



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DIAGNOSTICO DE FALLAS PARA MOTORES
DIESEL DE MAQUINARIA PESADA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

EDGARDO VALDIVIESO VEGA



DIRECTOR DE TESIS

ING. ARMANDO MALDONADO SUSANO

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
CAPITULO I	
CICLO DIESEL TEORICO	
I.1 EL MOTOR ENCENDIDO POR COMPRESION	4
I.2 EL CICLO OPERATIVO DE 4 TIEMPOS	4
I.2.a Admisión	5
I.2.b Compresión	5
I.2.c Combustión y expansión	5
I.2.d Escape	5
I.3 CICLO OPERATIVO DE 2 TIEMPOS	6
I.3.a El primer tiempo	7
I.3.b El segundo tiempo	7
I.4 ENERGIA-TRABAJO-CALOR	8
I.5 PRINCIPIO DE LA EQUIVALENCIA O PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA	8
I.6 ESTADOS TERMODINAMICOS Y TRANSFORMACION DEL FLUIDO	9
I.7 ECUACION DE LA ENERGIA APLICADA A LOS MOTORES ENDOTERMICOS	10
I.8 EL TRABAJO EN EL DIAGRAMA P-V	11
I.9 ENTROPIA Y EL CALOR EN EL DIAGRAMA DEL PLANO T-S	12
I.9.a calores específicos	14
I.10 LOS GASES PERFECTOS	15
I.11 RELACIONES DE LOS GASES PERFECTOS	16
I.12 PROCESO DE LOS GASES PERFECTOS	18
I.12.a Proceso a volumen constante	18
I.12.b Proceso a presión constante	19
I.12.c Proceso isentropico o adiabático	20
I.12.d Proceso politrópico	21
I.13 CICLO DIESEL TEORICO	23
I.14 DIFERENCIA ENTRE EL CICLO DIESEL REAL Y TEORICO	27
I.14.a Combustión a presión constante	27
I.14.b Disociación de los productos de la combustión	27
I.14.c Pérdidas por bombeo	27
I.15 EFICIENCIA	30
I.16 BALANCE TERMICO	31
CAPITULO II	
PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL	
II.1 EL MONOBLOCK	34
II.2 LOS PISTONES	34
II.3 ANILLOS	35
II.4 COJINETES	36
II.5 BIELAS	36
II.6 CIGUEVAL	37

II.7 LAS VALVULAS	38
II.8 LAS CAMISAS DE LOS CILINDROS	38
II.9 EQUIPO DE INYECCION	39
II.10 LAS BOMBAS DE ALIMENTACION Y DE INYECCION	40
II.10.a Bomba de alimentación	41
II.10.b La bomba manual	42
II.12 ANTEFILTRO	43
II.13 BOMBA DE INYECCION	43
II.13.a Funcionamiento de la bomba de inyección	46
II.14 TOPES DE LA VARILLA Y LA PALANCA DE REGULACION	47
II.15 LA VALVULA DE PRESION	48
II.16 AJUSTE DE LA BOMBA DE INYECCION AL CICLO	49
II.17 LUBRICACION DE LA BOMBA DE INYECCION	51
II.18 BOMBAS INDEPENDIENTES SIN ELEMENTO DE ACCIONAMIENTO	51
II.19 BOMBAS DE INYECCION CAV DPA DE COMBUSTIBLE TIPO DISTRIBUIDOR	53
II.19.a Bomba DPA con gobernador mecánico	53
II.19.b Bomba DPA con gobernador hidráulico	54
II.19.c Principio de funcionamiento	54
II.20 LOS GOBERNADORES	56
II.21 GOBERNADOR DE CORREDERA	57
II.21.a La construcción del gobernador	59
II.21.b Funcionamiento del gobernador	60
II.21.b ₁ Posición de los elementos del gobernador con el motor parado	60
II.21.b ₂ Posición de los elementos del gobernador en el arranque	61
II.21.b ₃ Regulación dentro del régimen de la marcha lenta o ralenti (marcha en vacío)	62
II.21 b ₄ Regulación dentro de la zona entre ralenti (marcha en vacío) y la máxima	63
II.21.b ₅ Regulación dentro de la zona del máximo número de revoluciones del motor	63
II.21.b ₆ El grado de irregularidad	64
II.22 EL CONSUMO DEL MOTOR Y EL DISPOSITIVO DE ASIMILACION	65
II.23 DISPOSITIVO DE AVANCE A LA INYECCION	67
II.24 GOBERNADOR HIDRAULICO	70
II.24.a Gobernador hidráulico (Caterpillar)	70
II.24.b Radio de control de combustible (Caterpillar)	72
II.25 INYECTORES Y PORTAINYECTORES	74
II.25.a Montaje del portainyector	74
II.25.b Los inyectores y su funcionamiento	76
II.25.c Detalles de los diversos tipos de inyectores	77
II.25.c ₁ Los inyectores de espiga	77
II.25.c ₂ Los inyectores de orificio	78
II.25.c ₃ Inyectores con orificios y refrigerados por aceite	79
II.25.c ₄ Consideraciones finales acerca de los inyectores	79
II.26 LAS CÁMARAS DE COMBUSTION Y SUS CARACTERISTICAS	80
II.26.a Cámara de combustión a inyección directa	81
II.26.b Precámaras de alta turbulencia	82

