

**APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y  
CORRECTIVO EN LA REPARACIÓN DE EQUIPOS EN LOS TALLERES DE LA  
EMPRESA ISMOCOL DE COLOMBIA S.A.**

**GUSTAVO ADOLFO DUARTE AYALA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2013**

**APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y  
CORRECTIVO EN LA REPARACIÓN DE EQUIPOS EN LOS TALLERES DE LA  
EMPRESA ISMOCOL DE COLOMBIA S.A.**

**GUSTAVO ADOLFO DUARTE AYALA**

**Informe final del trabajo grado en la modalidad de práctica empresarial**

**Supervisor**

**Ing. Mec. DAVID SILVA RICO**

**Jefe de taller.**

**ISMOCOL DE COLOMBIA S.A.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2013**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bucaramanga 9 de septiembre de 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, la salud, la prudencia y guiarme con la sabiduría necesaria para poder alcanzar mis sueños.

A mis padres Gustavo Duarte Amorocho y Gloria Ayala Rojas, hermanos José Luis Duarte Ayala, Gloria Viviana Duarte Ayala, Erika Yurley Duarte ayala que con esfuerzos y sacrificios me han apoyado, guiado y han creído en mí en esos momentos difíciles que hay en el camino que hacen parte de la formación.

A mi hijo Jorge Santiago Duarte López, familia Duarte Ayala y novia Sandy Juliett Cerdas Ariza por darme ese amor, cariño que necesitamos las personas para tener por quien luchar.

A mis compañeros más cercanos por sus consejos, ayudas brindadas, motivación para salir adelante en este proceso.

A los profesores en especial al Doctor Aduljay Remolina Millán por sus explicaciones, exigencias y compartir parte de su conocimiento para ayuda de nuestra formación profesional y personal.

Al Doctor Álvaro Escobar Saavedra Gerente de ISMOCOL de Colombia s.a. por brindarme la oportunidad y confianza de realizar las prácticas empresariales y aprender parte de los procesos que se realizan allí.

A los compañeros de trabajo de ISMOCOL en especial al Ingeniero Jaime Alberto Niño y David Silva Rico por los consejos y explicaciones realizadas para la realización de la práctica empresarial.

## GLOSARIO

**Calidad:** grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos [1].

**Circulo de Deming:** el ciclo conocido (P.H.V.A): Planificar, Hacer, Verificar y Actuar también conocido como ciclo de Deming en honor a su creador Deming constituye la columna vertebral de todos los procesos de mejora continua [2].

**Combustión:** una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía [3].

**Cummins Inc:** es una corporación de unidades de negocios complementarias que diseñan, fabrican, distribuyen y reparan motores y tecnologías relacionadas, que incluyen sistemas de combustible, controles, manejo de aire, filtración, soluciones de emisión y sistemas electrógenos [4].

**Especificaciones:** datos que se tienen en cuenta para la ejecución de un procedimiento de ensamble y desensamble [5].

**Manual de partes:** partes de las piezas que conforman los equipos para la ejecución de una requisición (pedido) [5].

**Manual de servicio:** especificaciones que traen los equipos para el proceso de ensamble y desensamble [5].

**MEC:** Motor de combustión interna alternativo encendido por compresión [6].

**Mecanismo:** combinación de cuerpos resistentes conectados por medios de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo, y cuyo propósito es transformar el movimiento [7].

**Procedimiento:** forma específica de llevar a cabo una actividad o un proceso [1].

**Proceso:** conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados [1].

**Ralentí:** Las rpm (revoluciones por minuto) de marcha mínima, cuando la palanca de aceleración descansa en el tope de aceleración y el motor del control de Velocidad de marcha mínima o solenoide están completamente retiradas y desconectadas [8].

**Reparación General:** Reparación efectuada al motor donde se desmontan todos sus componentes [5].

**Requisición:** todo pedido solicitado necesario para reparación o cambio de pieza, para cualquier tipo de máquina [5].

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	16
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	19
2.1 RESEÑA HISTÓRICA	19
2.2 MISIÓN	20
2.3 VISIÓN	20
2.4 SERVICIOS	20
2.5 CERTIFICACIONES	21
2.6 ORGANIGRAMA	22
3 MARCO TEORICO	23
3.1 MANTENIMIENTO APLICADO EN LA EMPRESA ISMOCOL DE COLOMBIA S.A	23
3.1.1 Mantenimiento correctivo	23
3.1.2 Mantenimiento preventivo	26
3.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL	28
3.2.1 El gasoil	30
3.2.2 Ciclo del trabajo	31
3.2.3 Funcionamiento	33
3.2.4 Características	34
3.2.5 Los órganos de un motor diesel y su función	36
3.3 EQUIPO WORKOVER	47
3.3.1 Principales partes camión Workcover	47
4 METODOLOGÍA	53
4.1 RECONOCIMIENTO DEL TALLER	53

4.2 DOCUMENTACIÓN UTILIZADA PARA LABORES DE MANTENIMIENTO	53
4.3 CONOMIENTO SOBRE LAS ACTIVIDADES DIARIAS	53
4.4 ENTRENAMIENTO DE MANUALES DE PARTES Y DE SERVICIOS PARA LA ELABORACIÓN DE REQUISIONES	53
4.5 SUPERVIZAR PROCESOS DE REPARACION DE MOTORES	54
4.6 PLANIFICACIÓN PARA ELABORACIÓN DE FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO WORKOVER.	54
5. DESARROLLO DE ACTIVIDADES	55
5.1 CONSIDERACIONES DE (HSE).	55
5.2 RECONOCIMIENTO DEL TALLER Y DOCUMENTACIÓN UTILIZADA PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.	55
5.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PEDIDOS PARA LA REPARACIÓN DE MOTORES.	56
5.3.1 Desarme del motor	57
5.3.2 Proceso para el desarme de motores Diesel	57
5.3.3 Actividades posteriores al desarme	59
5.3.4 Requerimientos de repuestos	60
5.3.5 Armado del motor	61
5.3.6 Recomendaciones antes del armado	61
5.3.7 Proceso para el armado del motor	61
5.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EQUIPO WORKOVER	64
5.4.1 Trabajos realizados equipo workover	64
5.4.2 Proceso preventivo y trabajos realizados al equipo Workcover	65
5.5 ANÁLISIS DE FALLAS.	67
5.5.1 Pasos para soluciones de falla	68
5.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO WORKOVER	69
5.6.1 Plan efectuado para la implementación del programa	70
5.6.2 Desarrollo del formato	71
6. CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA	74



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Organigrama de la empresa	22
Figura 2. Diagrama mantenimiento correctivo	25
Figura 3. Diagrama mantenimiento preventivo	28
Figura 4. Ciclo del motor	33
Figura 5. Funcionamiento motor Diesel	33
Figura 6. Órganos y funcionamiento del motor diesel.	36
Figura 7. Camisa húmeda	38
Figura 8. Forro seco	38
Figura 9. Bloque de cilindros y bancada	39
Figura 10. Mecanismos biela manivela.	40
Figura 11. Partes pistón	41
Figura 12. Bulón	42
Figura 13. Partes de la biela.	42
Figura 14. Partes del cigüeñal	43
Figura 15 cojinete	44
Figura 16. Árbol de levas	45
Figura 17. Partes de la válvula	46
Figura 18. Algunos sistemas de transmisión.	46
Figura 19. Equipo de Workover (FRANK 300) con sus componentes y herramientas básicos.	48
Figura 20. Circulo de Deming (PHVA)	70
Figura 21. Organización del formato del mantenimiento preventivo.	72

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Proceso de desarme para los motores diesel.	57
Tabla 2. Proceso de armado para los motores diesel trabajados	61
Tabla 3. Proceso de actividades equipo Workover.	65
Tabla 4. Trabajos realizados equipo Workover.	66
Tabla 5. Tipos de fallas mecánicas.	68
Tabla 6. Estructura de actividades para el desarrollo del formato de mantenimiento.	70

## LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. registro de requisiciones elaboradas para los tres motores Caterpillar en formato A67. Donde muestran la primera hoja de cada requisición (pedido para reparación de motores). Encontrando en la parte inferior de la imagen las firmas de quien lo elaboro (estudiante en práctica) y de quienes revisaron y aprobaron (supervisor de la practica David Silva Rico y jefe de Departamento Oscar Barreneche.	77
ANEXO B. Registro de copia manual de servicio mostrando algunas especificaciones para la armada del motor D339 Caterpillar.	81
ANEXO C. Registro, copia de especificaciones más importantes que tiene en cuenta la empresa a la hora de reparar y archivar en la hoja de vida.	83
ANEXO D. Registro de requisición para freno hidromatico explicando los nombres y la función que realizan en el anexo A. ya que se elaboro en la misma clase de formato.	85
ANEXO E. Registro, tipo de falla: fisura de cigüeñal, causada por mala operación.	87
ANEXO F. Imagen, tipo de falla aumento de nivel de aceite en el motor, causado por inyección en mal estado. La imagen uno en forma descendente muestra el bloque del motor y en la parte superior de esta se visualiza la culata sin la tapa de esta. En la segunda imagen de forma descendente se visualiza una medida de presiones estas pertenecen a una prueba que consiste en taponar todos los ductos que van de la bomba de inyección a los inyectores de combustible y aplicarle presión. La tercera imagen de forma descendente muestra un inyector en mal estado por lo que se concluye que en la prueba realizada el inyector arrojaba fugas,	89
ANEXO G. Registro de copia de una hoja del manual de partes de bloque de motor D339 donde muestra algunas piezas del motor con su número de parte.	91



## **RESUMEN TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA REPARACIÓN DE EQUIPOS EN LOS TALLERES DE LA EMPRESA ISMOCOL DE COLOMBIA S.A.

**AUTOR:** GUSTAVO ADOLFO DUARTE AYALA

**FACULTAD:** INGENIERÍA MECÁNICA

**SUPERVISOR:** ADULJAY REMOLINA MILLAN

### **RESUMEN**

En esta práctica empresarial es posible desarrollar actividades orientadas al mantenimiento correctivo y preventivo de algunos equipos de la empresa ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. estando familiarizado con los diferentes componentes que hacen parte de los equipos, para su buen desarrollo.

Las labores realizadas en la empresa están basadas en sus intereses y en las del estudiante practicante, realizando y verificando trabajos de mantenimiento correctivo. Este trabajo se aplica en tres motores Caterpillar, supervisando procesos de desarme, verificación de piezas en mal estado, pedido de repuesto basado en los manuales de partes, verificación de repuestos adquiridos y armado, teniendo en cuenta los manuales de servicio. La mala ejecución de éstos puede contribuir pérdida para la empresa. El mantenimiento preventivo se basa en la información que trae los manuales de servicio y proveedores, este tipo de mantenimiento fue aplicado a un motor cummis QSM11 donde se elaboran pruebas que diagnostican ciertas fallas. Se ejecuta un formato de mantenimiento preventivo a un camión workover donde se tiene en cuenta manuales de servicios de la máquina, técnicos con más de veinticinco años de experiencia y pdfs de mantenimientos pertenecientes a otras empresas, contribuyendo a una probable mejora en estos equipos; cumpliendo así con los objetivos trazados.

**Palabras claves:** Mantenimiento, Preventivo, Correctivo, Reparación, Manual.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** APPLIACATION AND FOLLOWING TO THE PREENTIVE AND CORRECTIVE MANTEINANCE IN THE OVERHAULED OF EQUIPMENT FROM THE WORKSHOP OF THE COMPANY ISMOCOL FROM COLOMBIA S.A.

**AUTOR:** GUSTAVO ADOLFO DUARTE AYALA

**FACULTY:** MECHANICAL ENGINEERING

**SUPERVISOR:** DAVID SILVA RICO

## **ABSTRACT**

In this business practice was possible to develop activities oriented to preventive and corrective maintenance of some equipment of the company ISMOCOL OF COLOMBIA S.A. Also, it was possible to been familiar with different components that are part of the equipment, in order to have a good performance in this practice.

The work carried out in the company is based on the company's interest but also in the student's interests, this last one performs and verifies corrective maintenance activities. This work is applied in three Caterpillar motors, and the student oversees processes of disassemble, verification of parts in poor condition, order of replacement parts based on the manual of parts, verification of previous acquired replacement parts and assemble processes, all this having in count the service manuals. The poor performance of these can contribute to the company's loss. Preventive maintenance is based on the information that brings the service and supplier's manuals, this type of maintenance was applied into a cummis motor QSM11 in which were applied test that diagnosed some failures. A preventive maintenance format was executed to a truck workover, taking into account the machine's service manuals, technicians with over twenty five years' experience and maintenance documents in pdf format from other enterprises, contributing to a likely improvement in these devices and complying that way with the goals set.

**Keywords:** Maintenance, Preventive, Corrective, Repair, Manual.

## INTRODUCCION

ISMOCOL DE COLOMBIA S.A es una compañía de colombiana del sector privado, se dedica al mantenimiento y construcción de gaseoductos, oleoductos, poliductos, líneas de flujo, montajes electromecánicos, operación de campos y pozos petroleros, así como en montajes de toda clase de facilidades y servicios relacionados para la Industria del petróleo.

Para la ejecución del mantenimiento se brinda la formación técnica necesaria para la realización de dicha labor, permitiendo así disminuir costos de mano de obra y brindar una oportunidad de experiencia profesional.

La empresa cuenta con talleres de mantenimiento para los diferentes equipos y con un taller principal ubicado en Piedecuesta, Santander donde elabora los trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo de sus diferentes máquinas. El mantenimiento preventivo realizado a los equipos es el recomendado por los proveedores, mientras el mantenimiento correctivo está basado en fallas inspeccionadas por los operarios los cuales se encargan de comunicar al técnico y de informar al jefe de mantenimiento de ese punto, para llevar a cabo una orden de trabajo.

Los equipos que llegan con una orden de trabajo al taller principal se les efectúa un diagnóstico general sobre el estado en que se encuentra el equipo, para así ejecutar una solución. Para su realización se determina una serie pasos que están estipulados por la empresa.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Gestionar y realizar un seguimiento al mantenimiento preventivo y correctivo en la reparación de equipos en el taller de Piedecuesta en la empresa ISMOCOL DE COLOMBIA S.A.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Ejecutar el mantenimiento correctivo y preventivo para los distintos tipos de equipos destinados por el jefe de taller (ingeniero mecánico). Resultado: informe del mantenimiento realizado a la máquina por el ingeniero a cargo. Indicador: Se realiza siguiendo del procedimiento llevado por la empresa.
  
- ✓ Analizar los diferentes tipos de falla de los componentes mecánicos que presentan las máquinas en vía de reparación. Resultado: Registro de cambio de piezas en mal estado. Indicador: el uso excesivo de las máquinas llevan a un deterioro general por lo tanto se llevará a un análisis visual y táctil.
  
- ✓ Gestionar diferentes solicitudes de repuestos para los equipos en mantenimiento en base al manual de servicio que presenta cada máquina. Resultado: registro de requisiciones donde se encuentra ubicada la referencia de los repuestos en los manuales de servicios. Indicador: cantidad de ítems seleccionados donde muestra en cada uno de estos el repuesto requerido, el cual lleva a una tendencia de las partes más solicitadas en los equipos.
  
- ✓ Manejar el personal del equipo asignado para el mantenimiento. Resultado: informe semanal de las labores hechas a la máquina a cargo de los técnicos.

Indicador. llevar a cabo un control de trabajo de los técnicos, lo cual queda reportado en la hoja de vida de la máquina.

## **2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **2.1 RESEÑA HISTÓRICA**

En febrero de 1989 nace la idea de capitalizar Ingeser de Colombia S.A, empresa dedicada a la construcción, montaje y servicios petroleros en la zona centro del departamento de Santander. Para ese entonces, un grupo de reconocidos accionistas colombianos plantearon un ambicioso concepto corporativo y decidieron emprender un nuevo rumbo en la importante Industria de los Hidrocarburos.

Ese mismo año fue reformada la sociedad, y el enfoque estratégico de la Compañía es asumido por Álvaro Escobar Saavedra, ingeniero mecánico, reconocido por su larga e impecable trayectoria en el sector Petrolero. Ismocol de Colombia S.A. inició como una Compañía dedicada a ofrecer servicios de ingeniería, montajes y construcción de oleoductos, gasoductos, poliductos, líneas de flujo; así como de otras facilidades petroleras. Paso a paso, consolidó sus operaciones en proyectos de importancia nacional obteniendo el reconocimiento por sus servicios de alta calidad. El compromiso social, la responsabilidad ambiental, la excelencia operativa y la magnitud de los proyectos en los que ha participado, le han permitido abrirse espacios dentro de la exigente Industria de los Hidrocarburos, para constituirse como la empresa líder en sus actividades dentro de todo el territorio nacional.

ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. está decidida a contribuir con el desarrollo sostenible y los retos mundiales en materia ambiental, social y ética. La Compañía reconoce los desafíos que plantea la Industria y la globalización, por ello puede decir hoy con absoluta convicción que Construye País, movilizandó región [9].

