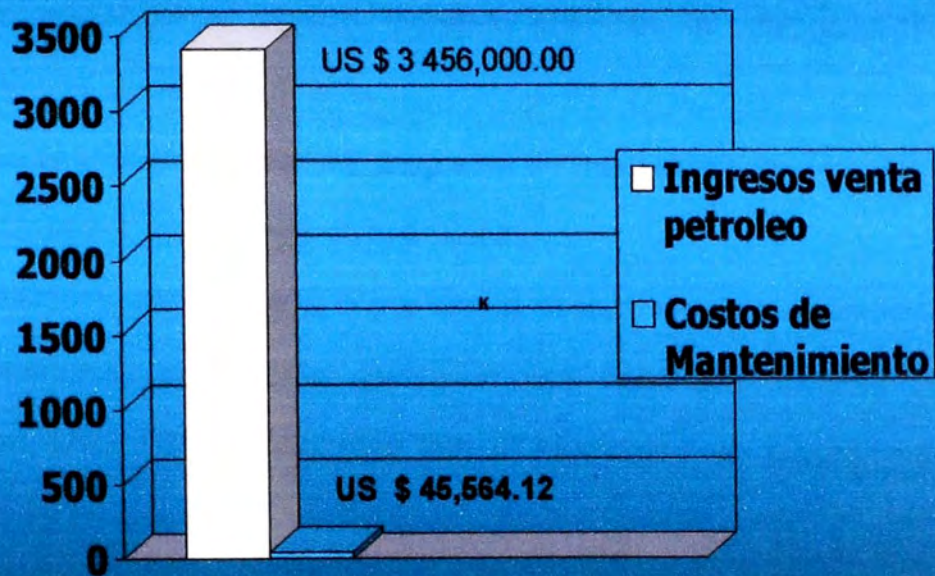
**EGRESOS:**

<b>Costo por Operación:</b>	<b>\$ 23,168.00</b>
<b>Costo por Mantenimiento:</b>	<b><u>22,396.12</u></b>
<b>Total de Egresos:</b>	<b>\$ 45,564.12</b>

**INGRESOS:**

<b>Por Venta de Petróleo:</b>	<b>\$ 3'456,000.00</b>
<b>Superávit por GENERADOR /año:</b>	<b>\$ 3'410,435.88</b>

## GRAFICO BALANCE ECONOMICO DE UN GENERADOR EN 01 AÑO.



**SUPERAVIT POR GENERADOR / AÑO : US \$ 3 410,435.88**



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. La implementación del programa de mantenimiento preventivo ha logrado:
  - a) Minimizar los repuestos en stock y mano de obra, reduciendo los costos de mantenimiento en un 10 %.
  - b) Advertir fallas en estado incipiente y efectuar correcciones a tiempo.
  - c) Aumentar la confiabilidad del mantenimiento al actuar como certificado de calidad en el servicio, logrando aumentar la disponibilidad de equipos del 80% al 90%.
2. Se sugiere la implementación del programa de mantenimiento preventivo en otras áreas de las operaciones de la empresa.
3. El mantenimiento debe estar a la par con el desarrollo e implementación de nuevas máquinas para poder garantizar una operación eficiente de la producción, para ello es necesario que el mantenimiento programado se cumpla al 90 %.
4. Queda claro que es una necesidad, la tecnificación del personal para el seguimiento, control y modernización de los sistemas de mantenimiento, lo cuál se traduce al final en una reducción de los costos de producción, consiguiendo los beneficios de incremento de utilidades. Igualmente, se recomienda que en la organización del mantenimiento, se tracen objetivos concretos, que signifiquen un reto para el personal de mantenimiento, alcanzando de esta manera el beneficio de la eficiencia y la productividad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. MANUAL DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO MORROW.  
Ed. Mc Graw Hill.
2. MOTORES DIESEL CATERPILLAR  
Caterpillar Industries. USA – Catálogo.
3. EL ANALISIS DE ACEITE COMO HERRAMIENTA DEL MANTENIMIENTO  
PROACTIVO  
Primer Congreso de Mantenimiento -Uruguay
4. MOTORES DIESEL  
Pagina web : [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)
5. DIAGNOSTICO TECNICO DE MOTORES MEDIANTE EL ANALISIS  
ESTADISTICO DEL ACEITE LUBRICANTE  
Hidráulica y Termofluidos, versión 1810-8369 UNMSM