II.27	FILTROS DE COMBUSTIBLE Y AIRE	85
II.27.a	El filtro principal	86
II.27.b	Filtro con colador	88
II.28	FILTRO DE AIRE PARA LA ALIMENTACION	88
II.29	REFRIGERACION DE LOS MOTORES LENTOS	89
II.29.a	Bomba de agua	90
II.29.b	Radiadores	91
II.29.c	Ventiladores y termostatos	92
II.30	CIRCULACION DEL ACEITE LUBRICANTE	93
II.30.a	Válvula de limitación de presión	95
II.31	BOMBAS DE ACEITE Y FILTROS	95
II.32	LA SOBREALIMENTACION EN LOS MOTORES DIESEL	96
II.32.a	Tipos de sopladores en los motores diesel	98
II.32.b	El turbocargador en el motor diesel	98
II.32.c	Resultados de la sobrealimentación	100
II.33	EL MECANISMO DE DISTRIBUCION	100

CAPITULO III

TIPOS DE MANTENIMIENTOS EMPLEADOS

III.1	TIPOS DE MANTENIMIENTOS EMPLEADOS	103
III.1.a	Definiciones, objetivos y métodos	103
III.1.a ₁	Mantenimiento	103
III.1.a ₂	Antecedentes de mantenimiento	103
III.1.a ₃	Nuevo enfoque del mantenimiento moderno	104
III.2	TIPOS DE MANTENIMIENTO	105
III.2.a	Mantenimiento predictivo	105
III.2.a ₁	Análisis estadístico	106
III.2.a ₂	Análisis físico	107
III.2.a ₃	Mantenimiento preventivo	107
III.2.a ₄	Programación	108
III.2.b	Mantenimiento correctivo	109
III.2.c	Reparaciones de emergencia	111
III.3	PROGRAMA TENTATIVO DE MANTENIMIENTO MAYOR	112
III.3.a	Ejecución	112

CAPITULO IV

PRÁCTICA Y DIAGNOSTICO EN LOS MOTORES DIESEL DE MAQUINARIA PESADA

IV.1	PRÁCTICA Y DIAGNOSTICO	115
IV.1.a	Siete cosas básicas que hay que hacer	115
IV.1.a ₁	Conocer el sistema	115
IV.1.a ₂	Preguntar al operador	116
IV.1.a ₃	Probar la máquina	116
IV.1.a ₄	Revisar la máquina	116
IV.1.a ₅	Enumerar las fallas	116
IV.1.a ₆	Sacar una conclusión	117
IV.1.a ₇	Comprobar que la conclusión vale	117
IV.2	Diagnóstico en operación en el motor diesel	117
IV.2.a	Localización y reparación de fallas	121