## **2.2 MISIÓN**

Es una Compañía especializada en la construcción de oleoductos, gasoductos, montaje de facilidades y servicios petroleros; operación y mantenimiento de oleoductos, gasoductos, y campos petroleros, generando beneficios a los asociados, clientes y a las regiones donde operamos.

## **2.3 VISIÓN**

ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. se propone para el año 2014 expandir, al ámbito internacional, sus actividades de construcción de oleoductos, gasoductos y montaje de facilidades y servicios petroleros, manteniendo su liderazgo en el sector nacional, donde además se propone consolidar sus operaciones de perforación, mantenimiento de Pozos, manejo de campos y servicios petroleros, manteniendo en el desarrollo de sus actividades altos estándares y las Certificaciones Internacionales de sus Sistemas de Gestión en Calidad, Medio Ambiente, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional [10].

## **2.4 SERVICIOS**

- Construcción de oleoductos y gaseoductos
- Cruces por perforaciones horizontal dirigida
- Mantenimiento de gaseoductos y oleoductos
- Montaje electromagnético de plantas

- Operación y mantenimiento de campos petroleros [11].

## **2.5 CERTIFICACIONES**

La empresa adopta mejores prácticas en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial, Medio Ambiente y Gestión de la Calidad (HSEQ). Obtenido el sello ASME "U" para diseño y fabricación de recipientes bajo presión y el sello ASME "S" para diseño y fabricación de calderas de potencia; así como el sello "R" de la Nathional Board para reparación de recipientes bajo presión y calderas de potencia. El logro de los anteriores sellos evidencia el mejoramiento continuo de nuestros procesos y brindan confianza a nuestros clientes en la ejecución de los trabajos y de la integridad técnica de sus equipos e instalaciones.

- **Gestión de la Calidad ISO 9001**

La ISO 9001 es adoptada para la ejecución de todas las actividades propias de portafolio de servicios. Y así cumplir con exigencias de clientes.

- **OHSAS 18001**

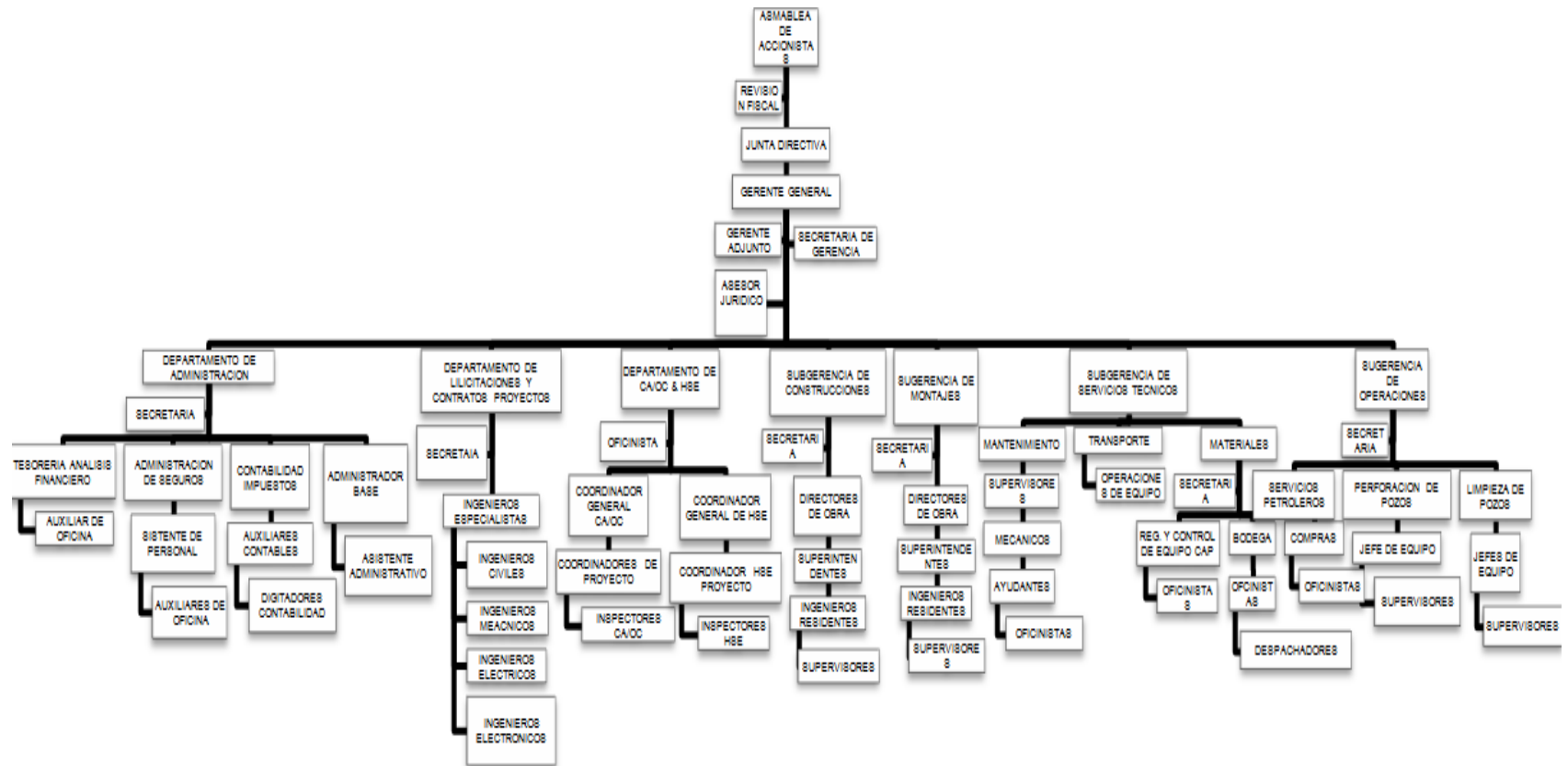
La OHSAS 18001 en seguridad industrial y salud ocupacional que establece el compromiso y la responsabilidad de la compañía al ejecutar las tareas y actividades con los más altos estándares de seguridad y control.

- **ISO-14001**

La ISO 14001 controla el impacto de las actividades o servicios sobre el medio ambiente.

## 2.6 ORGANIGRAMA

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente ISMOCOL DE COLOMBIA S.A

### 3 MARCO TEORICO

En el presente marco teórico se muestra los procesos que tiene la empresa ISMOCOL DE COLOMBIA S.A para la elaboración del mantenimiento correctivo y preventivo.

Se enfatiza sobre motores de combustión interna diesel (funcionamiento, ciclo de trabajo, características, y componentes), torres de limpieza de pozos (funcionamiento, partes que la componen).

#### 3.1 MANTENIMIENTO APLICADO EN LA EMPRESA ISMOCOL DE COLOMBIA S.A

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

**3.1.1 Mantenimiento correctivo.** Básicamente la labor del mantenimiento correctivo es la reparación, o cambio de piezas o conjuntos de la maquinaria que ha fallado y dependiendo de la magnitud se puede realizar en obra o ser enviado a la sede principal, en donde se cuenta con la logística e infraestructura adecuada para realizar reparaciones de esta magnitud ver (Figura 2 diagrama mantenimiento correctivo)

El mantenimiento programado, que por lo general se determina cuando el equipo ha cumplido con las horas de servicio recomendadas por el fabricante, se desarrolla con la misma secuencia del mantenimiento correctivo.

Este mantenimiento se aplica porque las máquinas no pueden parar largos tiempos en las obras, ya que puede perder una gran cantidad de dinero y esto lleva a que la empresa siempre actúe en su mayor parte en los equipos cuando este falle.

- **Planeación**

Para garantizar que las labores del mantenimiento correctivo se desarrollen de una manera eficiente se deben considerar aspectos como la consecución de repuestos, personal, herramienta y tiempos de ejecución.

- **Identificación del daño**

El operador, mecánico u otro funcionario detectan una anomalía en el equipo e informan al personal encargado de mantenimiento, el cual analiza la magnitud del daño definiendo si la reparación puede ser realizada en el sitio de la obra o taller de la base, ó debe ser enviada a la sede principal.

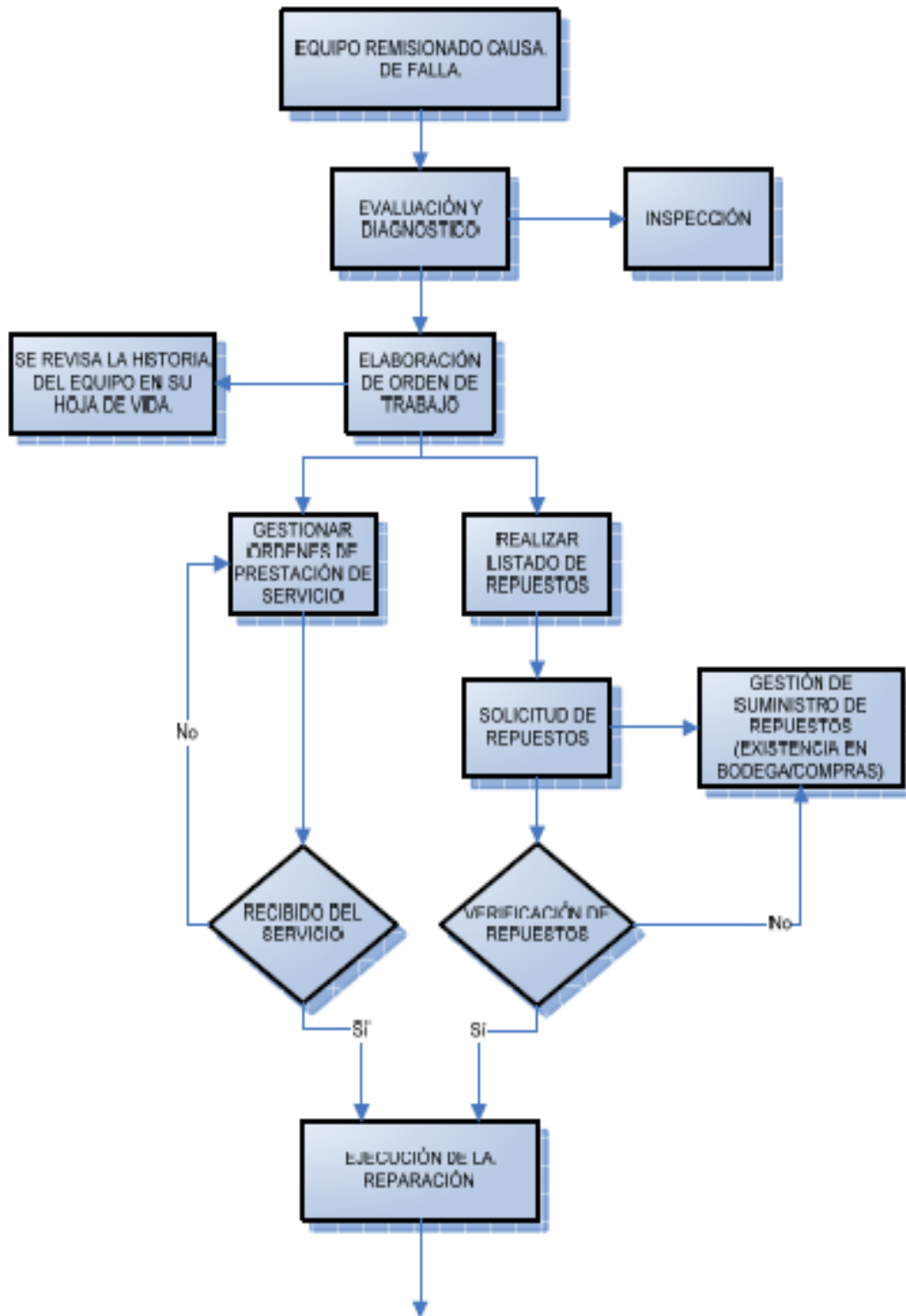
- **Evaluación y diagnóstico**

Se debe realizar un análisis de las partes o elementos afectados en los equipos, basado en inspecciones visuales y medios de parámetros (presión, temperatura, rpm, tolerancias, etc.), y apoyados en documentos como hoja de vida del equipo, manual de servicio, catálogo de partes e información adicional que sea de ayuda para llevar a cabo un diagnóstico acertado.

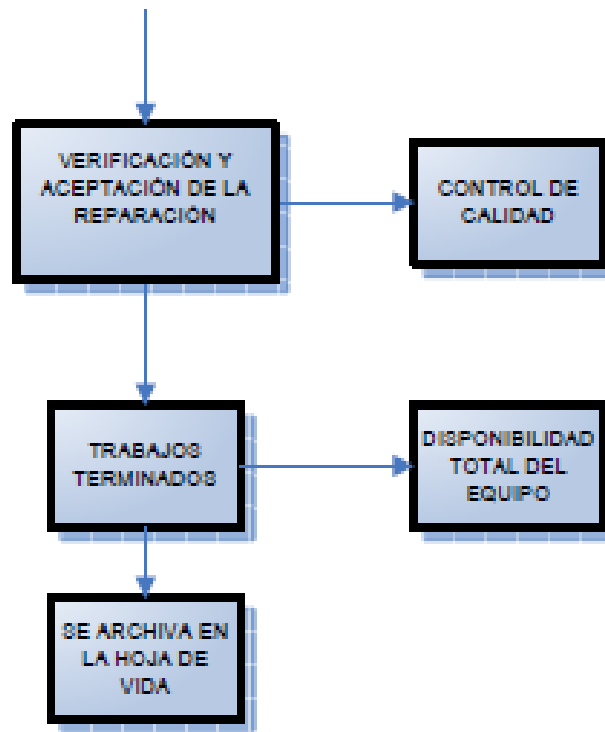
- **Verificaciones**

Al culminar las reparaciones el personal de mantenimiento verifica que el equipo haya quedado en buenas condiciones de operación.

Figura 2. Diagrama mantenimiento correctivo



F



Fuente: ISCOMOL manual de mantenimiento

**3.1.2 Mantenimiento preventivo.** Este mantenimiento está basado en inspecciones periódicas programadas e incluye los programas de chequeos operacionales ver (figura 3 diagrama de mantenimiento preventivo). Generalmente se realiza directamente en el frente de trabajo a donde está asignada la maquinaria. No obstante, cuando la maquinaria se encuentra en la sede principal de Piedecuesta, el equipo se somete a chequeos periódicos y antes de atender cualquier solicitud de envío a las bases, se efectúa una inspección a los sistemas y se verifica su adecuado funcionamiento.

- **Planeación**

Teniendo en cuenta que los trabajos de mantenimiento preventivo se desarrollan principalmente en las obras en construcción, se realizan dichas labores de tal manera que no ocasionen traumas y atrasos en los programas de un proyecto, por

lo tanto, se requiere de una planeación adecuada producto de análisis de cada equipo, en el cual se tengan en cuenta aspectos de fabricación como son las recomendaciones que da el fabricante en cuanto a cambio de elementos periódicamente de acuerdo con las condiciones de trabajo e historial del equipo. Además en dicha planeación se prevé la consecución oportuna de los repuestos, materiales, herramientas y asignación de personal necesario.

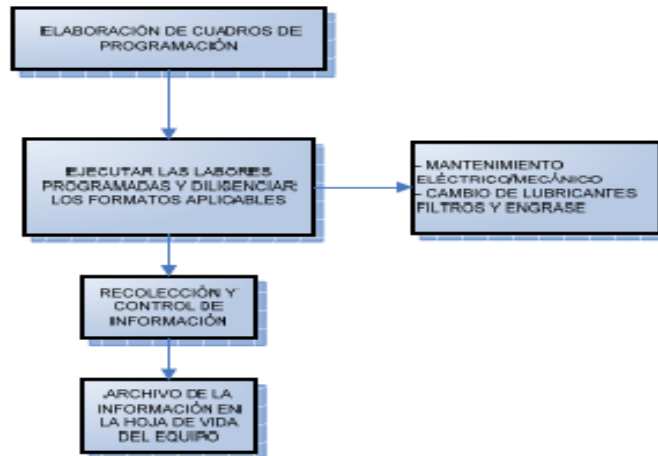
- **Programación y Control**

Consiste en indicar en un “Cuadro de Programación y Control”, los trabajos de inspección, cambios de aceite y filtros que deberán efectuarse en los equipos, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, para poder programar los intervalos de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y los procedimientos seguros de trabajo respectivos. La información anterior se encuentra documentada en los manuales de servicio por marca, modelo y clase de equipo.

- **Ejecución**

Reunidos los elementos requeridos determinada la mano de obra necesaria, se distribuirá el trabajo que ha de realizar el personal de mantenimiento en las diferentes máquinas que se encuentren programadas [12].

**Figura 3. Diagrama mantenimiento preventivo**



Fuente: ISMOCOL manual de mantenimiento mecánico.

### **3.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL**

Desde 1930 los motores Diesel, también llamados de aceite pesado o de combustión, han tenido una aplicación cada vez mayor en el automovilismo. Aunque inicialmente fueron empleados en vehículos industriales y hasta mediados de la década de los 60 no apareció el primer turismo con motor diesel, hoy en día su uso se ha generalizado.