# ANEXO 1

## MANTENIMIENTO MECÁNICO DE 1,440 HORAS: BIMENSUAL I MOTOR 3412 DE POZO

1. Leer previamente los procedimientos aplicables:  
Procedimiento para cambio de aceite con motor en marcha
2. Verificar las siguientes lecturas:
  - Presión de combustible: \_\_\_\_\_
  - Presión de aceite: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de agua: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de aceite: \_\_\_\_\_
3. Revisar fallas en componentes:  
Fugas de aire: múltiple y ductos  
Indicador de servicio del filtro de aire
4. Cambiar aceite lubricante con motor en marcha según procedimiento  
Revisar mangueras y líneas de agua
5. Revisar el nivel de agua del radiador y la concentración del inhibidor de corrosión según el siguiente procedimiento:
  - Control del inhibidor de corrosión en el sistema de enfriamiento (uso de cintas indicadoras de pH)
  - Retirar el tapón de drenaje y abrir la válvula ligeramente
  - Colocar la parte amarilla de la cinta indicadora de pH en contacto con el agua que sale del radiador
  - Una vez que el color de la cinta se encuentre estable, compararlo con el calorímetro que se muestra en la cajita. El pH debe estar entre 8.5 y Si el pH está por debajo del rango, agregar 1/8 de galón de inhibidor de corrosión al radiador.
  - Esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir esto hasta estar dentro del rango.

- Si el pH está por encima del rango, drenar 5 galones (CON CUIDADO DE NO ACTIVAR EL SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA)
  - Agregar al radiador la misma cantidad de agua SIN TRATAR, esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir estos pasos hasta estar dentro del rango.
  - Colocar la tapa del radiador y el tapón de drenaje.
6. SI DECIDIO PARAR EL MOTOR, REALICE LO SIGUIENTE
  7. Para el motor
  8. Bloquear arranque del motor y señalar
  9. Cambiar aceite lubricante y filtros
  10. Cambiar filtros de petróleo: primarios y secundarios
  11. Limpiar/ cambiar elemento de filtro de aire
  12. Limpiar el radiador exteriormente
  13. Revisar condición y tensión de fajas
  14. Engrasar rodamientos de mando de ventilador
  15. Limpiar el respiradero del cárter
  16. Retirar bloqueo y señalización en coordinación con el personal Eléctrico e instrumentista
  17. Arrancar el motor

## **ANEXO 2**

### **MANTENIMIENTO MECÁNICO DE 2,880 HORAS: BIMENSUAL II MOTOR 3412 DE POZO**

1. Leer previamente los procedimientos aplicables:  
Procedimiento para cambio de aceite con motor en marcha.
2. Verificar las siguientes lecturas:
  - Presión de combustible: \_\_\_\_\_
  - Presión de aceite: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de agua: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de aceite: \_\_\_\_\_
3. Revisar fallas en componentes:  
Fugas de aire: múltiple y ductos  
Indicador de servicio del filtro de aire
4. Cambiar aceite lubricante con motor en marcha según procedimiento  
Revisar mangueras y líneas de agua revisar mangueras y líneas de agua.
5. Revisar el nivel de agua del radiador y la concentración del inhibidor de corrosión según el siguiente procedimiento:
  - Control de inhibidor de corrosión en el sistema de enfriamiento (uso de cintas indicadoras de pH):
  - Retirar el tapón de drenaje y abrir la válvula ligeramente
  - Colocar la parte amarilla de la cinta indicadora de pH en contacto con el agua que sale del radiador
  - Una vez que el color de la cinta se encuentre estable, compararlo con el calorímetro que se muestra en la cajita. El pH debe estar entre 8.5 y si el pH está por debajo del rango, agregar 1/8 de galón de inhibidor de corrosión al radiador.
  - Esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir esto hasta estar dentro del rango.