IV.3 DIAGNOSTICO POR VISUALIZACION	129
IV.4 DIAGNOSTICO EN EL BANCO DE PRUEBAS	131
IV.5 DIAGNOSTICO DE FALLAS POR ANALISIS DE ACEITE LUBRICANTE	134
IV.5.a Contaminación del aceite lubricante	134
IV.5.b Aditivos del aceite de motor	136
IV.5.b ₁ Dispersantes	136
IV.5.b ₂ Detergentes	136
IV.5.b ₃ Antiagentes	136
IV.5.b ₄ Depresores de temperatura de congelación	137
IV.5.b ₅ Mejoramiento de la viscosidad	137
IV.6 METODOS ANALITICOS DE ACEITE EN EL LABORATORIO	137
IV.6.a Pruebas analíticas de laboratorio	138
IV.6.a ₁ Análisis de desgaste	138
IV.6.a ₂ Análisis de número de base total	139
IV.6.a ₃ Determinación de la viscosidad	139
IV.6.a ₄ Determinación por la dilución de combustible	140
IV.6.a ₅ Contaminación por agua	140
IV.7 CUASAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL ACEITE	140
IV.8 OBJETIVO DEL ANALISIS DE ACEITE	142
IV.9 APLICACION DEL DIAGNOSTICO POR ANALISIS DE ACEITE	142
IV.9.a Identificación de las muestras	143
IV.9.b Como llenar el reporte de muestra	143
IV.9.c Compartamiento que se debe muestrear y períodos recomendados	143
IV.9.d Reporte e interpretación de resultados	144
IV.10 DIAGNOSTICO ESTADISTICO POR BITACORA	144
IV.11 RESULTADO DEL DIAGNOSTICO	147
IV.11.a Interpretación final de la hoja de diagnóstico	149

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	151
V.1.a Conservacion	151
V.1.b Afinación	151
V.1.c Reparación parcial	152
V.1.d Reparación general	152
V.1.e Sustitución	153
V.2 CONCLUSIONES	154
APENDICES	

SIMBOLOGÍA:

Símbolos	cantidad de medida
Q	Calor
C_p	Calor esp. a presión cte.
C_v	Calor esp. a volumen cte.
C_m	Calor para un proc. en gal.
R	Cte. de gas ideal.
D	Diámetro.
η_m	Eficiencia mecánica.
η_c	Eficiencia termodinámica.
η_t	Eficiencia térmica.
E_p	Energía potencial.
E_c	Energía cinética.
pv	Energía mecánica.
U, u	Energía interna.
h	Entalpía.
s	Entropía
k	Índice de proc. isentrópico.
n	Ind. o exponente politrópico.
δ	Irregularidad
P_i	Potencia indicada. W Kw
P_{mz}	Potencia media indicada.
P_{rs}	Pot. perdida por rozamiento.
P_m	Pot. efectiva al freno.
P	Presión específica.
K	Razón de calores esp.
t	Temperatura.
W	Trabajo.
v	Volumen específico.

INTRODUCCION

Una de las aplicaciones más importantes en el motor diesel es la de generar potencia para movilizar, un determinado dispositivo o mecanismo el cual por su movimiento proporciona las condiciones de una operación en un conjunto de máquinas esta en una aplicación más específica se encuentra en las máquinas de construcción o maquinaria pesada.

Este equipo consta de las más variadas alternativas en cuanto a movimiento de tierra, su transporte y en la perforación que por medio de conjuntos hidráulicos se efectúa y concluye la operación civil que demande de su servicio.

Es este tipo de operación que dada su complejidad y tamaño, demanda una sobrecarga en el motor como planta principal de potencia y de los conjuntos que accionan y forman la máquina someten a condiciones muy severas en cuanto a los esfuerzos que recibe la máquina, así como también las condiciones ambientales que rodean su área de trabajo todo esto es un potencial causa de que en el funcionamiento de la máquina se presenten las fallas que interrumpen su actividad.

Por lo que es indispensable tener mecanismos que prevengan a la eventual falla, y sea en forma constante una alternativa confiable en los resultados que muestra se puede designar como el diagnóstico que estudia y desarrolla la información referente al equipo, además de movilizar las que determinen en forma rápida y segura como es el ejemplo de la instrumentación y los análisis de aceite que constantemente mostraran los efectos del desgaste debido a un establecido lapso de tiempo en el cual se ha desarrollado la actividad del equipo.

Las alternativas en el diagnóstico nos llevaran al mejor conocimiento del equipo, que nos permitirá aplicar las soluciones inmediatamente tratándose de la magnitud de la falla y sobre todo prevenirla oportunamente.

Al comprender el tiempo que se ahorra en el ser oportuna en localizar la falla, para que la recomendación durante la revisión del diagnóstico sea la guía y la solución más adecuada al problema, del que partirán de los mantenimientos que por la complejidad de la falla se considerarán .