La organización de sus elementos es la misma en los motores de explosión, pero en los de combustión, hay algunas diferencias sensibles en su funcionamiento.

Para que el gasoil entre al cilindro, inyectado en el aire tan fuertemente comprimido y caliente, es necesario que a su vez se envíe una presión elevada en forma de un pequeñísimo chorro para cada carrera de combustión; esto se consigue por un equipo de inyección compuesto por una bomba que: dosifica, da presión y envía el gasoil al cilindro correspondiente, y un inyector que le da entrada a la cámara de combustión.

Cuando el acelerador esta suelto inyecta solamente el gasoil necesario para la marcha en vacío y del motor al ralenti: cuando se pisa a fondo pasa a quemarse la máxima cantidad de combustible, que puede hacerlo que pasa con el aire que cabe en el cilindro, aproximadamente por un gramo de gasoil por 18 a 20 de aire (un litro de gasoil necesita unos 15.000 litros de aire, un 30 por 100 más que la gasolina);pero observe que el aire aspirado por el motor puede ser el máximo y el gasoil, a diferencia de la gasolina, no disminuye en la energía que proporciona aunque se queme en exceso de aire, sin los inconvenientes de lo que los motores de explosión se llama “mezcla pobre ” y que aquí no existe.

Aunque el gasoil llegue a constar tanto como la gasolina, los motores diesel seguirán siendo más económicos no solo porque el consumo es menor con respecto a los de explosión para una misma potencia, sino porque su rendimiento es superior a la de estos últimos, que a la salida del cigüeñal solo se dispone de un 24 por 100 de la energía latente del combustible. En los diesel se llega al 34 por 100, porque no se pierde tanta en los gases de escape y en el sistema de refrigeración.

No obstante, los motores diesel son más caros de adquirir, el primer lugar, porque el motor ha de sr mucho más robusto y pesado (mayor peso por caballo), especialmente las piezas móviles por la fuerte compresión y mayores presiones de trabajo. En segundo lugar, como la combustión completa se consigue gracias al exceso de aire con el que constantemente funcionan los diesel, resulta que los cilindros son en proporción mayores; y en tercer lugar la bomba de inyección de gasoil es un aparato complicado que requiere gran precisión y mucho más caro que un carburador.

Las dificultades que existen para poder inyectar al gasoil a grandes velocidades, se añaden a las dos primeras razones que los diesel tengan que ser más lentos que los motores de gasolina [13].

**3.2.1 El gasoil.** El combustible empleado en un motor diesel es el gasoil, producto más denso que la gasolina y que tiene más de poder calorífico para el mismo volumen.

Ha sido creencia vulgar durante mucho tiempo que el gasoil era un combustible de clase inferior, mas basto que la gasolina, siendo la realidad presente más bien la contraria.

El gasoil no solo es un producto refinado, sino que ha de estar muy bien filtrado, pues las impurezas físicas más pequeñas perturban el funcionamiento del equipo de inyección, construido con ajustes del orden de la milésima del milímetro para poder inyectar a una gran presión unos milímetros cúbicos de combustible, miles de veces por minuto.

Entre el gasoil y la gasolina hay diferencia notables como su densidad, poder calorífico, refinado y obligada limpieza.

Un motor “golpea o pica” precisamente por lo contrario que su diesel, pues en aquel ocurre cuando la compresión es alta, a plenos gases, a velocidades medias o bajas y con motor caliente; en el diesel al revés.

Análogamente, la composición química del combustible, según el predominio de hidrocarburos aromáticos, parafinicos o naftalenicos, que son los tres principales, influye de modo opuesto en funcionamiento de ambas clases de motores. Ello es porque una diferencia fundamental en el ciclo: en un motor de gasolina se provoca la explosión de la mezcla con una chispa, evitando por todos los medios químicos, forma de culata, etc., que lo haga por su cuenta (detonación, ras que el funcionamiento del diesel se basa, justamente autoencendido); mientras que el

funcionamiento del diesel se basa, justamente en la inflamación espontánea del combustible.

Por todo ello, se deduce que el gasoil ha de cumplir requisitos más exigentes que la gasolina, pues así como a esta se la puede corregir fácilmente para hacerla antidetonante, no pasa lo contrario con el gasoil, para que el todavía no se ha encontrado ningún producto práctico predetonante que añadirle.

El grado detonante (autoinflamación) del gasoil se mide por el número de acetano, que conviene que sea entre 40 y 70 (análogo y al contrario que el de octano en la gasolina).

Resumiendo, las características del gasoil son las siguientes:

- No debe contener más de 1% de azufre.
- Su poder calorífico es de 10.000 calorías por litro.
- Al tener que ser muy volátil, su curva de destilación debe ser entre los 260 y 370°C.
- Buen índice de cetano.
- Tener un punto de congelación que permita utilizarlo en tiempo frío.
- Buen rendimiento.
- Tiene cierto poder lubricante [13].

**3.2.2 Ciclo del trabajo.** El ciclo del motor en un motor cuatro tiempos diesel, es el siguiente (ver figura 4).

• **1ª media vuelta: Admisión.**

Se abre la válvula A de entrada de aire al cilindro; el pistón al bajar lo aspira a través del filtro del colector de admisión, sin mariposa que gradúe la cantidad (que debe ser la máxima posible), de modo que el cilindro quede lleno de aire puro.

- **2ª media vuelta: Compresión.**

Al subir el embolo comprime el aire hasta dejarlo reducido a un volumen de 12 a 24 veces menor, con lo que alcanza una temperatura cercana a los 600°C., que permitirá la auto inflamación, a una presión efectiva de 36 a 45Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en los motores de gasolina la presión efectiva a la que llega la mezcla no pasa de los 15 kilos.

- **3ª media vuelta: Combustión**

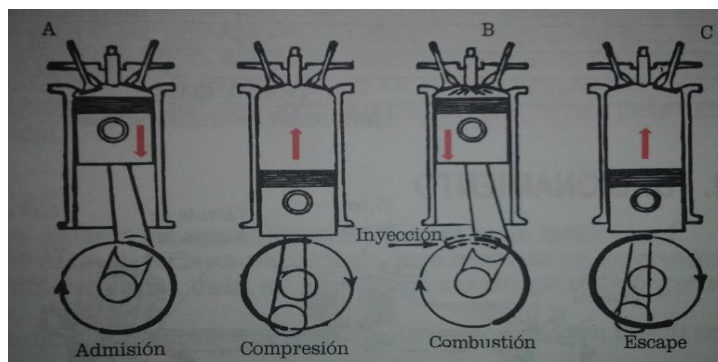
Por el inyector B penetra en el cilindro el pequeño chorro de gasoil cuya inyección controlada por el pedal del acelerador, dura más o menos tiempo según la mayor o menor cantidad necesaria.

Dada la gran presión que entra y la forma del inyector, el gasoil se pulveriza en forma de finísimas partículas (niebla), cuyas primeras gotas en contacto con el aire a una temperatura muy elevada, se vaporizan e inflaman, comunicándose el fuego al resto de gasoil a medida que entra. El calor desarrollado dilata los gases eleva la presión de trabajo hasta 50 a 90 kilogramos, según la forma de la culata (el doble que en los motores de explosión).

- **Media vuelta: Escape.**

Se abre la válvula de escape C y por ella son expulsados los gases residuales de la combustión [13].

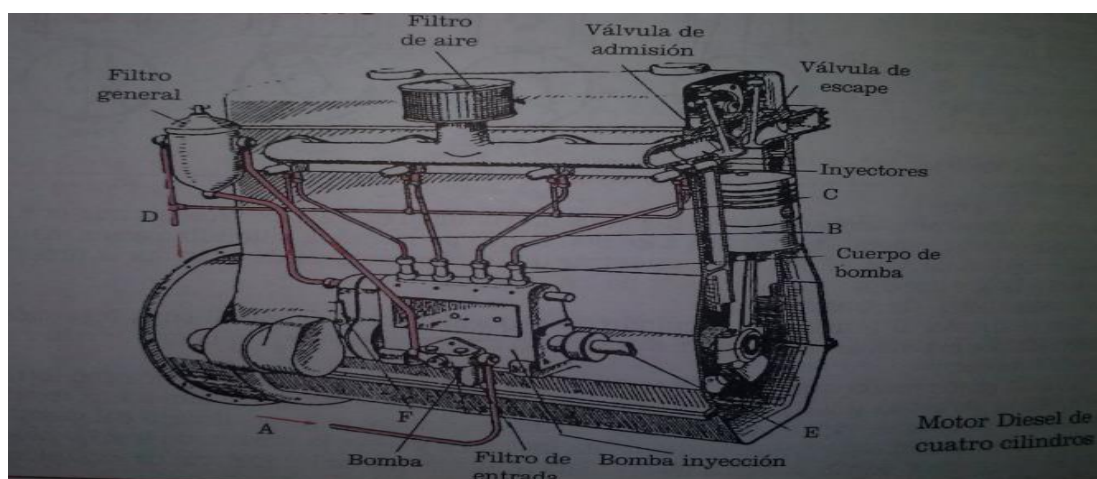
Figura 4. Ciclo del motor



Fuente: Manual de automóviles

### 3.2.3 Funcionamiento

Figura 5. Funcionamiento motor Diesel



Fuente: Manual de automóviles

Según se acaba de explicar, en el tiempo de admisión el cilindro aspira aire puro a través de un colector en cuya boca figura está el filtro de aire. Cada cilindro lleva las válvulas de admisión y de escape, en general colocadas en cabeza mandadas por balancines. El combustible es aspirado del depósito por la tubería mediante la bomba con filtro de entrada que lo envía al filtro general, de donde sale por parte inferior a la bomba de inyección que por medios de los cuerpos de la bomba (uno

por cilindro) lo manda a presión por los tubos B a los inyectores, colocados en los cilindros, como las bujías en los motores de explosión.

El gasoil que rebosa de los inyectores regresa por los tubos C y D al depósito general; por este último también vuelve el que sobra en el filtro por no ser consumido por la bomba de inyección.

La bomba recibe el movimiento desde los engranajes de la distribución por el árbol E, y el mando del acelerador actúa sobre la bomba por la palanca F, como se verá más adelante.

El pistón comprime el aire aspirado en el primer tiempo hasta que presión se eleva a 35 o 40 atmosferas (kg./cm<sup>2</sup>). El gasoil introducido por los inyectores al final de la compresión, se inflama al entrar al contacto con el aire, quemándose a medida que entra. Para que el combustible se pulverice al ser inyectado se necesita que lo haga a una gran presión máxima es como el doble de la explosión en los motores de gasolina.

En cada motor cilindro se obtiene, como en los motores de gasolina, una carrera motriz en cada dos vueltas del cigüeñal [13].

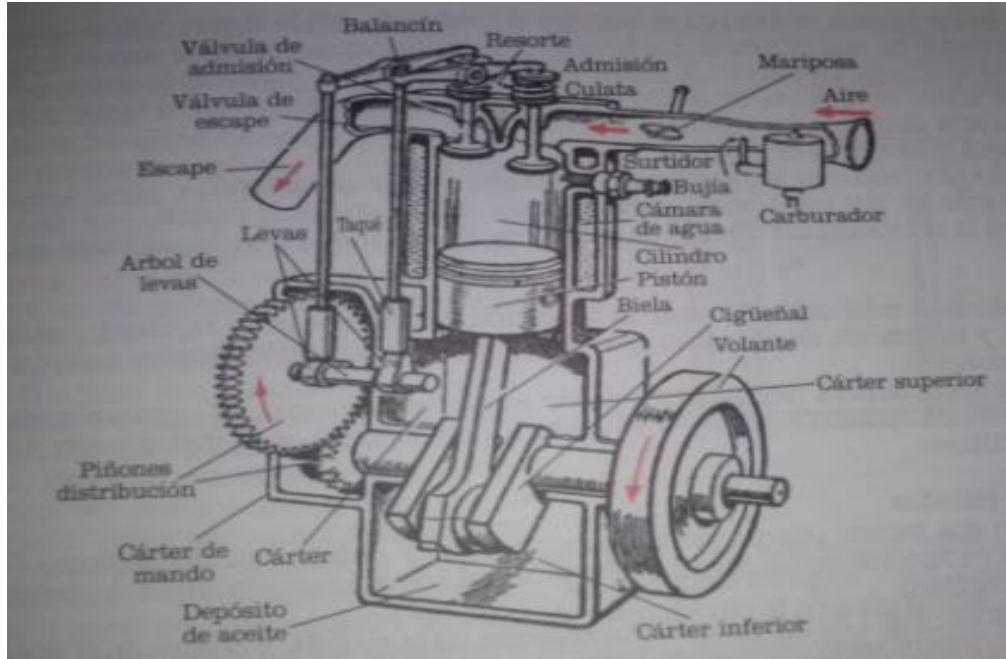
**3.2.4 Características.** De todos estos datos se deducen las siguientes características en un motor diesel:

- La elevada compresión es causa de su buen rendimiento, pero repercute en las grandes presiones que sufren cilindro, pistón, biela, etc., que obliga a construir estos órganos más robustos y pesados.
- El “golpeo” es más fuerte que en los motores de gasolina, dando sobre todo en ralentí un sonido característico.

- La velocidad de inflamación del diesel es casi el doble que en los motores a gasolina (en realidad es una denotación), aunque el combustible no se queme tan rápidamente por no estar introducido todo en el cilindro en el momento de iniciarse la inflamación, sino que arde a medida que va entrando.
- Las fuertes presiones y la mayor robustez y peso de las piezas en movimiento son limitadores de la velocidad de rotación. Gracias a los progresos de la metalurgia se construyen hoy motores diesel ligeros de 4.000 r.p.m., aunque los corrientes en los camiones giran a un máximo de poco mayor de 2.000r.p.m.; pero de ningún modo deben embalsarse estos motores, razón por la cual casi todos están dotados de los reguladores que se describen más adelante.
- Para conseguir una combustión completa del gasoil y que no salgan humos negros y malolientes por el escape, es necesario una proporción de aire superior a la requerida para un motor de gasolina.
- Las bombas de inyección llevan un reglaje que no se debe de variar, pues que parezca que aumentando la proporción de gasoil se obtiene mayor carbonilla en los cilindros u válvulas, estropear rápidamente el aceite de engrase, anular su economía de funcionamiento y causar un esfuerzo suplementario en los órganos del motor que en seguida lo deteriora. Los diesel funcionan con mucha precisión y no admiten variaciones en su reglaje.
- Dado el exceso de aire con que se lleva a cabo la combustión, los gases de escape no tienen prácticamente el venenoso oxido de carbono que producen los motores de gasolina; y otra diferencia, es que el gasoil no produce vapores inflamables a la temperatura ambiente, por lo que elimina el peligro de incendio en caso de accidente [13].

### 3.2.5 Los órganos de un motor diesel y su función

Figura 6. Órganos y funcionamiento del motor diesel.



Fuente: Manual de automóviles.

De las condiciones de trabajo expuestas se deduce la robustez que caracteriza a estos motores, lo cual implica una gran precisión en el mecanizado, así como una buena calidad de los materiales. Ambas cualidades van parejas con la resistencia que todos los órganos deben tener para trabajar con esfuerzos muy superiores a los del ciclo de gasolina.

- **El bloque de cilindros.**

El bloque de cilindros es uno de los elementos estructurales más importantes del motor, y su adecuado diseño tiene gran repercusión en el coste, peso y tamaño del motor y ejerce una influencia capital en el comportamiento, fiabilidad, durabilidad y mantenimiento de este. Los cilindros tienen una cierta función estructural, pero su función fundamental es la de guiar los pistones, por lo que se

produce una importante fricción entre las piezas. Constructivamente los cilindros pueden ser cilindros con camisa y cilindros sin camisa:

### **1. Cilindro sin camisa:**

En los motores sin camisa es el propio cilindro el que entra en contacto con el pistón y los segmentos. Esta disposición es corriente en motores pequeños y en motores de automóvil. La ventaja fundamental que presenta el cilindro sin camisa frente al cilindro encamisado es la economía, sin embargo tiene una serie de inconvenientes, como son:

- Es necesario emplear para el conjunto del cilindro materiales que tengan buenas características antifricción. En el caso de emplear aleación ligera es necesario realizar un tratamiento superficial de los cilindros.
- En caso de avería y con los desgastes lógicos del motor hay que mecanizar el cilindro a sobre medida, lo cual solo puede realizarse un número de veces muy limitado. Por esta razón los motores que deben tener largo periodo de explotación suelen emplear cilindros con camisa.

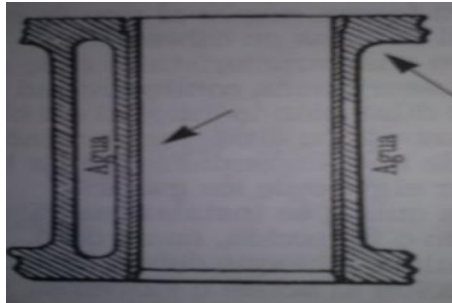
### **2. Cilindros con camisa:**

La camisa es una pieza postiza que se introduce en el cilindro y es la que entra en contacto con el pistón y los segmentos. Este sistema presenta el inconveniente de su mayor precio, sin embargo como ventajas pueden citarse la posibilidad de emplear materiales especiales y la posibilidad de sustituir la camisa en el caso o desgaste.