- Si el pH está por encima del rango, drenar 5 galones (CON CUIDADO DE NO ACTIVAR EL SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA)
  - Agregar al radiador la misma cantidad de agua SIN TRATAR, esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir estos pasos hasta estar dentro del rango.
  - Colocar la tapa del radiador y el tapón de drenaje.
6. SI DECIDIO PARA EL MOTOR, REALICE LO SIGUIENTE
  7. Parar el motor
  8. Bloquear arranque del motor y señalizar
  9. Cambiar aceite lubricante y filtros
  10. Cambiar filtros de petróleo: primarios y secundarios
  11. Limpiar/ cambiar elemento de filtro de aire
  12. Limpiar el radiador exteriormente
  13. Revisar condición y tensión de fajas
  14. Engrasar rodamientos de mando de ventilador
  15. Limpiar el respiradero del cárter
  16. Revisar el juego radial/axial en los turbos
  17. Revisar y/o cambiar sello de la bomba de agua
  18. Primera calibración de válvulas (sólo si las horas acumuladas del motor son cercanas a las 3000 hrs. Después del overhaul)
  19. Verificar giro de válvulas (motor en mínimo)
  20. Retirar bloqueo y señalización en coordinación con el personal Eléctrico e Instrumentista
  21. Arrancar el motor
  22. Revisar y/o ajustar líneas de combustible

## **ANEXO 3**

### **MANTENIMIENTO MECÁNICO DE 5,760 HORAS: BIMENSUAL III MOTOR 3412 DE POZO**

1. Leer previamente los procedimientos aplicables:  
Procedimiento para cambio de aceite con motor en marcha.
2. Verificar las siguientes lecturas:
  - Presión de combustible: \_\_\_\_\_
  - Presión de aceite: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de agua: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de aceite: \_\_\_\_\_
3. Revisar fallas en componentes:  
Fugas de aire: múltiple y ductos  
Indicador de servicio del filtro de aire
4. Cambiar aceite lubricante con motor en marcha según procedimiento  
Revisar mangueras y líneas de agua revisar mangueras y líneas de agua.
5. Revisar el nivel de agua del radiador y la concentración del inhibidor de corrosión según el siguiente procedimiento:
  - Control de inhibidor de corrosión en el sistema de enfriamiento (uso de cintas indicadoras de pH):
  - Retirar el tapón de drenaje y abrir la válvula ligeramente
  - Colocar la parte amarilla de la cinta indicadora de pH en contacto con el agua que sale del radiador
  - Una vez que el color de la cinta se encuentre estable, compararlo con el calorímetro que se muestra en la cajita. El pH debe estar entre 8.5 y si el pH está por debajo del rango, agregar 1/8 de galón de inhibidor de corrosión al radiador.
  - Esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir esto hasta estar dentro del rango.
  - Si el pH está por encima del rango, drenar 5 galones (CON CUIDADO DE NO ACTIVAR EL SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA)
  - Agregar al radiador la misma cantidad de agua SIN TRATAR, esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir estos pasos hasta estar dentro del rango.
  - Colocar la tapa del radiador y el tapón de drenaje.