Es posible comprender que la necesidad de tener al diagnóstico como herramienta que actúe con facilidad y rapidez podrá darnos los criterios necesarios para planear los controles en la operación y el mantenimiento de los motores, para poder demandar los requerimientos y cumplir cabalmente con los objetivos propuestos dependiendo de la aplicación.

De esta forma se plantea la alternativa del diagnóstico cuyo desarrollo determinara las medidas a tomar y los presupuestos en las reparaciones así como de hacer cada vez más cambiante y eficiente los controles de mantenimiento.

ANTECEDENTES

Los motores diesel como una fuente de generación de potencia en los distintos campos de aplicación, en los que se encuentran, es en particular muy frecuentemente encontrarlos en la maquinaria pesada, ésta tiene la más versátil y variada aplicación conforme al tipo de trabajo en que se puede facilitar una obra de tipo civil en la mayoría de las aplicaciones.

Dicha máquina cuenta con una clasificación muy importante y que cubre casi toda las aplicaciones en su funcionamiento dentro de la industria de la construcción.

Maquinaria pesada para movimiento de tierras	{	Excavadoras Motoconformadoras Tractores/orugas Cargadores/neu./orugas Retroexcavadoras
Maquinaria pesada de transporte	{	Grúas Camiones fuera de tránsito Volteos Trailers
Maquinaria pesada de perforación	{	Track-drill Perforadoras de pozos Martillos hidráulicos y/o neumáticos. * son accionados por compresor de motor diesel

En todos estos equipos, la utilización de los motores diesel juegan un gran papel y es conforme a esta aplicación la selección del motor dados los requerimientos de diseño y potencia que demanda la operación. Es por esta razón que es importante reconocer las características, especificaciones y calibración del motor que son datos que nos dan una relación exacta de como trabaja a diferentes condiciones o su manejo por medio de el número de serie que facilitará cualquier aclaración con el fabricante ya que de esto depende que al momento de cambiar refacciones se cuente con la pieza que fue marcada en el momento de salir de la línea de construcción y ensamble, por lo que al sustituirla se contarán con seguridad, con la serie del motor y la caracterización de todos sus conjuntos así como las especificaciones para que con este fin se restituya la pieza adecuadamente. Es importante identificar como se entrega un motor y cual es la distribución de sus partes, por lo que a continuación se describe la información de un motor, de los parámetros de operación y las disposiciones de su arreglo y características de servicio al momento de salir de la línea de ensamble.

CAPITULO I**CICLO DIESEL TEORICO**

I.1 EL MOTOR ENCENDIDO POR COMPRESION

El motor de encendido por compresión fue creado por Rudolph Diesel hacia 1892. Según el ciclo ha tomado el nombre de su creador, la combustión se realiza a presión constante (en el ciclo teórico).

Los combustibles son hidrocarburos líquidos de características inferiores a los carburantes usados en los motores de encendido por chispa y son menos volátiles. Teniendo una densidad mayor, se les llama combustibles líquidos pesados. Los tipos más conocidos ya que son los más usados para los motores de vehículos, son la gasolina y el diesel.

La alimentación de combustible en los motores diesel se realiza exclusivamente por inyección.

Los motores EC (encendido por compresión) están próximos, por importancia y variedad de aplicaciones, a los motores ECH (encendido por chispa): pertenecen a su amplia gama los grandes motores diesel lentos para instalaciones fijas u estacionarias o navales y los motores diesel rápidos empleados en la locomoción terrestre y en las embarcaciones ligeras.

Los motores de encendido por compresión funcionan tanto a 4 como a 2 tiempos. Los motores de dos tiempos no presentan consumo de combustible superior a los de 4 tiempos, porque el barrido de los cilindros se hace con aire puro y no con mezcla combustible; por esta razón no se producen pérdidas de combustible a través del escape.

I.2 CICLO OPERATIVO DE 4 TIEMPOS

Por el ciclo operativo se entiende la sucesión de operaciones, o fases, que el fluido activo cumple en el cilindro y repite de manera periódica.

Los motores alternativos son de 4 tiempos, cuando el ciclo se cumple con 4 carreras del pistón y de 2 tiempos, cuando el ciclo se cumple solo con 2 carreras del pistón. Esto significa que los motores de 4 tiempos completan un ciclo cada dos revoluciones del cigüeñal y los de 2 tiempos uno cada revolución.