Esta solución constructiva es utilizada en la mayor parte de los motores, y se hace casi imprescindible en motores que utilizan cilindros de aleación ligera.

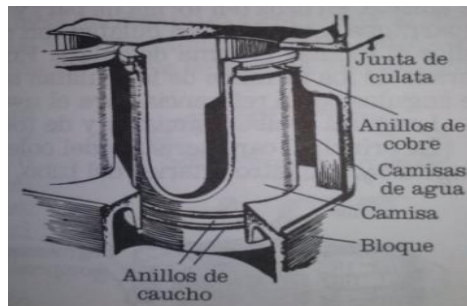
En los motores refrigerados por líquido ver figura 7 se debe efectuar una subdivisión, atendiendo a que exista contacto, entre el líquido refrigerante y la camisa se pueden clasificar en camisa seca y camisa húmeda.

**Figura 7. Camisa húmeda**



Fuente: Manual de automóviles

**Figura 8. Forro seco**



Fuente: Manual de automóviles

Recibe el nombre de camisa seca aquella que se introduce con interferencia en el cilindro y por tanto no existe ninguna holgura entre ambas piezas. Esta camisa se construye con materiales de especial resistencia al desgaste por rozamiento.

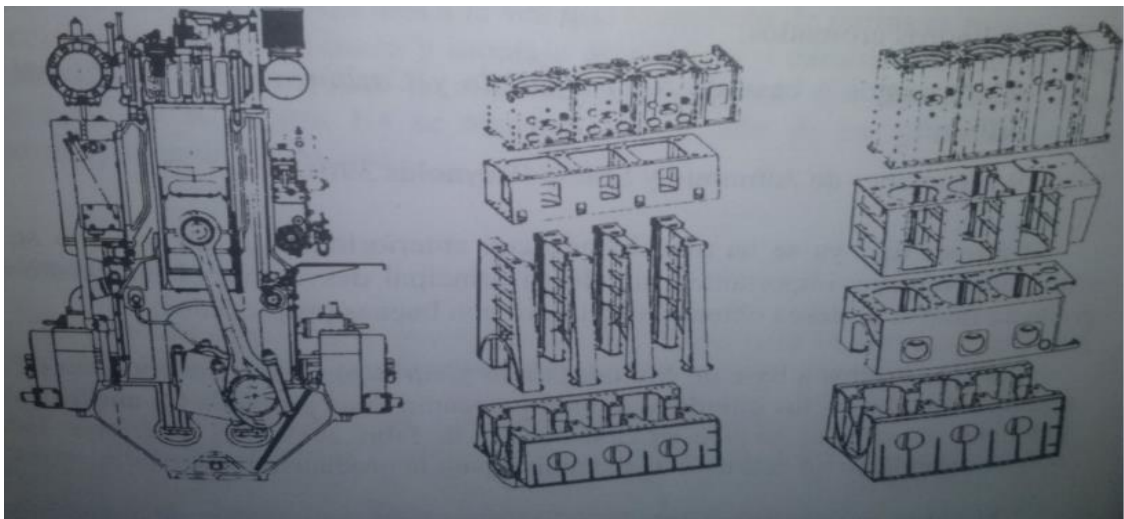
Se denomina camisa húmeda entre el cilindro y la camisa existe una cámara por donde circula el líquido refrigerante. Estas camisas son de mayor espesor que las secas, porque además de resistir las cargas de rozamiento, también deben soportar todas las tensiones debido a la presión de los gases y los esfuerzos mecánicos transmitidos por el pistón. Las camisas húmedas se emplean generalmente en los motores industriales, pero también se aplican en motores de automoción de mediana y pequeña cilindrada [6].

- **Bancada**

La bancada es el elemento estructural en donde se apoya el cigüeñal, por lo que su rigidez es esencial para un buen funcionamiento del motor. Existen diversas soluciones constructivas en función de los distintos diseños, que se pueda agrupar en tres tipos:

1. Motores en los que el bloque de cilindros y la bancada forman una unidad común. Este es el caso habitual en motores de pequeña y mediana cilindrada refrigerados por agua
2. Motores en los que distintos cilindros están separados entre sí, siendo todos solidarios por medio de tornillos o bancada. Esta solución es típica en los motores refrigerados por aire, para aumentar en los grandes motores Diesel
3. Existen motores que presentan soluciones intermedias como por ejemplo agrupar un cierto número de cilindros en una sola pieza [6].

**Figura 9. Bloque de cilindros y bancada**



Fuente. Manual de automóviles.

- **Culata.**

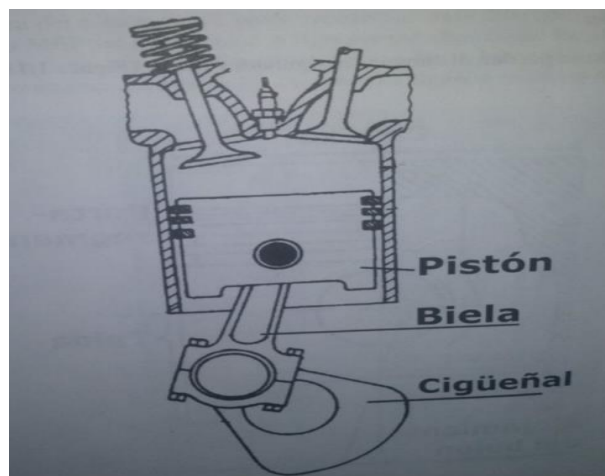
La culata es una de las piezas del motor de diseño más complejo por la cantidad de funciones y requerimientos que debe cumplir. La culata es compleja por la gran

cantidad de elementos que son solidarios a ella: válvulas, inyectores, bujías, balancines, árboles de levas, etc. Por el gran número de orificios y conductos labrados en ella: de refrigeración, de engrase, pipas de admisión y escape de gases; por la gran precisión que requiere su mecanizado y por las exigencias algunas veces contrapuestas que tiene que cumplir.

- **Mecanismos pistón-biela-manivela.**

Este mecanismo cumple la función más importante del motor, transformar el movimiento lineal del pistón (originado por la fuerza de presión de los gases resultados de la combustión) en un movimiento circular en el cigüeñal [6].

**Figura 10. Mecanismos biela manivela.**



Fuente: Manual de automóviles

- **Pistón**

El pistón es una pieza con movimiento lineal alternativo, que trabaja con cargas y regímenes de velocidad muy variados, que condicionan sus características constructivas, sus principales funciones son:

Figura 11. Partes pistón



Fuente: Manual de automóviles

1. Transmitir al cigüeñal por medio de la biela los esfuerzos debidos a los gases.
2. Ser estanco a los gases y al aceite.
3. Transmitir el calor que recibe durante el proceso de combustión a las paredes del cilindro [6].

- **Ranuras de alojamiento de segmentos ( anillos)**

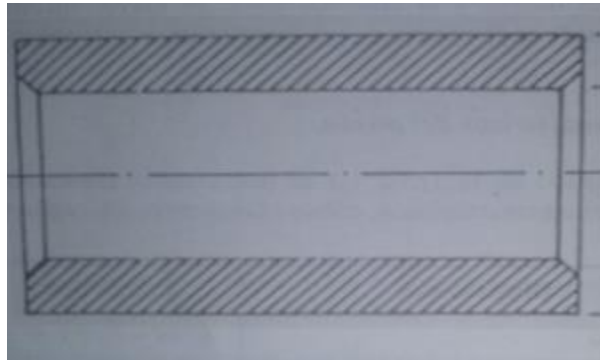
La cantidad de segmentos es un número variable según el constructor y el tipo de motor. La tendencia más generalizada en la actualidad respecto al número de segmentos es la siguiente.

Tres segmentos de estanqueidad y uno de raspador de aceite. En los grandes motores diesel el número de segmentos aumenta, aunque en general existe una tendencia a la reducción del número ya que esta forma disminuye las pérdidas por fricción del motor [6].

- **Bulón**

La misión del bulón es transmitir a la biela los esfuerzos debidos a la presión de los gases que recibe el pistón.

**Figura 12. Bulón**



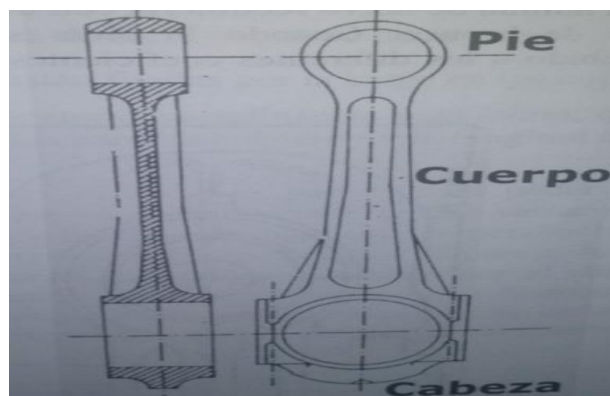
Fuente: Manual de automóviles

- **Biela**

La biela tiene por misión transmitir los esfuerzos generados por los gases sobre el pistón hacia las manivelas del cigüeñal. No obstante la biela está sometida a otros esfuerzos mecánicos, y debe ser capaz de resistirlo sin deterioro ni deformación. Los esfuerzos que actúan en la biela son:

1. Esfuerzos debidos a la combustión de los gases.
2. Esfuerzos de las fuerzas de inercia alternativas.
3. Esfuerzo de las fuerzas centrifugas.
4. Esfuerzo de las fuerzas de inercia angulares [6].

**Figura 13. Partes de la biela.**



- **Cigüeñal**

El cigüeñal de un motor es el encargado, a través de la biela, de transformar el movimiento alternativo de los pistones en un movimiento rotativo que suministre un par útil. Un cigüeñal es:

1. Una viga apoyada en “n” puntos.
2. Un árbol acodado con los codos decalados entre si un cierto Angulo.

El cigüeñal se encuentra sometido a esfuerzos de flexión y torsión alternados y resulta una pieza del motor difícilmente calculable. Por ello la experiencia es una base muy importante para el diseño de esta pieza [6].

**Figura 14. Partes del cigüeñal**

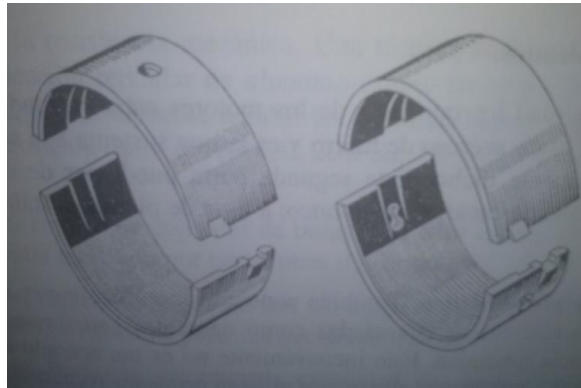


Fuente: Manual de automóviles.

- **Cojinetes**

Son las piezas que se interponen entre los distintos elementos que funcionan en el motor con movimiento rotativo y oscilante [6].

**Figura 15 cojinetes**



Fuente: Manual de automóviles

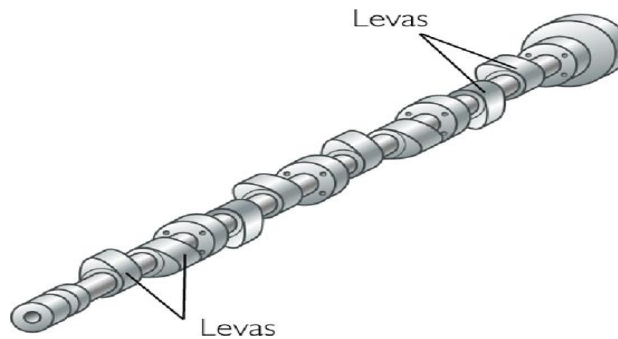
- **Árbol de levas**

Las levas se funden conjuntamente con el árbol, que debe tener gran rigidez y ser suficientemente resistente para absorber los efectos flectores, de torsión y las vibraciones que su funcionamiento genera.

El árbol de levas es accionado por el cigüeñal mediante una cadena, correa dentada o engranaje. En los motores de cilindros en línea, el árbol va montado lateralmente sobre cojinetes en la parte baja del motor, aunque también existen motores de culata hemisférica que controlan las válvulas de admisión y escape por separado. En los motores en “V” se ubica normalmente encima del cigüeñal entre los dos bloques de cilindros.

Al árbol de levas suelen asignársele otras funciones tales como: accionar la bomba de combustible mediante una leva y el distribuidor mediante un piñón en los MEP, y en los MEC de mover el regulador. Normalmente también se encarga de mover la bomba de aceite [6].

**Figura 16. Árbol de levas**



Fuente: Manual de automóviles

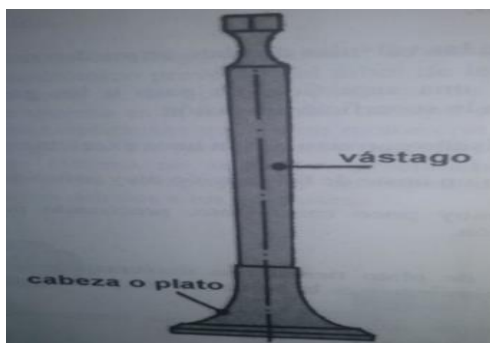
- **Empujadores**

El movimiento de la leva es transmitido al balancín mediante el empujador y la varilla empujadora. Entre el empujador y la leva hay un movimiento relativo de deslizamiento, por lo que es necesario el engrase en ocasiones, el empujador está dotado de un rodillo para evitar fricciones. El inevitable desgaste debe tener lugar en el empujador, puesto que si se produce en la leva esta variara su perfil, y por tanto diagrama de distribución del motor. la varilla empujadora debe tener un diámetro suficiente y una longitud lo menor posible para evitar el fenómeno del pandeo, así como excesivas dilataciones térmicas [6].

- **Válvulas**

El proceso de renovación de la carga en los motores de cuatro tiempos es posible gracias a la apertura y cierre de los conductos de admisión y escape. Los elementos encargados de controlar este proceso, reciben el nombre de válvulas. Estas piezas también aparecen en algunos grandes motores diesel de dos tiempos de barrido uniflujo, para controlar el escape [6].

Figura 17. Partes de la válvula



Fuente: Manual de automóviles

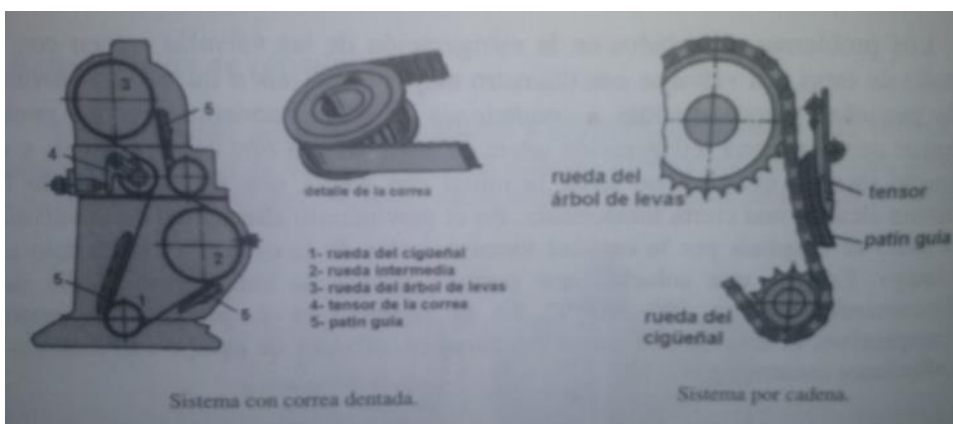
### • Sistema de transmisión

La función del sistema de transmisión entre el cigüeñal y el árbol de levas es garantizar que la apertura y cierre de las válvulas se realice en correspondencia con las posición del pistón, para conseguir este objetivo debe cumplirse.

Sistema de transmisiones más comunes.

1. Transmisión por engranajes
2. Transmisión por correa dentada
3. Transmisión por cadena y rueda dentada
4. Transmisión por engranes y árboles [6].

Figura 18. Algunos sistemas de transmisión.