6. **SI DECIDIO PARA EL MOTOR, REALICE LO SIGUIENTE**
7. **Parar el motor**
8. **Bloquear arranque del motor y señalizar**
9. **Cambiar aceite lubricante y filtros**
10. **Cambiar filtros de petróleo: primarios y secundarios**
11. **Limpiar/ cambiar elemento de filtro de aire**
12. **Limpiar el radiador exteriormente**
13. **Revisar condición y tensión de fajas**
14. **Engrasar rodamientos de mando de ventilador**
15. **Limpiar el respiradero del cárter**
16. **Revisar y/o reparar el turbo compresor**
17. **Revisar y/o cambiar sello de la bomba de agua**
18. **Regular válvulas**
19. **Verificar giro de válvulas (motor en mínimo)**
20. **Reemplazar inyectores y enviarlos al laboratorio de Andoas para su prueba**
21. **Reajustar perno que asegura el inyector**
22. **Reajustar pernos de culatas**
23. **Cambiar reguladores de temperatura**
24. **Retirar bloqueo y señalización en coordinación con el personal Eléctrico e Instrumentista**
25. **Arrancar el motor**
26. **Revisar y/o ajustar líneas de combustible**



## **ANEXO 4**

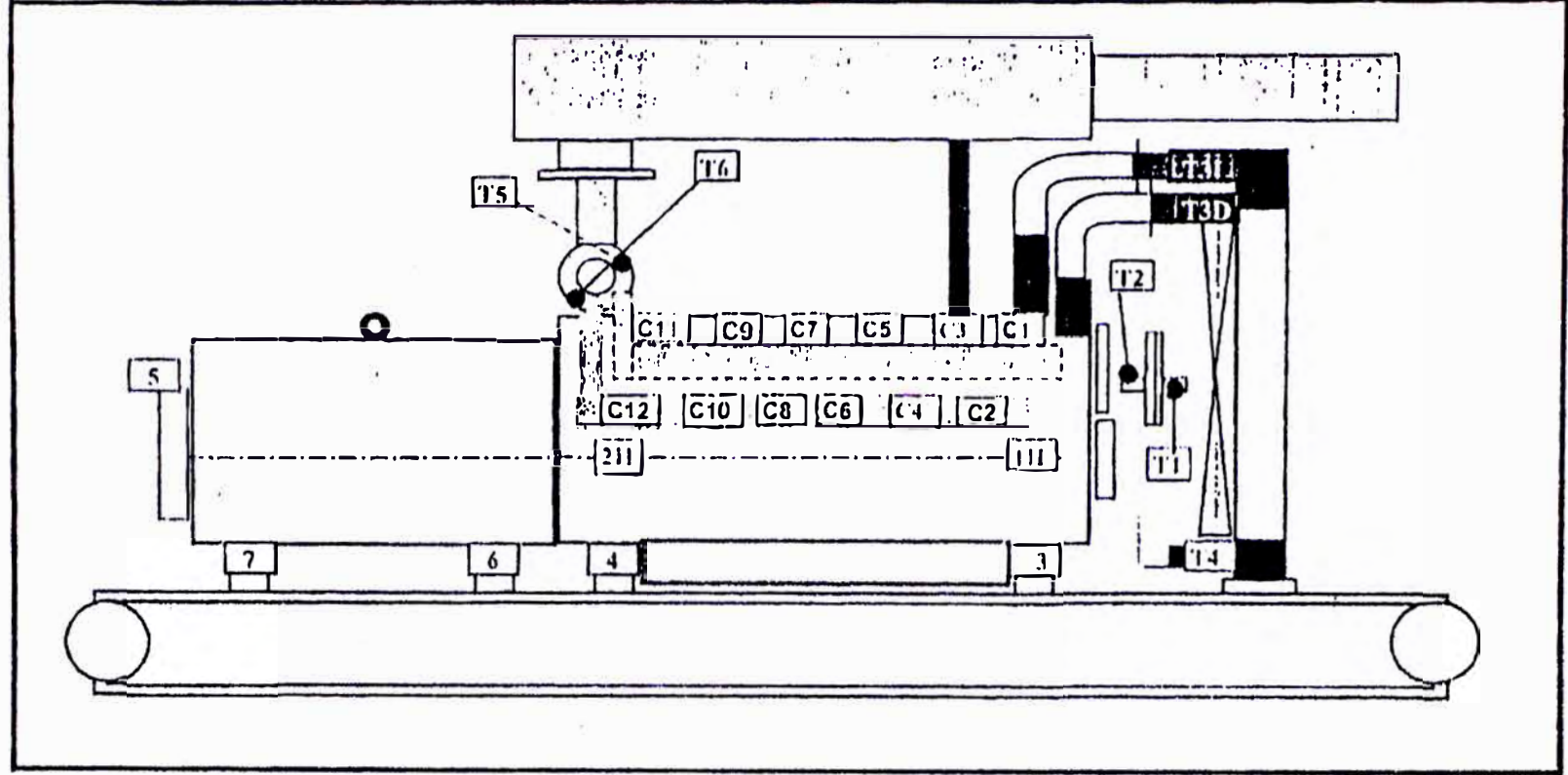
### **MANTENIMIENTO MECÁNICO DE 8,640 HORAS: ANUAL MOTOR 3412 DE POZO**

1. Leer previamente los procedimientos aplicables:
2. Verificar las siguientes lecturas:
  - Presión de combustible: \_\_\_\_\_
  - Presión de aceite: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de agua: \_\_\_\_\_
  - Temperatura de aceite: \_\_\_\_\_
3. Revisar fallas en componentes:  
Fugas de aire: múltiple y ductos  
Indicador de servicio del filtro de aire
4. Cambiar aceite lubricante con motor en marcha según procedimiento  
Revisar mangueras y líneas de agua revisar mangueras y líneas de agua.
5. Revisar el nivel de agua del radiador y la concentración del inhibidor de corrosión según el siguiente procedimiento:
  - Control de inhibidor de corrosión en el sistema de enfriamiento (uso de cintas indicadoras de pH):
  - Retirar el tapón de drenaje y abrir la válvula ligeramente
  - Colocar la parte amarilla de la cinta indicadora de pH en contacto con el agua que sale del radiador