Las 4 fases del ciclo de 4 tiempos son:

- a) Admisión de la carga del cilindro
- b) Compresión de la carga
- c) Combustión y expansión.
- d) Expulsión o escape de los productos de la combustión

Cada fase corresponde aproximadamente a una carrera del pistón.

1.2.a) Admisión.

El pistón en la carrera hacia el P.M.I. crea una aspiración del fluido hacia el cilindro. En la cámara de combustión se abre, en el momento oportuno, la válvula de aspiración para permitir la entrada del aire. La válvula comienza a abrirse antes del inicio de la carrera y se cierra después que la carrera se ha completado.

1.2.b) Compresión.

Cerrada la válvula de admisión, durante la carrera de regreso del pistón, la carga es comprimida en la cámara de combustión a un valor máximo que alcanzará en el P.M.S. . En ese momento el volumen de la carga se ha reducido a una fracción del volumen que tenía al inicio de la carrera.

1.2.c) Combustión y expansión.

Poco antes del fin de la carrera de compresión se produce el encendido de la mezcla por medio de una chispa eléctrica (motores de gasolina) o bien en el encendido espontáneo del combustible inyectado en la cámara de combustión (motores diesel), con el consiguiente repentino aumento de temperatura y de presión causado por el calor de la combustión. El valor alcanzado por la presión después del encendido es de unas 2 a 4 veces superior al que tenía inicialmente, por lo que el pistón es empujado hacia el P.M.I. . Antes que la carrera de trabajo se haya completado comienza a abrirse la válvula de escape y los gases quemados, que aún están a cierta presión, comienza a salir del cilindro. (Fig. 1.1)

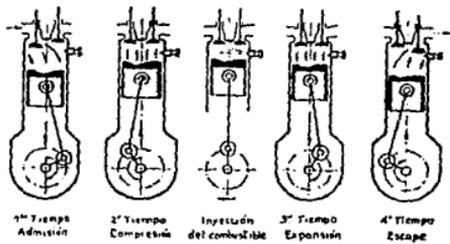


FIG 1.1

1.2.d) Escape.

Durante su carrera de regreso hacia el P.M.S., el pistón expulsa los gases quemados a través de la válvula de escape.

Al final de la carrera, o poco después, se vuelve a cerrar la válvula de escape; mientras tanto se ha abierto

nuevamente la de admisión y comienza un nuevo ciclo para continuar repitiéndose regularmente.

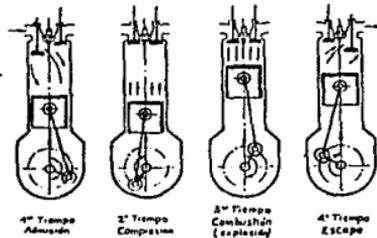


FIG. 1.2

1.3 CICLO OPERATIVO DE 2 TIEMPOS

En los motores de 2 tiempos el ciclo operativo se completa en dos carreras, por lo que la introducción del fluido de trabajo en el cilindro tiene lugar durante una fracción de la carrera de trabajo. Para que esto se produzca es necesario que el fluido se comprima previamente, de modo que pueda entrar en el cilindro mientras la descarga de los gases quemados se efectúa por su propia presión. Como se muestra en la figura, la compresión previa del fluido que entra por la abertura B se produce en la cámara del cigüeñal por obra del pistón que funciona como bomba en el lado inferior. La distribución del fluido de trabajo puede hacerse, sin necesidad de las válvulas, mediante el mismo pistón que abre y cierra, durante sus carreras, unas lumbreras de admisión y escape.

Muchos motores de dos tiempos están, en cambio, provistos de una válvula de admisión automática interpuesta entre el carburador y la base.

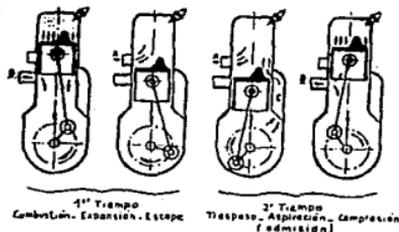


FIG. 1.3

J.3.a) El primer tiempo

El primer tiempo corresponde a la carrera de trabajo. Esta comienza con el encendido y la combustion y prosigue en la expansion hasta cuando el piston abre la lumbrera de escape.