Fuente: Manual de automóviles

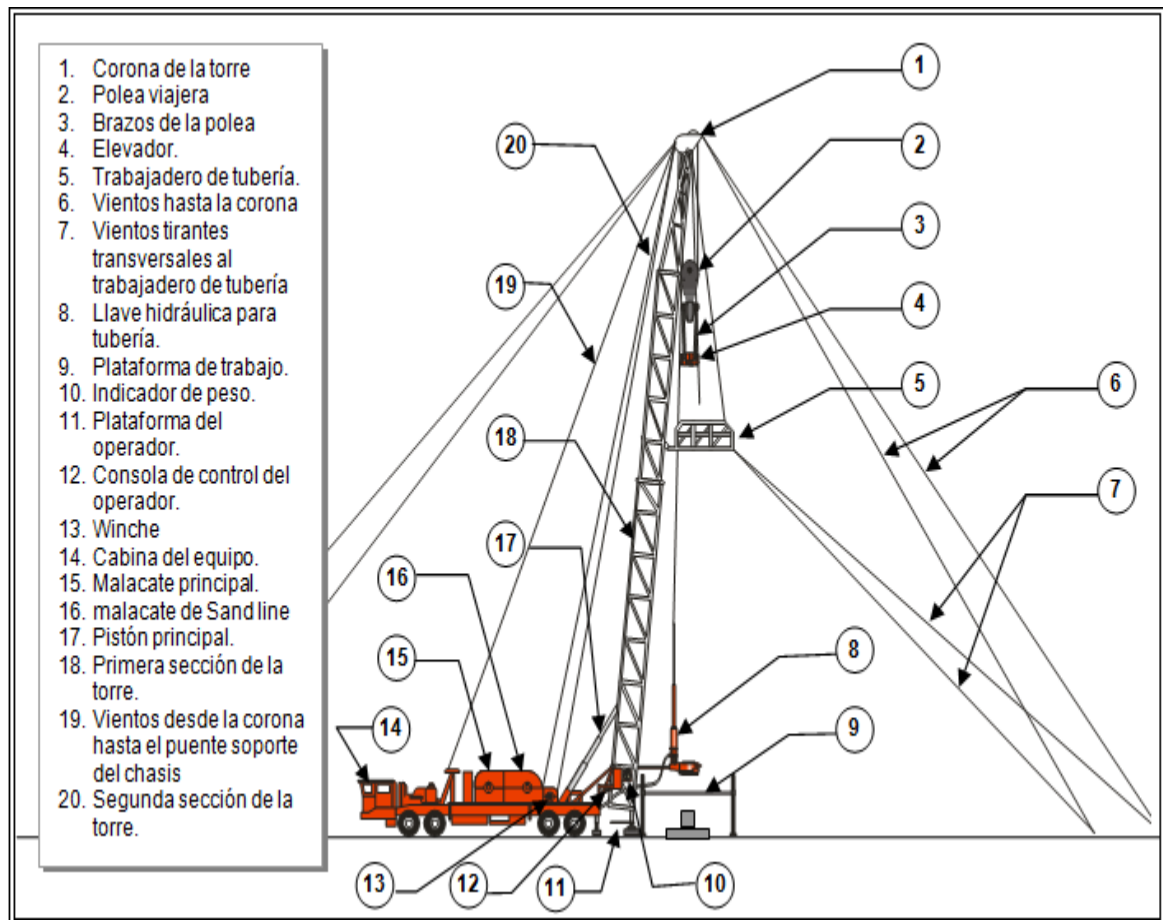
### **3.3 EQUIPO WORKOVER**

Los servicios de workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes. Estos equipos se utilizan para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción o bien activar zonas productoras mediante procesos de fracturación o acidificación. Se utilizan también para convertir pozos productores en pozos de inyección a través de los cuales se bombea agua o dióxido de carbono a la formación, para aumentar la producción del yacimiento. Otros servicios de workover incluyen reparaciones importantes en el subsuelo, como reparaciones de la cañería de revestimiento (casing) o el reemplazo de equipamiento de fondo de pozo que ha sufrido deterioro.

Los equipos de workover se usan en el proceso de terminación de pozos, que es la preparación de un pozo de petróleo o gas natural recientemente perforado para ponerlo en producción [14].

**3.3.1 Principales partes camión Workcover.** Para el entendimiento adecuado de las actividades realizadas se describe los componentes del equipo (ver figura 11). Los principales componentes se clasifican en:

**Figura 19. Equipo de Workover (FRANK 300) con sus componentes y herramientas básicas.**



Fuente: Manual de worckover

- **Cabina del vehículo.**

Su estructura es sencilla, con capot, cojines con ajuste lumbar, con apoyacabeza; cinturones de seguridad, tablero de control para motor, servotransmisión y vehículo, espejos retrovisores, luces tipo halógeno para carretera, de parqueo, techo, reflectoras para trabajo pesado y zonas apartadas, de cola y giratoria color naranja, encima de la cabina.

- **Panel de instrumentos de cabina.**

El panel de instrumentos incluye tacómetros (rpm) del motor y la servotransmisión, indicador de temperatura del motor, panel de velocidades de la servotransmisión, con luz testigo para cada cambio de potencia, indicador de presión de aceite para

el motor y la servotransmisión, indicador de engrane de contraeje para transporte del vehículo, cable de apagado del motor o switch de emergencia y horómetro para el motor principal.

- **Accesorios para el vehículo.**

Estos vehículos están dotados con los accesorios reglamentarios para carretera (gato hidráulico, llave de tacones, extintor, botiquín de primeros auxilios, señales de estacionamiento y caja porta – herramientas instaladas, con sus respectivos seguros y con drenajes).

- **Tanques de combustible.**

Poseen dos tanques de combustible (ACPM) intercomunicados, con sus respectivos visores de nivel, filtros, separadores de agua en la línea de suministro al motor y trampas para drenaje de condensación de agua.

- **Gatos de soporte lateral de la unidad básica.**

El equipo posee dos gatos (patas) hidráulicos, de una etapa, con sus respectivas conexiones, válvulas, mangueras, bases soportes y seguros para transporte.

- **Polea o bloque viajero.**

La polea viajera, en realidad es un bloque o sistema de poleas, que suben o bajan con forme que el cable de acero del equipo sea recogido o alimentado en el malacate. Mientras más poleas se utilicen para laborear el cable, mayor es el peso que la polea viajera puede subir o bajar -mayor es su capacidad-. Se sujeta un elevador a los brazos de la polea viajera para izar o bajar los artículos tubulares (tubería, varilla, etc.)

- **Elevadores.**

Los equipos cuentan con elevadores para tubería de 2-3/8", 2-7/8" y 3-1/2" y para varillas de 5/8", 3/4", 7/8" y 1"

- **Winche hidráulico para maniobra.**

Cada equipo posee una unidad de Winche, para cable de acero de 9/16" con sus respectivas poleas, mangueras, conectores, racores, válvulas de control direccional para consola del operador y válvula de seguridad de venteo o alivio.

- **Panel de válvulas hidráulicas.**

Se encuentra en la parte lateral izquierda del equipo. En ella se encuentran los controles de la primera y segunda sección de la torre, de los soportes (patas) hidráulicos del chasis, la válvula del By-pass, el acelerador de la llave hidráulica, y en algunos equipos el winche.

- **Consola de controles.**

Está localizada en la parte trasera de la unidad y en la plataforma de trabajo del operador. Está fabricada en caja metálica con protecciones para trabajo pesado, de fácil ecualización vertical, lateral y óptima visibilidad

- **Llave hidráulica.**

El equipo cuenta con llaves hidráulica para tubería marca Foster, con su set de dados para manejo de tuberías desde 2 3/8", 2 7/8" y 3 1/2", con medidor de torque, llave aguantadora, pistón hidráulico para subir o bajar la llave y brazo sujetador a la torre.

- **Llave hidráulica de varillas.**

El equipo cuenta con llaves hidráulica para varilla marca BJ con su set de cuadrantes para varillas de 5/8", 3/4", 7/8", 1" y 1 1/8".

- **Malacate principal.**

El tambor principal está devanado con cable de acero de 1" para los FRANK'S 300 y de 7/8" para los FRANKS 200 y los IDECO, para un bloque viajero de 6 líneas.

- **Malacate de Suabeo.**

Todos los equipos poseen tambor de Sand line con cable de 9/16, para los trabajos de achicamiento, Suabeo y corrida de herramientas con cable.

- **Hidrotratador.**

Los equipos poseen un freno hidromático de alta velocidad, impulsado por una cadena desde el eje del tambor principal. El accionamiento del hidromático se obtiene por medio de una válvula de control en la consola del operador.

- **Freno “Pata de cabra”.**

Freno de accionamiento mecánico, montado al lado del operador, con su respectiva cadena de seguridad.

- **Bomba hidráulica.**

Responsable de proporcionar la fuerza hidráulica necesaria (por medio de la presión de aceite) para accionar los gatos del chasis, el pistón principal, el cilindro telescópico, la dirección hidráulica del equipo y las llaves hidráulicas para tubería y varilla.

El sistema hidráulico del equipo incluye también: el tanque hidráulico, válvulas direccionales, líneas y mangueras, racores, conexiones, filtros, planos; identificación de las válvulas en los controles de accionamiento con plaquetas adheridas al chasis, consola del operador y panel de control en la cabina del equipo, en idioma español.

- **Torre o mástil.**

Estos equipos cuentan con su respectiva torre tipo telescópica de dos secciones, de máxima estabilidad torsional, diseño de superficie abierta, soportes de acero, con mecanismos de trinquetes (cascos de mula) que aseguran la transferencia positiva de carga de la segunda sección a la primera, con cilindros hidráulicos para

levantar y extender con confiabilidad y simplicidad de la estructura. En estructura cuadrada que garantiza máxima rigidez y que la hace apta para resistir altas tensiones, posee una tarima (trabajadero) para arrume de tubería, equipada con peines (trinchas) laterales provistos con cierres de seguridad.

La torre tiene aditamentos para los vientos, desde la corona, con alojamientos para el cilindro hidráulico y soporte para la llave hidráulica para tubería, Posee anclajes al camión de tipo bisagra, de fácil y seguro montaje y desmontaje e instalación; posee lámparas de seguridad para funcionamiento a 110 / 120 volts. Incluye dos cilindros hidráulicos para los soportes de la torre al piso o la viga principal (papa), para su nivelación, con control de operación desde la consola del chasis.

- **Gato de izada de la primera sección (Pistón principal).**

Consiste en un pistón tipo telescópico de doble acción, con sus respectivas conexiones, racores, sujetadores, válvulas de control direccional y válvulas de seguridad tipo contrabalance para levantamiento, plegamiento y extensión de la estructura de la torre. Es accionado por medio de la presión de la bomba hidráulica, para levantar o bajar la primera sección de la torre.

- **Gato de izada segunda sección (Cilindro telescópico).**

Consiste en un cilindro de doble acción, instalado en la torre, para extensión y retracción de la segunda sección o sección superior. Posee sus respectivas conexiones, racores, sujetadores, válvulas de control direccional y válvulas de seguridad tipo contrabalanceé en las líneas o puertos de presión del gato, para asegurarla contra caídas repentinas durante la operación, la válvula de venteo superior, y un retorno al tanque y los centralizadores [14].

## **4. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de esta práctica se determinó los siguientes pasos:

### **4.1 RECONOCIMIENTO DEL TALLER**

Se reconoce instalaciones por medio de una inducción realizada por un ingeniero de alto rango donde se visualiza las diferentes áreas y las funciones que cumplen estas. También presentando al personal que labora y la función que cumplen en la empresa.

### **4.2 DOCUMENTACIÓN UTILIZADA PARA LABORES DE MANTENIMIENTO**

Se capacita para el conocimiento de formatos utilizados para el área de mantenimiento y el proceso que se realiza.

### **4.3 CONOMIENTO SOBRE LAS ACTIVIDADES DIARIAS**

Para la ejecución de estas se efectúa capacitación en conocimiento de herramientas mecánicas, se realiza trabajos con técnicos para adquirir conocimiento sobre el funcionamiento de los componentes de las máquinas aplicándoles procesos de tipo de falla a equipos que llegan en mal estado.

### **4.4 ENTRENAMIENTO DE MANUALES DE PARTES Y DE SERVICIOS PARA LA ELABORACIÓN DE REQUISIONES**

Se capacita en manejo de manuales estando presentes en requisiciones (pedido de repuestos) elaboradas por otros compañeros (ingenieros mecánicos) y ejecutando pequeños pedidos, para adquirir cierta habilidad para labores más complejas.

#### **4.5 SUPERVIZAR PROCESOS DE REPARACION DE MOTORES**

Se realizan tres procesos de reparación de motores donde se ejecutan las siguientes labores supervisadas: desarmada del motor, elaboración de requisición (pedido de repuestos) teniendo en cuenta el manejo de manual de partes, verificación de pedidos y armado de motor teniendo en cuenta las especificaciones para la elaboración de este proceso, que proviene del manual de servicios del equipo.

#### **4.6 PLANIFICACIÓN PARA ELABORACIÓN DE FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO WORKOVER.**

Para el desarrollo de esta actividad se tuvo en cuenta el círculo de Deming PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), recopilando información sobre equipos workover en fuentes como manuales de servicios, hojas de vida, manuales realizados por otras compañías petroleras y técnicos con más de veinticinco años de experiencia. Así presentando una posible solución a los inconvenientes propuestos por la empresa.

## **5. DESARROLLO DE ACTIVIDADES**

Para dar solución a los objetivos trazados, se desarrollan las siguientes actividades de mantenimiento correctivo a tres motores de combustión interna encendidos por compresión (Diesel), mantenimiento preventivo a motor cummis por cumplir con 12000 horas de trabajo, análisis de tipos de fallas y plan de mantenimiento preventivo para equipo workover. Para la ejecución de estas tareas se debe considerar los elementos de seguridad exigidos por la empresa.

### **5.1 CONSIDERACIONES DE (HSE).**

Todo trabajador de esta empresa cuenta con los elementos de seguridad suministrados por esta y con capacitaciones sobre medida de protección ambientales. Los elementos de protección personal y medidas de protección ambientales son:

#### **Elementos de protección personal para los trabajos realizados**

- Botas de seguridad
- Gafas de seguridad
- Guantes
- Protección respiratoria mascara media cara con filtros para vapores orgánicos

#### **Medidas de protección ambientales**

- Reutilizar hojas
- Cumplir con código de colores para la disposición de desechos sólidos
- Seguir procedimientos para residuos líquidos.

### **5.2 RECONOCIMIENTO DEL TALLER Y DOCUMENTACIÓN UTILIZADA PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.**

En esta parte el estudiante se desarrolla una inducción teniendo como primera medida, reconocer las instalaciones del taller, el manejo de documentación en la cual la empresa realiza labores de mantenimiento con formatos A67 de requisición utilizados para la toma de repuestos (pedidos), formato de remisiones utilizadas para llevar control de partes mecánicas que salen de la empresa, estas piezas son reparadas por contratistas. Se resaltan por ser las de mayor uso.

Se realizan capacitaciones por técnicos e ingenieros para el correcto funcionamiento y uso de las herramientas mecánicas con las que cuenta la empresa en el taller principal de Piedecuesta.

Otras labores fundamentales son: el estudio correcto de manuales de servicio y partes, estas para realizar labores adecuadas a los equipos en el proceso de desarmado de equipos, armado de equipo y toma de requisiciones que tiene como fin elaborar pedidos de repuestos. Estas labores revisadas y aprobadas por el supervisor de la práctica y jefe de taller ingeniero mecánico David Silva Rico, revisado y aprobado por el jefe de departamento de mantenimiento señor Oscar Barreneche. Al pasar estas aprobaciones, la documentación se traslada al departamento de compras encargado de realizar estas.

### **5.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PEDIDOS PARA LA REPARACIÓN DE MOTORES.**

Para desarrollar estas actividades el estudiante está a cargo del proceso de tres requisiciones de reparación general de motores, ejecutadas para los siguientes equipos: motor Caterpillar modelo 3406, serie 2WB16241, arreglo 9Y8246 que pertenece a un equipo de perforación petrolera, Motor Caterpillar modelo 3306, serie 66D40679, arreglo 8N3420 que pertenece a la planta eléctrica 50, Motor Caterpillar modelo D339, serie 65A304 que pertenece al side boom 39. Estas

actividades ordenadas por el supervisor y jefe de taller ingeniero mecánico David Silva Rico. Desarrollando estas en el taller principal de Piedecuesta.

**5.3.1 Desarme del motor.** Para elaborar las actividades se debe contar con los elementos de protección personal ya mencionados, herramientas mecánicas indicadas y manipuladas por técnicos, ayudante y un supervisor a cargo (ingeniero mecánico en este caso desarrollado por el estudiante en práctica).

**5.3.2 Proceso para el desarme de motores Diesel.** Para desarrollar estas actividades se elabora una tabla (Tabla 1) donde muestra el proceso que se sigue por la empresa para el desarme de motores diesel Caterpillar.

**Tabla 1. Proceso de desarme para los motores diesel.**

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de desarme en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.		
PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
Preparación del desensamble	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique el alcance de la reparación.</li> <li>2. Disponga de los elementos de protección y herramienta necesarias.</li> <li>3. Despeje el área de trabajo.</li> <li>4. Tenga en cuenta las recomendaciones del Coordinador de Servicio.</li> </ol>	Técnico y ayudante
Desmontaje de equipamiento y desensamble de accesorios	<p>Motor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconecte baterías para desenergizar el equipo.</li> <li>• Desconecte cableado del motor, incluye: Sensores, motor de arranque y alternador.</li> <li>• Desconecte el solenoide y actuador de la bomba de combustible. Generador: ( Si aplica)</li> <li>• Desconecte los cables sensado del regulador de voltaje.</li> <li>• Desconecte cables de potencia, cables PMG y la excitatriz. (Si aplica) Retire el cajón de control. (Si aplica)</li> </ul>	Técnico y ayudante

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de desarme en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.

PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
Desensamble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenaje y recolección de líquidos.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aceite lubricante</li> <li>2. Líquido refrigerante</li> </ol> </li> <li>• El radiador.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desconecte mangueras para líquido refrigerante</li> <li>2. Desacople los soportes</li> <li>3. Desacople ventilador</li> <li>4. Retire las correas</li> <li>5. Desacople la polea del ventilador</li> <li>6. Desconecte la tubería del líquido refrigerante</li> <li>7. Desmante el radiador, ubíquelo aparte del motor y espere autorización del coordinador para intervenirlo.</li> </ol> </li> <li>• Desmante filtros.</li> <li>• Retire accesorios.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bomba de combustible y tuberías externas</li> <li>2. Bomba de agua y tuberías externas</li> <li>3. Bomba de aceite lubricante</li> <li>4. Base de filtros</li> <li>5. Enfriador de aceite lubricante siempre y cuando se encuentren externos</li> </ol> </li> <li>• Desmante múltiples.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Múltiple de admisión</li> <li>2. Múltiple de escape</li> <li>3. Múltiple de agua</li> </ol> </li> <li>• Desmante el turbocargador o los turbocargadores y la tubería que va desde el filtro del aire al turbocargador.</li> <li>• Desensamble tapa de distribución delantera.</li> <li>• Desensamble tapa de válvulas.</li> <li>• Descalabre válvulas e inyectores.</li> <li>• Desmante vástagos e inyectores.</li> <li>• Desensamble caja de balancines.</li> </ul>	Técnico y ayudante

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de desarme en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.

PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desensamble culata y llevarla al laboratorio de culatas.</li> <li>• Desensamble eje de levas.</li> <li>• Desensamble el Carter.</li> <li>• Desmonte boquillas de enfriamiento del pistón si estas se encuentran exterior.</li> <li>• Remítase al manual de taller de desarme</li> </ul>	
Desmontaje de soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte el peso del bloque a partir del gato hidráulico si el peso es menor de 1 tonelada o utilice el montacargas si es mayor que este valor.</li> <li>• Desacople de los soportes del motor</li> <li>• Desacople el generador.</li> <li>• Transpórtelo en el montacargas y ubíquelo en un sitio cómodo para continuar el desmontaje.</li> <li>• Asegure el bloque de culata atornillándola a la platina en el volteador.</li> </ul>	Técnico y ayudante
Desensamble $\frac{3}{4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmonte boquillas de enfriamiento del pistón si esta interno.</li> <li>• Desmonte del bloque bielas y pistones.</li> <li>• Desmonte la base del retenedor trasero</li> <li>• Desacoplar bancadas del cigüeñal</li> <li>• Retire Cigüeñal ubíquelo en un sitio seguro y de manera vertical.</li> </ul>	Técnico y ayudante

Fuente autor del libro

**5.3.3 Actividades posteriores al desarme.** Estas actividades son estipuladas por la empresa para obtener un mejor rendimiento de desarrollo envía a reparación, ya que cuenta con contratistas que realizan trabajos nombrados a continuación.

- Lavar cada uno de las piezas del motor y ubicarlos en un lugar aislado de la suciedad.

- Desarmar bomba de agua analizado el estado que se encuentra cada una de sus componentes conformados por: rotor, eje, rodamientos, carcasa y el sello mecánico de forma táctil y visual.
- Desmontar bomba de inyección. Esta se envía a revisar a una contratista (Henry Diesel) donde se hacen sus respectivos arreglos.
- Desmontar planta generadora. es enviada al laboratorio eléctrico de la empresa donde se encargan de la reparación.
- La culata se envía a rectificación. esta labor realizada por la empresa (Mecanizadora del Oriente). En base a las especificaciones del manual la culata se rectifica y se hacen pruebas hidrostáticas mirando que no hallan ranuras, así verificando su estado
- El cigüeñal se envía a rectificadora para verificar su estado. Esta labor realizada por la empresa (Mecanizadora del oriente).

**5.3.4 Requerimientos de repuestos.** Para la elaboración del pedido (requisición) se tiene en cuenta el modelo, arreglo y serie para la identificación correcta del manual de partes. Este cuenta con los despieces de cada componente del equipo y cada uno identificado con un número de parte (Anexo E). Para ejecutar esta labor se realiza en el formato A67 (Anexo A). Este proceso realizado por el estudiante en práctica.

Uno de los pasos más importantes en la elaboración de este, es el cuidado que se debe tener en el pedido de la casquetería. En la mayoría de los casos se toma solamente la medida del cigüeñal ya rectificado, sin tener en cuenta la medida de la bancada. Una de las experiencias vividas fue ejecutar mal el pedido de la casquetería ya que en pasadas reparaciones realizadas a este motor se le realizó una rectificación a la bancada no registrada en la hoja de vida, retrasando las actividades de armado.

**5.3.5 Armado del motor.** Para elaborar este proceso se debe tener en cuenta las especificaciones del manual de servicio del motor. Registro de copia de algunas especificaciones que traen los manuales para la elaboración de reparación del motor (Anexo B).

**5.3.6 Recomendaciones antes del armado.** En esta parte se debe confirmar que en el sitio donde se realiza este proceso cumpla con las siguientes condiciones:

- Verificar que el sitio este completamente limpio.
- Se recomienda lubricar los tornillos para aplicar torques.
- Verificar que todos los repuestos que se pidieron hayan llegado y que coincidan con el número de parte del motor el cual se está reparando.
- Especificaciones más importantes que se deben tener en el ensamble para la hora de la reparación. Registro (anexo C)

**5.3.7 Proceso para el armado del motor.** Para ejecutar estas actividades se tiene en cuenta consideraciones de HSE, verificar que los componentes del motor estén completamente limpios y la determinación de la herramienta necesaria. El proceso de armado se escribe en la siguiente tabla (tabla 2)

**Tabla 2. Proceso de armado para los motores diesel trabajados**

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de armado en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.		
PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
Preparación del armado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disponga de los elementos de protección y herramienta necesarias.</li> <li>2. Despeje el área de trabajo. Tenga en cuenta las recomendaciones del coordinador de servicio</li> </ol>	Técnico y ayudante
Ensamble ¾	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Acople las bancadas del cigüeñal</li> </ol>	Técnico y ayudante

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de armado en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.

PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Ubique el cigüeñal dentro del bloque.</li> <li>5. Ensamble el bloque bielas y pistones.</li> <li>6. Ensamble la base del retenedor trasero</li> <li>7. Monte boquillas de enfriamiento del pistón si esta interno.</li> </ol>	
Montaje soporte delantero y Acoplamiento del generador	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Soporte el peso del bloque a partir del gato hidráulico si el peso es menor de 1 tonelada o utilice el montacargas si es mayor que este valor.</li> <li>9. Asegure el bloque de culata atornillándola a la platina en el volteador.</li> <li>10. Transpórtelo en el montacargas y ubíquelo en un sitio cómodo para continuar el montaje.</li> <li>12. Acople de los soportes del motor. Acople el generador.</li> </ol>	Técnico y ayudante
Armado 7/8	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Ensamble las boquillas de enfriamiento del pistón si estas se encuentran exterior.</li> <li>14. Acople el Carter al bloque.</li> <li>15. Ensamble el eje de levas.</li> <li>16. Monte culata con sus partes.</li> <li>17. Monte caja de balancines.</li> <li>18. Ensamble vástagos e inyectores.</li> <li>19. Calibre válvulas e inyectores.</li> <li>20. Acople la tapa de válvulas.</li> <li>21. Ensamble la tapa de distribución delantera.</li> <li>22. Monte el turbocargador o los turbocargadores y la tubería que va desde el filtro del aire al turbocargador.</li> <li>23. Coloque los múltiples. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiple de admisión</li> <li>• Múltiple de escape</li> </ul> </li> </ol>	Técnico y ayudante

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de armado en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.

PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiple de agua</li> </ul> <p>24. Ensamble accesorios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba de combustible y tuberías externas</li> <li>• Bomba de agua y tuberías externas</li> <li>• Bomba de aceite lubricante</li> <li>• Base de filtros</li> </ul> <p>25. Enfriador de aceite lubricante siempre y cuando se encuentren externos.</p> <p>26. Monte filtros.</p> <p>27. Monte el radiador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conecte mangueras para líquido refrigerante acople los soportes</li> <li>• acople ventilador</li> <li>• Coloque las correas</li> <li>• acople la polea del ventilador</li> <li>• conecte la tubería del líquido refrigerante</li> <li>• monte el radiador, ubíquelo aparte del motor y espere autorización del supervisor para intervenirlo.</li> </ul> <p>28. Abastezca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite lubricante Líquido refrigerante</li> </ul>	
<p>Ensamble de accesorios y Montaje de Equipamiento eléctrico.</p>	<p>Generador:</p> <p>29. Ensamble el cajón de control.</p> <p>30. conecte cables de potencia, cables PMG y la excitatriz.</p> <p>31. conecte los cables sensado del regulador de voltaje.</p> <p>Motor:</p> <p>32. conecte cableado del motor, incluye: Sensores, motor de arranque y alternador.</p>	<p>Técnico y ayudante</p>

Nota: en esta tabla se muestra el proceso y pasos de armado en los motores. Determinando el proceso que se debe llevar para una buena labor. Este proceso calificado por técnicos e ingenieros.

PROCESO	PASOS Y LABOR	ENCARGADO
	33. conecte el solenoide y actuador de la bomba de combustible. conecte baterías para energizar el equipo	

Fuente autor del libro.

**5.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EQUIPO WORKOVER**

El desarrollo de estas actividades se debe al cumplimiento de las 12000 horas de trabajo que lleva el motor, establecidas por el manual de servicio y tryenergy empresa a la cual se le adquirió el motor. Realizando en paralelo otros trabajos al equipo.

**5.4.1 Trabajos realizados equipo workover.** Para dar solución a estas actividades preventivas y correctivas ya programadas (ver tabla 3), se siguió el siguiente proceso. Registro de requisición elaborada para el freno hidromático que hace parte del equipo workover Anexo D.

**Tabla 3. Proceso de actividades equipo Workover.**

Nota: esta tabla muestra los pasos que se realiza al equipo workover envía de mantenimiento. Este proceso aplica en general para métodos correctivos realizador por la empresa.	
Desarrollo de actividades correctivas equipo Frank 300	
ACTIVIDAD	PROCESO
Desarme de equipo	Para este paso desarmar cada una de los componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos que conforman el equipo, estas actividades realizadas por técnicos y ayudantes.
Estado	Verificar la situación de desgaste de cada una de las partes que conforman el equipo y se selecciona, partes en mal estado y buen estado para hacer un análisis de conveniencia, que realiza la empresa para garantizar que las piezas que están en buen estado sean viables en su reúso, estas actividades realizadas por técnico y supervisadas por ingenieros en este caso realizadas por estudiante en práctica.
Pedido	Realizar el pedido de cada una de las piezas que se encuentran desgastadas por medio del manual de partes, o si no obteniendo piezas por muestra o fabricación. Estas actividades realizadas por el estudiante en práctica y aprobadas y corregidas por el supervisor de la práctica.
Verificación del pedido	Revisar cada uno de los ítems pedidos y que estos sean los que conforman lo pedido. Estas actividades realizadas por el estudiante en práctica.
Armado de equipo	Para el ensamblado de cada una de las partes se necesitan un técnico y un ayudante como mínimo, ya que depende del grado de dificultad valorado por el supervisor de taller ingeniero David Silva Rico, estas actividades realizadas por técnico y ayudante.

Fuente autor del libro.

**5.4.2 Proceso preventivo y trabajos realizados al equipo Workcover.** En estas actividades se muestran labores realizadas al equipo workcover como se observa en la tabla 4.

**Tabla 4. Trabajos realizados equipo Workover.**

<p>Nota: En la siguiente tabla se muestra los componentes del equipo worcover a los que se le realizan mantenimiento preventivo y correctivo.</p>		
<p><b>ENCARGADO MANTENIMIENTO: ESTUDIANTE EN PRACTICA DE INGENIERIA MECANICA</b></p>		
<p><b>EQUIPO: FRANK 300</b></p>		
PIEZA	LABORES REALIZADAS	TECNICO ENCARGADO
<p>Mantenimiento preventivo al motor cummins QSM11 serie 35276217 por 12000 horas de trabajo. Se le realizo pruebas de blowby que consiste en el escaneo mediante un programa llamado INSITE para monitorear y revisar posibles fallas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La prueba blowby arrojo 2" H2O (estando en el rango de presión admitida)</li> </ul> <p>Trabajos realizados por recomendaciones de soporte técnico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración de válvulas e inyectores</li> <li>• Inspección de bancada y biela se encuentran en buen estado</li> <li>• Se efectuó cambio de turbo cargador presentaba fugas internas en el sistema de lubricación.</li> <li>• Cambio de rodamientos y retenedores al motor de arranque y alternador</li> <li>• Cambio de refrigerante y sondeo de radiador</li> </ul>	<p>Antonio Guarín</p>
<p>Cilindro hidráulico telescópico (levantamiento de torre)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pulen los tres cilindros</li> <li>• Cambio de baquetas de los tres cilindros</li> <li>• Cambio de anillos a los tres cilindros</li> <li>• Cambio de empaques a los tres cilindros</li> </ul>	<p>Carlos Santos Henry Sandoval</p>
<p>Eje de transferencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de rodamientos.</li> <li>• Cambio de separadores.</li> <li>• Cambio de retenedores, empaques.</li> <li>• Balanceo y pulimento por horas de trabajo.</li> <li>• Cambio de cadena que va del eje de transferencia al malacate principal.</li> <li>• Corrección de fugas de caja de Angulo recto.</li> </ul>	<p>Alfredo Prada Edgar Cala Ayala</p>
<p>Malacate principal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de bandas y calibración</li> <li>• Cambio de guía izquierda.</li> </ul>	<p>Antonio Guarín</p>

Nota: En la siguiente tabla se muestra los componentes del equipo worcover a los que se le realizan mantenimiento preventivo y correctivo.		
<b>ENCARGADO MANTENIMIENTO: ESTUDIANTE EN PRACTICA DE INGENIERIA MECANICA</b>		
<b>EQUIPO: FRANK 300</b>		
<b>PIEZA</b>	<b>LABORES REALIZADAS</b>	<b>TECNICO ENCARGADO</b>
Freno hidromático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de impellers</li> <li>• Cambio de sellos y O-ring</li> </ul>	Fernando Gonzales
Mecanismo de freno de bandas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de 10 pasadores</li> <li>• Cambio de slip</li> <li>• Cambio de 4 bujes</li> </ul>	Paucelino Redondo
Torre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisaron rodamientos y poleas de torre se encuentran en buen estado</li> <li>• Realización prueba de luz negras donde se encontraron ochenta y seis grietas en la estructura de la torre.</li> <li>• Cambio de camisa de extensión</li> </ul>	Antonio Guarin
Trabajos generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptaron a la caja allison power take off (PTO)</li> <li>• Cambio de bomba hidráulica</li> <li>• Cambio de gato estabilizador derecho</li> <li>• Se revisó control de válvulas oleohidraulicas</li> <li>• Se revisó sistema eléctrico</li> <li>• Se pintó unidad básica y torre.</li> </ul>	Alirio Zambrano Carlos Arias Paucelino Redondo

Fuente autor del libro

## 5.5 ANÁLISIS DE FALLAS.

El proceso llevado para análisis de fallas en la empresa se inicia con la búsqueda del problema, iniciando de lo más sencillo a lo más complejo, llegando al problema causado por: desgaste normal, no aplicación de un mantenimiento adecuado, mala operación y piezas adaptadas en mal estado. Registro de fallas Anexo D

**5.5.1 Pasos para soluciones de falla.** Para dar solución a equipos que llegan al taller en mal estado. Se debe realizar un esquema desarrollando cada uno de los siguientes pasos para determinar el posible daño:

1. Inspección de falla.
2. Posibles causas que determinaron la falla.
3. Análisis profundo de cada una de las posibles fallas.
4. Seleccionar posibles causas.
5. Solución de la falla.