  - Una vez que el color de la cinta se encuentre estable, compararlo con el calorímetro que se muestra en la cajita. El pH debe estar entre 8.5 y si el pH está por debajo del rango, agregar 1/8 de galón de inhibidor de corrosión al radiador.
  - Esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH. Repetir esto hasta estar dentro del rango.
  - Si el pH está por encima del rango, drenar 5 galones (CON CUIDADO DE NO ACTIVAR EL SENSOR DE BAJO NIVEL DE AGUA).
    - Agregar al radiador la misma cantidad de agua SIN TRATAR, esperar 10 minutos a que la mezcla se homogeneice y volver a medir el pH.
6. SI DECIDIO PARA EL MOTOR, REALICE LO SIGUIENTE
7. Parar el motor
8. Bloquear arranque del motor y señalizar.

9. **Cambiar aceite lubricante y filtros**
10. **Cambiar filtros de petróleo: primarios y secundarios**
11. **Limpiar/ cambiar elemento de filtro de aire**
12. **Limpiar el radiador exteriormente**
13. **Revisar condición y tensión de fajas**
14. **Engrasar rodamientos de mando de ventilador**
15. **Limpiar el respiradero del cárter**
16. **Revisar y/o reparar el turbo compresor**
17. **Revisar y/o cambiar sello de la bomba de agua**
18. **Regular válvulas**
19. **Verificar giro de válvulas (motor en mínimo)**
20. **Reemplazar inyectores y enviarlos al laboratorio de Andoas para su prueba**
21. **Reajustar perno que asegura el inyector**
22. **Probar y sincronizar los inyectores de combustible**
23. **Decarbonizar culatas**
24. **Reajustar pernos de culatas**
25. **Cambiar reguladores de temperatura**
26. **Reemplazar la bomba de transferencia de combustible**
27. **Retirar bloqueo y señalización en coordinación con el personal Eléctrico e Instrumentista**
28. **Arrancar el motor**
29. **Revisar y/o ajustar líneas de combustible**



# GENERADOR CAT 3412



**ANEXO 6: CROQUIS DE LECTURA DE PARAMETROS EN MOTOGENERADORES CATERPILLAR**



LOAD CELL - MONITOREO MECANICO - ELECTRICO DE GRUPOS GENERADORES CAT



**ADVERTENCIA:**  
 Este formato es un instrumento de monitoreo y no debe ser utilizado para fines de diagnóstico de fallas.  
 El uso indebido de este formato puede ocasionar daños a las partes del motor y a las personas que lo utilizan.  
 El uso indebido de este formato puede ocasionar daños a las partes del motor y a las personas que lo utilizan.