Los gases quemados comienzan en este punto a salir por A a causa de su aun elevada presion. creando en la masa fluida una corriente dirigida hacia la salida; inmediatamente despues se abre la lumbrera de admision C y el fluido de trabajo, empujado por la presion que adquirio en la camara del cigueñal, y ademas aspirado por la corriente de los gases quemados que sale por A, entra en el cilindro. Se inicia asi la fase de barrido y admision que ocupa el resto de la carrera.

J.3.b) El segundo tiempo

El segundo tiempo corresponde a la carrera de retorno del piston P.M.S.; durante el primer tramo de la carrera, es decir, hasta cuando se cierra el paso C se completa la fase de barrido y admision; durante el segundo se realiza la fase de compresion.

Antes de completar la carrera, el borde inferior del piston deja libre la lumbrera B de entrada del fluido en la camara del cigueñal; el fluido entra en ella a causa de la depresion que se crea por efecto de desplazamiento del piston, y despues comprimido durante la carrera siguiente.

La figura representa esquematicamente las fases del motor de dos tiempos, provisto de valvula para escape.

El ciclo de dos tiempos ha sido concebido para simplificar el sistema de distribucion, puesto que se eliminan las valvulas o se reduce su numero, y para obtener una mayor potencia a igualdad de dimensiones del motor.

En efecto se tiene una carrera util por cada giro del cigueñal, por lo tanto la frecuencia de carreras utiles es el doble y en consecuencia la potencia producida resulta teoricamente el doble de la de un motor de 4 tiempos de igual cilindrada. El aumento de la frecuencia de las carreras utiles presenta, sin embargo problemas de caracter termico derivados de la mayor temperatura media de las piezas del motor. Puede citarse como ejemplo la posibilidad de rotura de la pelicula de aceite lubricante con dano a los pistones y los cilindros. La velocidad del motor de 2 tiempos tiene que ser por esto, en general, inferior a la que seria necesaria para obtener una potencia al doble que la de un motor de 4 tiempos de igual cilindrada teorica.

I.4 ENERGIA-TRABAJO-CALOR

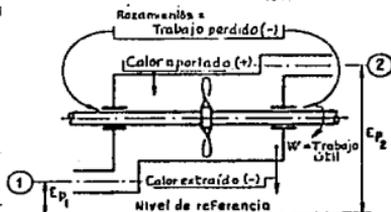


FIG. I.4

Con el término energía se pretende, en física, indicar la capacidad de realizar trabajo. Se realiza un trabajo cada vez que, aplicando una fuerza, se produce un desplazamiento.

Cuando la energía está contenida en un cuerpo o en un sistema y por tanto se identifica la posibilidad de realizar un trabajo, se le llama potencial. Cuando en cambio se exterioriza realizando efectivamente un trabajo, la energía se denomina en actuación o transitoria.

La energía potencial puede también definirse como energía almacenada y la energía transitoria como energía de transición entre dos o más formas de energía potencial.

Así, por ejemplo, la energía gravitatoria de un cuerpo es potencial mientras está inmóvil; cuando el cuerpo está cayendo se transforma en parte, en otra forma de energía, es decir, en energía cinética. La energía cinética es la energía de una masa en movimiento.

I.5 PRINCIPIO DE LA EQUIVALENCIA O PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

La aplicación de la ley física de la conservación de la energía al campo de la termodinámica ha dado lugar al principio de la equivalencia o primera ley de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica es el compendio de diferentes hechos experimentales que llevaron a Meyer a enunciarla en los siguientes términos: El calor es transformable en trabajo y viceversa. Según una relación constante.

En otras palabras, las dos formas de energía, térmica y mecánica, no pueden ser ni creadas ni destruidas, sino solamente transformadas una en la otra.

La energía térmica y la energía mecánica se expresan por lo tanto con la misma unidad de medida, el joule.

I.6 ESTADOS TERMODINAMICOS Y TRANSFORMACIONES DEL FLUIDO

De la primera ley de la termodinámica se deduce que, para que el cilindro de un motor, el fluido de trabajo se expanda, y empujando el pistón, produzca trabajo mecánico, debe consumirse una cierta cantidad de calor. Esta es proporcionada por el combustible quemado y la energía correspondiente se transforma en trabajo mecánico del fluido.

La composición del fluido cambia durante su trayecto por el motor. A la entrada del fluido es solo aire atmosférico; en el cilindro, después de la admisión del combustible y antes de la combustión, esta constituido por la mezcla de aire y combustible, después de la combustión, por los gases producidos por la combustión misma. Su presión y temperatura varían durante la permanencia en el motor.