**Tabla 5. Tipos de fallas mecánicas.**

Nota: En la siguiente tabla se muestra algunos equipos a los que se le realizó el proceso de análisis de falla, mostrando el tipo de falla y la causa que lo produjo.		
PIEZA O EQUIPO	TIPO DE FALLA	CAUSA
Cilindro telescópico boom grúa	No se sostiene	Old ring de Válvula anti retorno en mal estado.
Eje de transferencia	Exceso de ruido	Rodamientos en mal estado lo que ocurrió un des alineamiento en el eje.
Freno hidromático	Presiones inadecuadas en funcionamiento	Impellers en mal estado, provocando fugas internas provocando su inadecuado funcionamiento.
Montacargas	Exceso de ruido al accionarse la barra de inclinación.	Desgaste en el buje producido por el uso.
Motor	Fisura en el cigüeñal	Mala operación de la máquina (sobre peso).
Motor	Aumento del nivel de aceite en el motor	Fugas en el Inyector pasándose el combustible al carter aumentado el nivel.
Motor	Fugas de aceite en el trubocargador	No elaboración de mantenimiento.
Motor	Baja potencia	Bomba de inyección en mal estado.
Motor	Sobrecalentamiento del motor	Radiador con fugas de refrigerante lo que causa el nivel de este inadecuado produciendo la falla.
Motor	Sobre calentamiento.	Bomba de aceite en mal estado

Nota: En la siguiente tabla se muestra algunos equipos a los que se le realizó el proceso de análisis de falla, mostrando el tipo de falla y la causa que lo produjo.

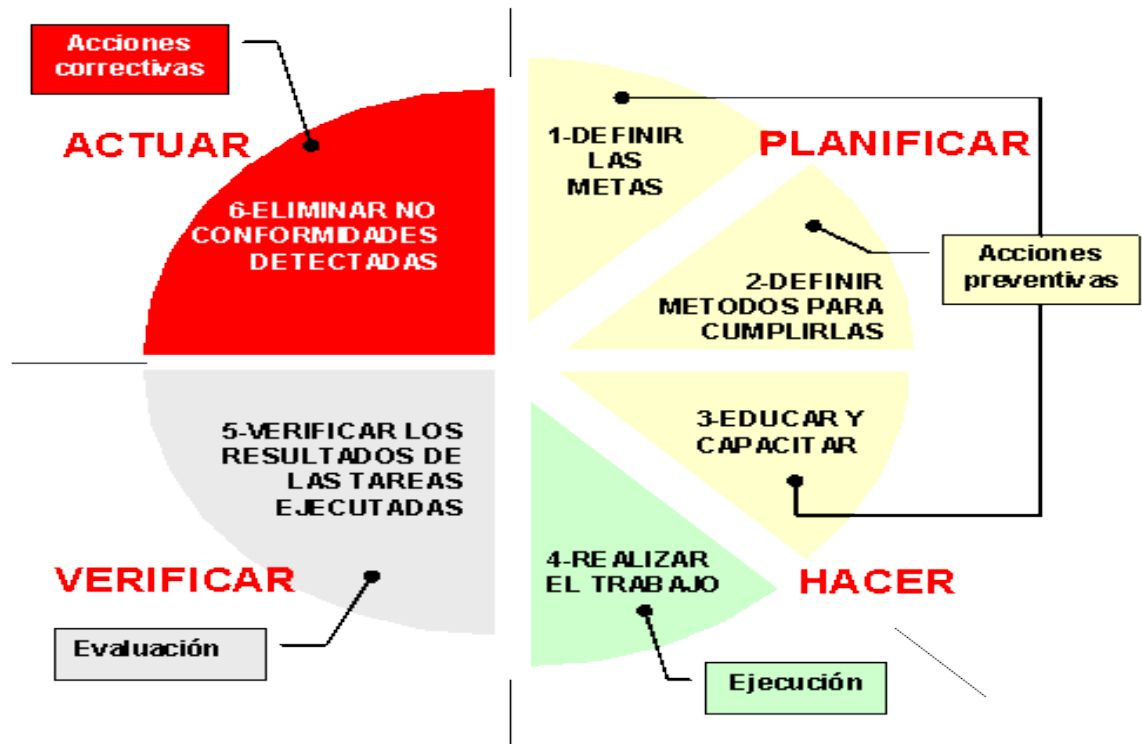
PIEZA O EQUIPO	TIPO DE FALLA	CAUSA
		encontrando desajustes en el eje producido por los rodamientos que se encuentran en deterioro, provocando desgastes en las piezas, como lo son piñones picados y ochos.
Retroexcavadora	Sobre esfuerzo del motor, parte hidráulica en mal estado	Bomba hidráulica de pistones en mal estado, provocando sobre esfuerzos al motor, causado por fugas internas de la bomba, encontrando deteriorado los pistones y desgaste en el plato.
Torre de perforación	Se dobló embolo en una de las secciones de la torre.	Sobre peso.

Fuente autor del libro

## 5.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO WORKOVER

Para el desarrollo de este programa es necesario hacer uso del círculo de Deming PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y actuar) ver figura 12. Dando inicio a este se debe verificar el problema actual que existe. A partir de esto se realiza un plan para el mejoramiento de este, en este caso realizando una estructura para mejorar el mantenimiento sobre dicho equipo. Una vez tomada esta decisión se da inicio a la planificación de rutinas, dadas por diferentes sistemas de información, para dar una posible solución.

Figura 20. Circulo de Deming (PHVA)



**5.6.1 Plan efectuado para la implementación del programa.** Para realizar el formato se basa en el círculo de Deming. Desarrollando este proceso mostrado en la tabla 6

**Tabla 6. Estructura de actividades para el desarrollo del formato de mantenimiento.**

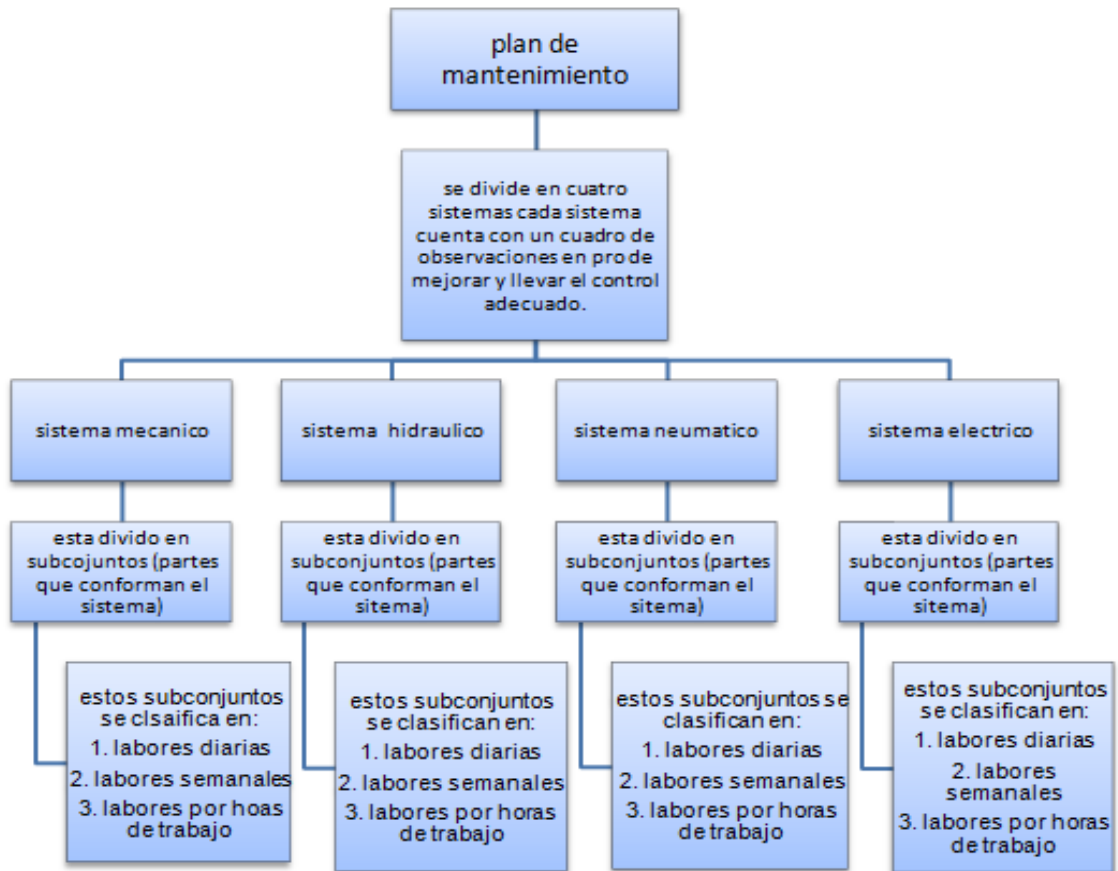
Nota: en la siguiente tabla se muestra el proceso que se debe llevar a cabo con el círculo de Deming, para la elaboración del formato	
Planificar	<p>En los equipos workover se presentan problemas en la elaboración de mantenimiento correctivo por sus largos periodos en que se desarrolla, ya que presenta pérdidas grandes a la empresa.</p> <p>Al acumularse trabajos de reparación se vuelven extensos, pretendiendo disminuir el tiempo de ejecución en reparaciones del equipo, elaborando un formato de mantenimiento preventivo, para llevar un control adecuado en la ejecución de trabajos del equipo.</p> <p>Aumentando una probable eficiencia en: producción, disminución en costos de mantenimiento, rendimiento de la máquina, calidad del trabajo a los operarios y técnicos.</p>

Nota: en la siguiente tabla se muestra el proceso que se debe llevar a cabo con el círculo de Deming, para la elaboración del formato	
Hacer	Reestructurar y organizar el plan de mantenimiento, mediante información basada sobre manual de servicio, información de otras empresas, proveedores, técnicos con veinticinco años de experiencia y operadores de esta.
Verificar	Comparar el estado actual del equipo con lo planeado para probar si el proceso actual cumple con lo querido por la empresa. Las exigencias dichas anteriormente en el proceso de planificar. Para la comparación de estas se debe esperar un tiempo prudente haciendo un análisis por lo estipulado en la empresa.
Actuar	Generando un adecuado plan de mantenimiento programado socializando los objetivos y normas de este, Capacitando a los operadores y técnicos del uso del formato, para que cumplan los objetivos planeados en cuanto a la mejora esperadas dichas anteriormente, para así fomentar este plan a los otros equipos de limpieza de pozos y perforación petrolera. Ya que depende de su fiabilidad.

Fuente autor del libro.

**5.6.2 Desarrollo del formato.** Para dar solución a esta actividad se desarrollan reuniones con los ingenieros de alto rango, técnicos y operarios dando una posible solución conformada con la elaboración del formato de mantenimiento preventivo. Este se organiza de la siguiente forma: Registro de formato Anexo F

Figura 21. Organización del formato del mantenimiento preventivo.



Fuente autor del libro

## 6. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el proceso de mantenimiento correctivo establecido por la empresa, realizando actividades para la interpretación del funcionamiento de manuales (manual de partes, manual de servicios). Supervisando todo el proceso y realizando tres requisiciones para reparación de motores Caterpillar, siguiendo las normas de calidad, seguridad y ambientales con las que cuenta la empresa.

Se presentan algunos tipos de fallas mecánicas, vividas en la elaboración de la práctica empresarial, manifestando en esta un grado de experiencia a nivel profesional y personal.

Se gestionó la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para un equipo workover, con el fin de mejorar el rendimiento de la máquina, disminuir costos en mantenimiento y mejorar la calidad de vida en las labores diarias a operarios y técnicos encargados. Llevando a cabo un proceso de fiabilidad para poder implementarlo a equipos de workcover y de perforación.

Los procesos elaborados para el mantenimiento preventivo realizado a los equipos antiguos no es el adecuado, manifestándose solo en cambio de aceites, filtros y engrases. El resto de piezas que pertenecen a estos seles realiza mantenimiento correctivo. Para equipos nuevos el mantenimiento preventivo realizado aparte del ya mencionado es el que manifiesta el servicio técnico presentado por la marca del equipo. Perjudicando en algunos casos los trabajos que realiza la empresa por falta de un mantenimiento adecuado.

Se realizó mantenimiento preventivo a motor CUMMIS recomendado por servicio técnico y manual de servicio. Presentando presiones adecuadas en cada cámara de combustión

## BIBLIOGRAFIA

- [1] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN-ICONTEC- Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC 9000. Bogotá D.C.: El instituto, 2005. pp. 14-15-17.
- [2] Gestión de servicios TI [En línea]. [Citado 10 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]:[http://itilv3.osiatis.es/proceso\\_mejora\\_continua\\_servicios\\_TI/ciclo\\_deming.php](http://itilv3.osiatis.es/proceso_mejora_continua_servicios_TI/ciclo_deming.php).
- [3] CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinámica. McGRAW-HILL Editores. 2013 pág. 683
- [4] Cummins Power Generation. Cummins Inc. [En línea]. [Citado el 10 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]: <http://www.cumminspower.com/es/cummins/>.
- [5] Entrevista con David Silva Rico, Jefe del taller principal. ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. Piedecuesta, 14 Mayo de 2013.
- [6] RUIZ S, BERMÚDEZ V, BROATCH A, CLIMENT H, LÓPEZ J, SERRANO J, TORMOS B. Prácticas de motores de combustión. Alfaomega. Editores 1ª edición 2005 pp. 12-13-17-19-20-23-24-26-32-40-47-52-53-58-59-62-67.
- [7] SHIGLEY, Joseph Edward; UICKER, John Joseph. Teoría de máquinas y mecanismos. McGRAW-HILL Editores. 2013 Pág. 5.
- [8] Glosario técnico [En línea]. [Citado 10 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]:<http://automecanico.com/auto2005/glosariom.html>

[9] ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. Nuestra Historia. [En línea]. Citado [15 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]:[http://www.ismocol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17&Itemid=26&lang=es-nuestra-historia](http://www.ismocol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=26&lang=es-nuestra-historia).

[10] ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. Misión y Visión. [En línea]. Citado [15 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]:  
[http://www.ismocol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=23&lang=es-misión-visión](http://www.ismocol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=23&lang=es-misión-visión).

[11] ISMOCOL DE COLOMBIA S.A. Nuestros servicios. [En línea], Citado [15 de agosto del 2013]. [Disponible en línea]:  
[http://www.ismocol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=65&lang=es-nuestros-servicios](http://www.ismocol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=65&lang=es-nuestros-servicios).

[12] Equipos. Manual de mantenimiento mecánico. ISMOCOL.

[13] ARIAS, Manuel. Manual de automóviles. 53ª edición. Madrid. Cie inversiones Editores Dossat, 2004 pp. 277-278-279-280-281-282

[14] Workover. Manual de operaciones y especificaciones técnicas de reacondicionamiento de pozos Ecopetrol.

# **ANEXOS**

**ANEXO A: registro de requisiciones elaboradas para los tres motores Caterpillar en formato A67. Donde muestran la primera hoja de cada requisición (pedido para reparación de motores). Encontrando en la parte inferior de la imagen las firmas de quien lo elaboro (estudiante en práctica) y de quienes revisaron y aprobaron (supervisor de la práctica David Silva Rico y jefe de Departamento Oscar Barreneche.**



Ismocol

LISTADO DE REPUESTOS PARA REPARACION  
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Documento No.

Rev. No

ICB

GRAL-F-67

1

FECHA:	MECANICO: (Escu. V)	FRENTE: Piedrecuesta	COD. MEC.
EQUIPO: Side Boom	MODELO: 572E	SERIE: 65A304	50 37
MOTOR: Caterpillar	MODELO: D339	SERIE: 65A304	ARREGLO:

ITEM	UN	REFERENCIA	DESCRIPCION	CAVT	PAG CATALOG	CATALOG NUMERO
			Repuestos para Motor D339 serie 65A309			
1	UN		Connecting Rod and Piston Bearing 0.030" Undersize Cylinder block and Covers	4		
2	UN	4H9640	Bushing	10	27A	1417
3	UN	4M6491	Bushing	1	27A	
4	UN	3F7473	Bushing	1	27B	
5	UN	3F7474	Bushing	1	27B	
6	UN	8F8523	Bushing	2	28B	
7	UN	8H1092	Spacer	1	28D	
			Oil pump			
8	UN	5M4158	Bearing	1	42B	
9	UN	1H1777	Bearing	2	42B	
10	UN	9M8467	gear assem (10 Teeth)	1	42B	
11	UN	2M2644	gear (10 Teeth)	1	42B	
12	UN	9M8470	Bearing	1	42B	
13	UN	9M7182	shaft Assem	1	42B	
14	UN	4H8714	Ring	1	42B	
15	UN	9M8471	shaft	1	42B	
16	UN	3H3378	gear assem (10 Teeth)	2	42B	

JUSTIFICACION Reparacion general de motor y otras partes del equipo en mal estado

ELABORO Gustavo A. Rivera REVISO



I C S

# LISTADO DE REPUESTOS PARA REPARACION

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Documento No.