		MECANICA							ELECTRICIDAD						
UBICACION									VELOCIDAD DEL MOTOR ALTA EN VACIO (RPM)						
HORAS ACUMULADAS									VELOCIDAD DEL MOTOR CON CARGA (RPM)						
HORAS DEL ACEITE									PRESION BAJO CARGA (LUBRIFICACION) (PSI)						
LECTURAS TOMADAS POR									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 40% (PSI) (PUNTO 10)						
FECHA									TAMPOQUE REGULACION @ 40% (RPM) (PUNTO 10)						
TIPO DE SERVICIO:									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 60% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 60% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 80% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 80% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 100% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 100% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 120% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 120% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 140% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 140% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 160% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 160% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 180% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 180% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 200% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 200% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 220% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 220% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 240% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 240% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 260% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 260% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 280% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 280% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 300% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 300% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 320% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 320% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 340% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 340% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 360% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 360% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 380% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 380% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 400% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 400% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 420% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 420% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 440% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 440% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 460% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 460% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 480% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 480% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 500% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 500% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 520% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 520% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 540% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 540% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 560% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 560% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 580% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 580% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 600% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 600% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 620% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 620% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 640% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 640% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 660% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 660% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 680% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 680% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 700% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 700% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 720% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 720% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 740% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 740% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 760% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 760% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 780% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 780% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 800% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 800% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 820% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 820% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 840% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 840% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 860% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 860% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 880% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 880% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 900% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 900% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 920% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 920% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 940% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 940% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 960% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 960% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 980% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 980% (RPM) (PUNTO 10)						
									PRESION BAJO CARGA SUBLTA @ 1000% (PSI) (PUNTO 10)						
									TAMPOQUE REGULACION @ 1000% (RPM) (PUNTO 10)						

ANEXO 8: FORMATO DE MONITOREO MECANICO -ELECTRICO DE GRUPOS ELECTROGENOS (LOAD CELL)





PERMISO DE TRABAJO

Nº 016069

CALIENTE

FRIO

VALIDO PARA EL PERIODO, LUGAR EQUIPO Y TRABAJO INDICADO

Fecha: Hora Inicial Hora Final

Sector/ Área/ Equipo:

Lugar y descripción de la tarea:

Se requiere el siguiente equipo de lucha contra incendio: (llide el casillero que corresponda):

Manguera de Agua Extintor de PQS Extintor CO2 Barrido Otros

PRUEBA DE GASES

OPERACIONES

Table with columns for Grupo Realizado, Hora, Resultado (1 Muestra), Firma, Hora, Resultado (2 Muestra), Firma, and Operaciones (Ita Sido, Si, NO, N/A) including Purgado y Drenado, Lavado, Inyectado, Verificado Estrecho, and Temperatura Ambiente.

LISTA DE VERIFICACION PREVIA DE SUP. RESPONSABLE DE AREA

Checklist table with rows for: Circuitos electricos desenergizados y con avisos de corte, Ausencia de mezclas explosivas, Ausencia de gases toxicos, Temperatura adecuada para el trabajo, Presion del equipo adecuada al trabajo, Válvulas cerradas y con presión ciega, and Drenajes, vertidos u botijos de emision de gas arenados o asegurados.

LISTA DE VERIFICACION PREVIA DE SUP. RESPONSABLE DEL TRABAJO

Checklist table with rows for: Se encuentra (ATS) Analisis de Tarea Segura, acompañando este permiso?, Se ha previsto de los elementos de protección personal?, Se ha delimitado e aislado convenientemente el área de trabajo?, Ha sido instruido el personal en relación con los riesgos que puedan presentarse durante este trabajo?, Permiten los factores externos la realización de la actividad administrativa que el trabajo se realice con seguridad?, and Se encuentran los equipos y/o herramientas revisadas y en buen estado?.