El fluido de trabajo esta por lo tanto formado por compuestos que pasan en el motor a través de diferentes estados. El estado termodinámico de un fluido o de un sistema cualquiera esta definido por sus condiciones de presión, temperatura, volumen, entalpía, energía interna y entropía.

Para que se produzca un cambio de estado, es decir una transformación o proceso, basta que varíe una de las variables de estado. Cada variable de estado esta definida en función del estado termodinámico y depende solamente del estado y no del proceso entre un estado y otro.

Se dice que una transformación o proceso es reversible cuando, una vez completada, puede ser exactamente reproducida en sentido inverso de manera que el fluido regrese al estado inicial pasando por una sucesión de estados idéntica. Un proceso reversible es aquel que tiene un rendimiento o eficiencia igual a la unidad; se trata, por lo tanto, de un proceso ideal perfecto, para el cual se satisface la condición de que la energía consumida, cuando el proceso se realiza en un sentido es igual a la producida cuando el proceso se realiza en un sentido inverso.

Un proceso se llama en cambio irreversible si la energía proporcionada al fluido cuando el proceso se realiza en un sentido no vuelve a recuperarse completamente, cuando el proceso se realiza en sentido inverso.

En la práctica todos los procesos son irreversibles, y por lo tanto sus eficiencias son menores a 1. Sin embargo, en la teoría de los motores endotérmicos para simplificar los problemas de análisis termodinámico, los procesos se consideran como reversibles, aunque en la práctica no sean reproducibles.

I.7.ECUACION DE LA ENERGIA APLICADA A LOS MOTORES ENDOTERMICOS

I.7. ECUACION DE LA ENERGIA APLICADA A LOS MOTORES ENDOTERMICOS

La ley de la conservación de la energía es una expresión algebraica del primer principio de la termodinámica.

Puesto que, como ya se ha dicho, en los motores endotérmicos la variación de la energía potencial $E_{p2} - E_{p1}$ es nula o despreciable, en la ecuación no se le considera. Sumando las diferentes formas de energía para la masa de 1 Kg de fluido de trabajo, se tiene:

$$\frac{V_1^2}{2} + p_1 v_1 + U_1 + Q_{1-2} = \frac{V_2^2}{2} + p_2 v_2 + U_2 + W_{1-2}$$

El término $p.v$ está presente en la ecuación en cuanto existe el flujo. puesto que los términos U y $p.v$ aparecen muy a menudo, se ha convenido en considerar su suma h como una cantidad característica del fluido que ha sido llamada entalpía:

$$h = u + p.v$$

Introduciendo la entalpía en la ecuación. Se tiene:

$$\frac{V_1^2}{2} + h_1 + Q_{1-2} = \frac{V_2^2}{2} + h_2 + W_{1-2}$$

Esta forma de la ecuación de la energía es directamente aplicable a las máquinas de flujo continuo como turbina de gas.

En el caso de los motores alternativos no se tiene una verdadera corriente del fluido porque, como ya se sabe estos motores alternativos son de flujo discontinuo porque cada ciclo se lleva a cabo sin corriente de fluido. En los sistemas de flujo continuo, la combustión se produce de modo continuo y por lo tanto las partes del motor se mantienen siempre, durante el funcionamiento, a la misma temperatura. En los sistemas de flujo discontinuo e intermitente, la combustión, en cambio, es transitoria: su duración ocupa un tiempo que es una fracción del que corresponde a cada ciclo, y por eso la temperatura media de las partes en contacto con los gases en combustión es mucho más baja. Esta es una de las razones por las que los motores de pistón se desarrollaron antes que los motores de turbina. En el caso mencionado, los procesos se repiten cíclicamente. La velocidad V del fluido es igual a cero y el término $p.v$, que representa la energía del flujo, se anula. La ecuación resulta simplificada:

$$U_1 + Q_{1-2} = U_2 + W_{1-2}$$

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + W_{1-2}$$

Esto significa que el calor introducido equivale a la suma de la variación de energía interna más el trabajo realizado. Si no hay transformación de calor en trabajo, el trabajo se realiza totalmente a expensas de la energía interna del fluido.