Rev. No

GRAL-P-87

1

FECHA:	MECANICO: J. Sierra	FRENTE: Prodecosta	COD. MEC.
EQUIPO: GARDER	MODELO: 730	SERIE:	Torre 2
NOTAS: Catepillan	MODELO: 3406	SERIE: 2.W016241	ARREGLO: 948246

ITEM	U. N.	REFERENCIA	DESCRIPCION	CANT	PAG. CATALOGO	TIPO DE UNIFORME
26	UN	7N2156	Bearing sleeve	2		
27	UN	2N2766	Lock nut	12		
28	UN	3139550	stud	4		
29	UN	5M2894	washer	12		
30	UN	9Y4011	Lifts as valve	12		
31	UN	4N0343	Bearing sleeve	1	3801	
32	UN	8N8258	Bearing sleeve	1	4301	
33	UN	9W4930	mount as	1	45	
34	UN	1010700	mount as	4	50.02	
35	UN	2C3100	Seal sp	1		
36	UN	7W1821	Seal lip	1		
37	UN	1028478	shaft water pump	1		
38	UN	2485513	Bearing as roller	1		
39	UN	8H9789	Regulator temp	2		
40	UN	3L1425	Ball bearing	1	87	
41	UN	4M7002	Ball bearing	1	87	
42	UN	159544	Seal O ring	2	11404	
43	UN	5L8854	Seal O ring	2	11404	
44	UN	4W7017	Ring	2	11902	
45	UN	3190785	Nozzle as	6		
46	UN	3197401	Seal sp crankshaft (Rear)	1		
47	UN	850511	Seal sp crankshaft (Front)	1		
			Bearing sleeve	2	58	
			Gasket kit			
48	Kit	8T4869	Seal kit after cooler and lines	1		
49	Kit	8E4826	Seal kit central and lower	1		
50	Kit	8L4457	Seal kit front structure	1		

IMPRESION

LABORO

Fustina A. Quintero



**LISTADO DE REPUESTOS PARA REPARACION**  
**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO**

Ordenador No. Rev. No.

PCB ORAL 7 7

FECHA: 4/24/13	MECANICO: N. Lomas	FRENTE: P. Pedraza	COD. MFC: PESO
Planta electronica	MODELO: Cat 3306	SERIE: 50A0050	ARREGLO: EN3420
de cigallar	MODELO: 3306	SERIE: 66040679	

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANT.	PRE. UNITARIO	DETALLE
Partes Para Reparacion de Motor Caterpillar 3306 Serie 66040679					
1 UN	71M4046	Bearing	4	388	3414
2 UN	2P8889	Linea Cylinder	6	388	3414
3 UN	4M5472	Bearing	1	388	3414
4 UN	4B3938	Plug	2	388	3414
Crankshaft					
5 UN	8N8226	Bearing main 0.51 mm	7		
6 UN	9F2247	Plug	6	40A	3414
7 UN	7N9342	Pista	2	40A	3414
Connecting Rod and Piston					
8 UN	7N9809	Pin Piston	6	44	3414
9 UN	154543	Rotamer An	12	44	3414
10 UN	25802	Bearing connecting Rod "0.010"	6	44	3414
11 UN	4N9258	Piston	6	44	3414
12 UN	953068	Ring - Group	6	44	3414
13 UN	8N703	Bearing	6	44	3414

Motor en mal estado. Se requiere partes para reparacion.

Fuente Recte REAR

**ANEXO B: Registro de copia manual de servicio mostrando algunas especificaciones para la armada del motor D339 Caterpillar.**

See the topic, SPECIFICATIONS, in the GENERAL INSTRUCTIONS.

Number of cylinders ..... 4  
Bore and stroke ..... 5¼ x 8  
Firing order ..... 1-3-4-2

**Accessory Drive Shaft**

\*Backlash between accessory drive gear and camshaft gear ..... .002 - .008 in.  
Accessory drive shaft journal diameters (front and rear) ..... 1.4335 - 1.4345 in.  
Accessory drive shaft bearing clearance ..... .0015 - .0035 in.  
Permissible accessory drive shaft bearing clearance ..... .007 in.  
Accessory drive shaft end clearance ..... .006 - .008 in.  
Permissible shaft end clearance ..... .015 in.  
Retainer nut torque ..... 150 lb. ft.

**Camshaft**

Backlash between camshaft gear and crankshaft gear ..... .003 - .017 in.  
Bearing journal diameter ..... 2.619 - 2.620 in.  
Bearing clearance ..... .0031 - .0065 in.  
Permissible bearing clearance ..... .010 in.  
End clearance ..... .010 - .020 in.  
Permissible end clearance ..... .035 in.

**Compression Release**

Distance between rocker arm and lifter rod ..... .025 - .030 in.

**Connecting Rod**

Bearing clearance ..... .0041 - .0070 in.  
Permissible bearing clearance ..... .012 in.  
Center-to-center distance ..... 14.999 - 15.001 in.  
Piston pin bearing bore ..... 2.3910 - 2.3915 in.

**Connecting rod bolt nuts torque:**

Lubricate bolt threads and nut seat with engine oil.  
Initial tightening (both nuts) ..... 75 ± 5 lb. ft.  
Mark rod cap and nuts with matching marks.  
Tighten additional (from mark) ..... 60°

**Crankshaft**

Main journal diameter:  
9H9082 Crankshaft ..... 3.748 - 3.750 in.  
4S7414 Crankshaft ..... 4.259 - 4.261 in.  
Main bearing clearance ..... .004 - .007 in.  
Permissible bearing clearance ..... .010 in.  
End clearance ..... .012 - .019 in.  
Permissible end clearance ..... .035 in.

**Main bearing stud nuts, torque:**

Earlier engines:  
½" stud nuts ..... 95 lb. ft.  
¾" stud nuts ..... 350 lb. ft.  
64A152-Up, 65A176-Up

Lubricate nut threads and washer face with engine oil.  
Initial tightening (both nuts) ..... 100 ± 5 lb. ft.  
Mark end of stud and nut.  
Tighten additional (from mark) ..... 120°

Connecting rod journal diameter ..... 3.623 - 3.625 in.  
Permissible journal wear ..... .006 in.  
Permissible out-of-round ..... .005 in.  
Pulley retaining screw torque ..... 300 - 325 lb. ft.

**Cylinder Head**

Tighten nuts:  
First time (¾" nuts) ..... 60 lb. ft.  
(½" nuts) ..... 150 lb. ft.



**CYLINDER HEAD STUD NUT TIGHTENING PROCEDURE**

Second time (¾" nuts) ..... 300 lb. ft.  
(½" nuts) ..... 120 lb. ft.

**Cylinder Liner (Use SF7362 Adapter)**

Plate for Removal  
Inside diameter ..... 5.750 - 5.751 in.  
Permissible liner wear (increase in diameter at top of ring travel) ..... .020 in.

**Engine Support Bolt Torque**

Front and rear ..... 300 - 350 lb. ft.

**Flywheel**

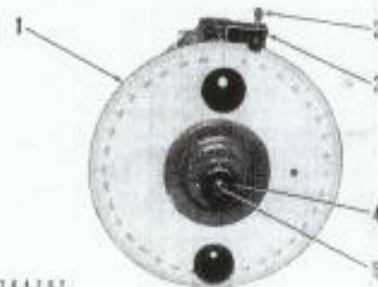
Retaining bolt torque ..... 265 lb. ft.

**Flywheel Housing**

Bolt and nut torque ..... 265 lb. ft.

**Fuel Injection Equipment**

LIFTER SETTINGS IN DEGREES (OFF ENGINE)	
LIFTER NO. (Numbered consecutively front to rear)	TIMING PLATE DEGREES
1	391¼
2	31¼
3	211¼
4	121¼



184103

**TIMING DIMENSION SETTING (OFF ENGINE)**

1-1F8748 Plate Assembly,\* 2-Lock screw, 3-2M5218 Pointer Assembly, 4-Washer, 5-Bolt.

\*On earlier 1F8748 Plate Assemblies the drive shaft must be replaced with a 2M5218 Shaft Assembly.

**ANEXO C. Registro, copia de especificaciones más importantes que tiene en cuenta la empresa a la hora de reparar y archivar en la hoja de vida.**

## REPARACIÓN DE MOTORES

FECHA \_\_\_\_\_  
MOTOR \_\_\_\_\_ SERIE \_\_\_\_\_ CÓDIGO MECÁNICO \_\_\_\_\_  
REPAREO \_\_\_\_\_

### PIEZAS NUEVAS DEL MOTOR

1	_____	9	_____
2	_____	10	_____
3	_____	11	_____
4	_____	12	_____
5	_____	13	_____
6	_____	14	_____
7	_____	15	_____
8	_____	16	_____

### TORQUES APLICADOS

BIELA \_\_\_\_\_ L.b-Pie

BANCADA \_\_\_\_\_ L.b-Pie

CILINDRO \_\_\_\_\_ L.b-Pie

### ESTADO CIGÜEÑAL

BIELA \_\_\_\_\_ BANCADA \_\_\_\_\_ AXIALES \_\_\_\_\_

### TOLERANCIAS ( EN MILÉSIMAS DE PULGADA )

ANILLOS 1  2  3  4  5

BANCADA \_\_\_\_\_ in2 BIELA \_\_\_\_\_ in JUEGO AXIAL \_\_\_\_\_ in

### GALONES DE ACEITE AGREGADOS ( 15W40 )

### OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

12/130

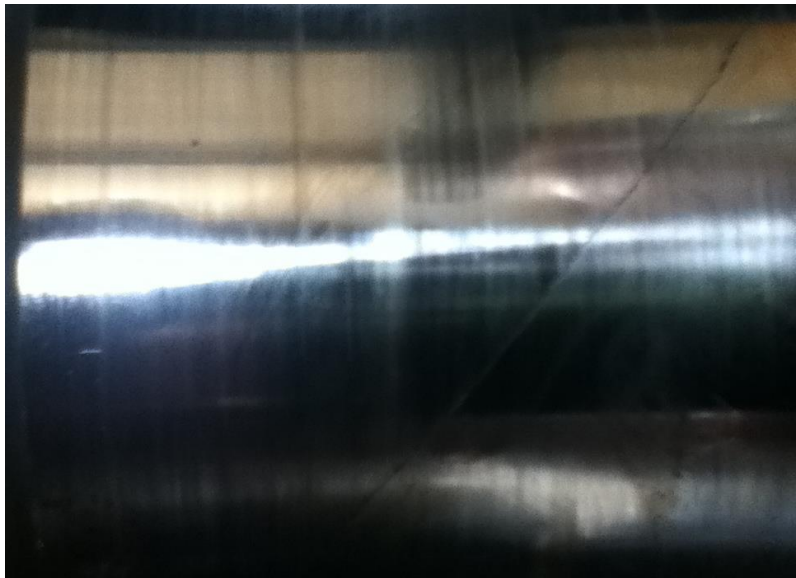
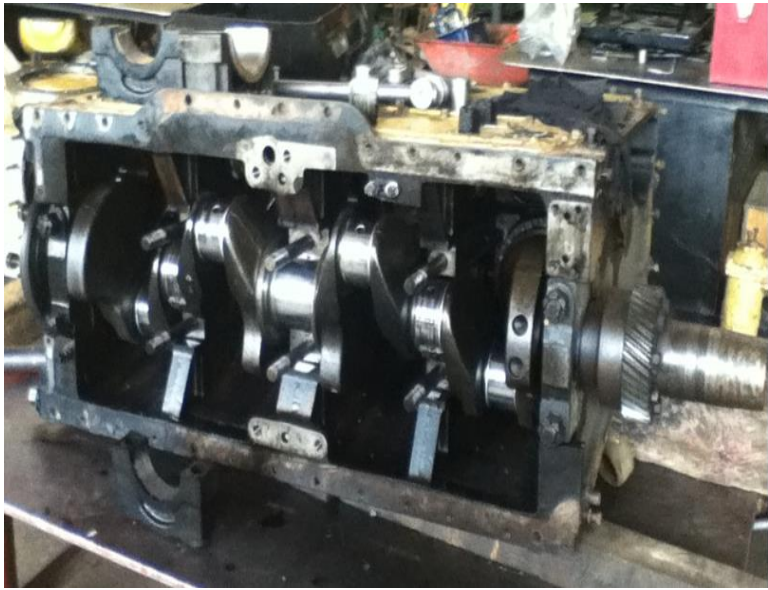
Jefe Opts Mantenimiento

NOTA: LAS PIEZAS CAMBIADAS ( POR DETERIORO ) O RESPUESTAS ( OR QUE FALTABAN ) DEBERÁN APARECER EN LA RESOLUCIÓN DE MATERIALES

**ANEXO D: Registro de requisición para freno hidromático explicando los nombres y la función que realizan en el anexo A. ya que se elaboró en la misma clase de formato.**



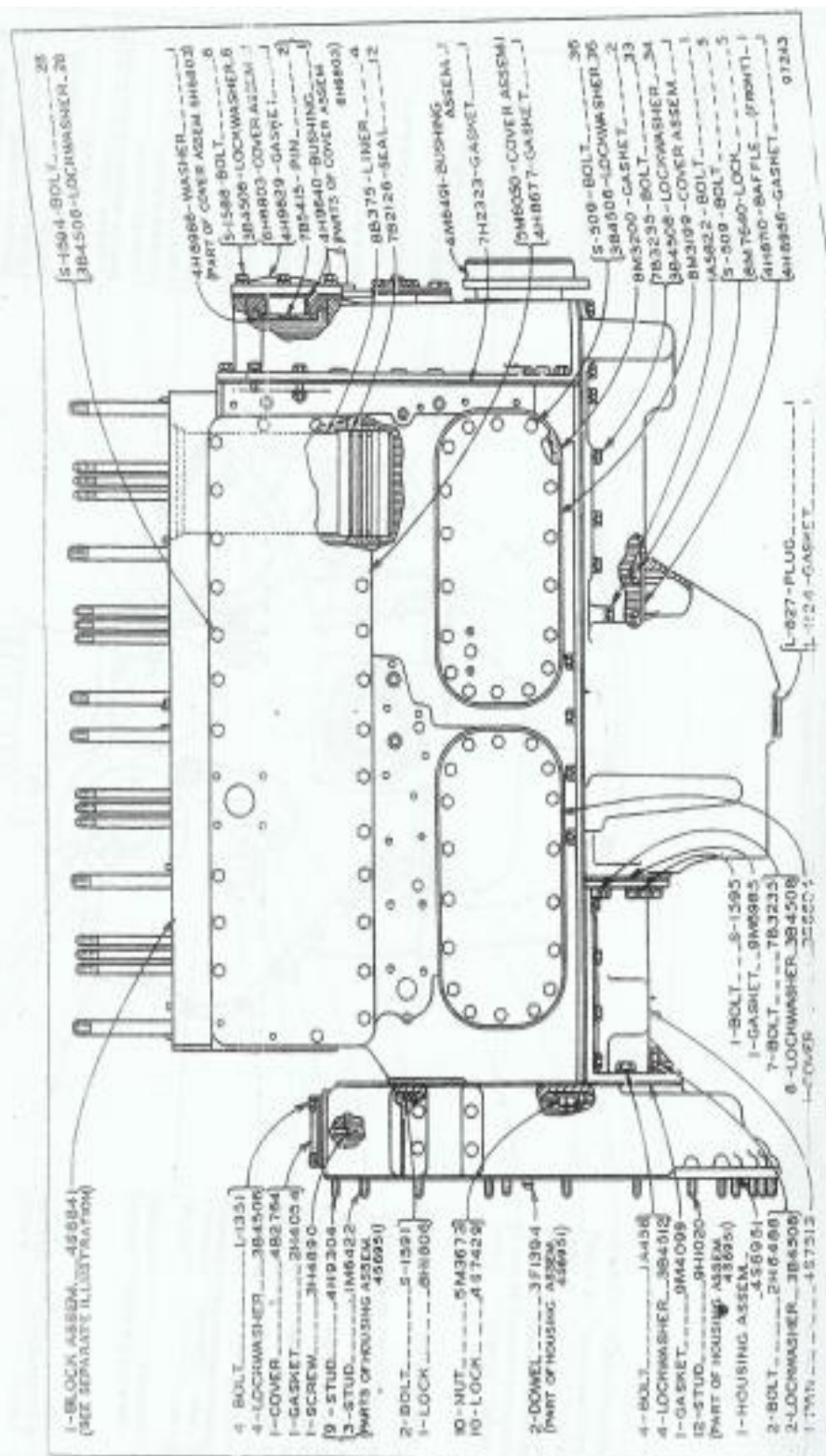
**ANEXO E: Registro, tipo de falla: fisura de cigüeñal, causada por mala  
operación.**



**ANEXO F. Imagen, tipo de falla aumento de nivel de aceite en el motor, causado por inyección en mal estado. La imagen uno en forma descendente muestra el bloque del motor y en la parte superior de esta se visualiza la culata sin la tapa de esta. En la segunda imagen de forma descendente se visualiza una medida de presiones estas pertenecen a una prueba que consiste en teparle todos los ductos que van de la bomba de inyección a los inyectores de combustible y aplicarle presión. La tercera imagen de forma descendente muestra un inyector en mal estado por lo que se concluye que en la prueba realizada el inyector arrojaba fugas,**



**ANEXO G. Registro de copia de una hoja del manual de partes de bloque de motor D339 donde muestra algunas piezas del motor con su número de parte.**



CYLINDER BLOCK AND COVERS—854a View  
Serial No. 65A 178 to 65A 213 Inclusive  
486811 Block parts are shown on Page 280

**ANEXO H. Registro formato de plan de mantenimiento preventivo**