Se requiere el siguiente equipo de protección Personal? (llide el casillero que corresponda)

Table with columns for Cabeza, Manos, Pies, Ojos, Oidos, Cint, Respiracion, Cuerpo, Arnes de Seguridad, Equipo de Aire Asistido, and Otros.

VERIFICACIONES DE SEGURIDAD

Table with columns for Observacion, Apellido y Nombre, Firma, and Hora.

AUTORIZACION DE TRABAJO

Table with columns for Responsable, Apellido y Nombre, Firma, and Hora, with rows for Sup. Resp. del Área, Sup. Resp. del Trabajo, and Sup. Resp. del Contratista.

OBSERVACIONES

CIERRE DE PERMISO

Table with columns for Entrega Sup. Resp. del Trabajo Sr., Firma, Fecha, Entrega Sup. Resp. del Área Sr., Firma, and Fecha.

ESTE PERMISO QUEDA CANCELADO AL ESCUCHARSE LA ALARMA DE EMERGENCIA DE LA PLANTA

FOR SEG-10-2004-REV 0

ANEXO 10: FORMATO DE PERMISO DE TRABAJO



## PROBLEMAS Y CAUSAS DE RECALENTAMIENTO EN MOTORES DIESEL

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE
1. Bajo nivel de presión de aire	A Fugas de conexión entre flujos, sus radiadores, ventas o variación de área del conducto. B Fugas internas por juntas en los sistemas de inyección, empalmes dañados, conductos de distribución o presentando deteriorado.
2. Bajo flujo de aire en el interior del ventilador	A Suciedad del radiador obstruido. B Fugas de flujo del sistema de flujos. C Ventilador de flujo instalado incorrecto. D Pulseras y flejes de ventilador sueltos o flojos. E Obstrucción parcial del ventilador, cuando se encuentra la transmisión en marcha. F Fugas de flujo en los conductos de flujo de aire de los radiadores de flujo. G Excesivo espacio entre el borde de la paleta y la cubierta protectora, permitiendo que el aire escape.
3. Sistema de enfriamiento de agua de radiador obstruido	A Empleo de agua de mala calidad o corrosiva. B Mala calidad de agua de circulación deficiente. C Obstrucción de flujo de agua en el sistema de flujo.
4. Rebose de refrigerante	A Fuga en el sistema de enfriamiento debido al diseño o mal diseño del sistema. B Gases de combustión en el sistema de enfriamiento debido a juntas flojas o mal diseño. C Refrigerantes sucios, empujados de mala calidad, sobrecalentamiento de cámaras calientes. D Motor en exceso de engrasamiento por sobrecarga o bajo nivel de lubricación.
5. Alto nivel de agua de refrigerante	A Termostato de radiador fallido. B Fugas de presión del motor. C Impulsor de la bomba de agua suelta. D Radiador obstruido internamente.
6. Restricción de alta temperatura de admisión de aire	A Alta temperatura ambiente. B Filtro de aire obstruido. C Mallas de protección sucias. D Turbocompresor dañado con depósitos de carbón.
7. Obstrucción de flujo inadecuada	A Obstrucciones en las culebras o en las cámaras de cilindros. B Alas de radiador, dañadas o dobladas.
8. Restricción de flujo	A Filtro de aire obstruido. B Turbocompresor dañado. C Restricción en las tuberías de escape. D Agua en el sistema. E Defletores sueltos en el silenciador. F Tubo de escape demasiado largo.

**NOTA:** Recordar que más del 40% de las fallas en los motores Diesel son causadas o se inician en el sistema de enfriamiento.

### ANEXO 11: CUADRO DE PROBLEMAS Y CAUSAS DE RECALENTAMIENTO EN MOTORES DIESEL

<b>MODELO</b>	<b>ASPIRACIÓN</b>	<b>RPM</b>	<b>HP</b>	<b>CONSUMO COMBUSTIBLE POR HORAS</b>	<b>PESO</b>	<b>CONSUMO ACEITE 12 HORAS</b>	<b>KW</b>
3304	NATURAL	2000	85	5.02	720	0.41	65
3304	TURBO	2000	125	7.09	740	0.6	95
3306	NATURAL	2000	125	7.2	875	0.41	95
3306	TURBO	2000	190	12	890	0.91	140
3406	TURBO	1800	275	18	1405	1.32	205
3408	TURBO	1800	365	22	1475	1.75	270
3412	TURBO	1800	520	34	1950	2.5	390
343	TURBO	1800	335	19	1700	1.61	250
346	TURBO	1800	480	26.4	2940	2.3	360
348	TURBO	1800	725	39	3730	3.48	540
349	TURBO	1800	970	54	5100	4.66	925
342	NATURAL	1200	170	9.3	2380	0.82	125
342	TURBO	1200	240	14	1450	1.25	180
353	TURBO	1200	425	24	2860	2.04	315
379	TURBO	1200	565	34	4435	2.71	420
398	TURBO	1200	850	51	5410	4.08	635
399	TURBO	1200	1125	68	7315	5.4	840

**ANEXO 12: FORMATO DE ESPECIFICACIONES DE MOTORES  
GRUPOS ELECTRÓGENOS CATERPILLAR**

<b>MODELO</b>	<b>HP</b>	<b>KW</b>
D3304	125	93
D306	235	175
D3406	322	240
D3408	402	299
D3412 PC	624	465
D3412 DI	810	604
D379	565	421
D398	850	634
D342	240	179
D343	335	250
D353	425	317
D368	680	507
D3512	1113	830

**ANEXO 13: CUADRO DE POTENCIAS PARA SERVICIO  
CONTINUO DE MOTORES CATERPILLAR**

<b>MOTOR CATERPILLAR</b>
--------------------------

	<b>MODELO D3412/SERIE 81Z</b>		<b>MODELO 35XX/SERIE67Z</b>	
JACKET WATER TEMPERATURE	175@210°F	79@99°C	175@210°F	79@99°C
AIR CLEANER PRESSURE RESTRICCIÓN	30 IN H2O (máx)	7.5 KpA (máx)	30 IN H2o (máx)	7.5 kPA (máx)
FUEL FILTER PRESSURES DIFERENTIAL	15 PSI (máx)	105 KpA (máx)	15 PSI (máx)	105 kPA (máx)
OIL FILTER PRESSURE DIFERENCIAL	15 PSI (máx)	105 KpA (máx)	15 PSI (máx)	105 kPa (máx)
EXHAUST TEMPERATURE	1,000°F (máx)	540°C (máx)	1,000°F (máx)	540°C (máx)
MANIFOLD AIR TEMPERATURE	235°F (máx)	115°C (máx)	235°F (máx)	115°C (máx)
ENGINE OIL TEMPERATURE PRESSURE	220°F(máx)	104°C (máx)	220°F(máx)	104°C (máx)
ENGINE OIL PRESSURE	40 PSI (min)	275Kpa (MIN)	40 PSI (min)	275kPA (min)
FUEL PRESSURE	<b>24@40PSI</b>	<b>170@275Kpa</b>	<b>50@75 PSI</b>	<b>345@520 kPa</b>

**Nota.-** Adicionalmente a estos valores típicos de operación del motor, puede haber otros puntos para conocer las temperaturas y/o presiones de interés en el análisis, que serían medidos haciendo uso de instrumentos o herramientas especiales. Esto puede ser hecho no solo para conocer otros parámetros sino para corroborar los que se obtengan del Panel de Instrumentos.

#### ANEXO 14: FORMATO DE PARAMETROS PERMISIBLES EN MOTORES CATERPILLAR