I.8 EL TRABAJO EN EL DIAGRAMA P-V

En el estudio de los motores alternativos es de fundamental interés la determinación del trabajo mecánico producido durante el ciclo. Para simplificar se consideran las fases de compresión y expansión como procesos reversibles realizados en un cilindro en el cual el pistón se mueve sin rozamiento y el fluido también carece de todo efecto a causa de su movimiento.

La más conocida de las representaciones (debida a Clapeyron) de un proceso de este tipo es la que se hace tomando como abscisas los volúmenes y como ordenada las presiones del fluido.

Un proceso genérico entre los estados 1 y 2 está representado en el plano P-V, por una línea que une el punto 1 al punto 2, llamada *línea térmica*. En el caso específico del cilindro de un motor alternativo, los valores V_1 y V_2 del volumen del gas corresponden a las posiciones extremas del pistón. Para un desplazamiento elemental dD del pistón (elemento infinitesimal de la carrera), el trabajo hecho puede expresarse de la siguiente manera:

$$dW = P \cdot s \cdot dC$$

donde P es la presión específica en el cilindro y s el área del pistón.

Como el producto $s \cdot dC$ representa la variación del volumen dV , la ecuación del trabajo queda:

$$dW = P \cdot dV$$

De la figura (I.5) se deduce que si la presión P es constante, durante la variación del volumen dV del producto $P \cdot dV$ representa el área del rectángulo elemental ahurado.

expresarse por el producto de la temperatura absoluta T por la variación de otra cantidad característica, la entropía S (del griego trope, transformación):

$$dQ = T \cdot dS$$

Por lo tanto, con el fin de evaluar la cantidad de calor intercambiado, no es necesario conocer los valores absolutos de la entropía S , si no las variaciones dS .

Haciendo referencia a la figura, considérese sobre una línea de transformación cualquiera un trazo infinitesimal a lo largo de la cual, la temperatura T puede considerarse una constante.

El área elemental a ésta, dada por el producto $T \cdot ds$, es decir:

$$a = T \cdot dS = T \cdot \frac{dQ}{T} = dQ$$

y representa por lo tanto la cantidad de calor infinitesimal que se ha intercambiado en un tramo infinitesimal de la línea térmica. En forma, finita para la transformación 1-2 se tiene:

$$Q = \int_1^2 T dS = \text{área } (S1, 1, 2, S2)$$

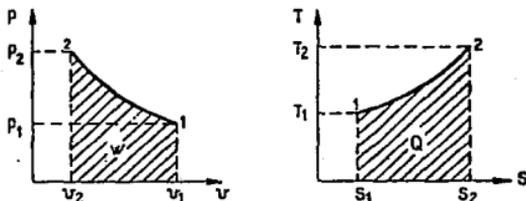


FIG. 1.4.—El área sombreada representa el trabajo $p-v$ y calor en el diagrama $T-s$.

Por lo tanto, así como en el diagrama $P-V$ el área comprendida entre la línea térmica, las ordenadas extremas y el eje de las abscisas (1 volúmenes), representa el trabajo realizado durante el proceso, análogamente. En el diagrama $T-S$ el área comprendida entre la línea térmica, las ordenadas extremas y el eje de las abscisas (entropía) representa el calor intercambiado entre el fluido y el exterior.

1.9.a) Calores Específicos

Para cualquier proceso reversible el calor específico puede definirse como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de 1 Kg de fluido. Introduciendo las unidades de medida el calor específico queda expresado por la relación:

$$Q = C_x (T_2 - T_1) \quad \text{(KJ/Kg)}$$

donde C = al calor específico para el proceso general x , en KJ/Kg K.

Para un proceso a presión constante la ecuación es:

$$Q = C_p (T_2 - T_1) \quad \text{(KJ/Kg)}$$

Para un proceso a volumen constante la ecuación es:

$$Q = C_v (T_2 - T_1) \quad \text{(KJ/Kg)}$$

Los calores específicos C_p a presión constante y C_v a volumen constante y la razón entre ellos:

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

Tiene una gran importancia en el estudio de los motores de combustión interna.

Dentro de los límites de temperatura, C_p es mayor que C_v ; es decir, el calor aportado o extraído durante el proceso a presión constante es mayor que el calor aportado o extraído durante un proceso a volumen constante. En efecto, a presión constante el fluido de trabajo se expande y produce trabajo, mientras que a volumen constante no se expande y no produce trabajo.

Por lo tanto en el diagrama T-S las curvas del proceso a presión constante tienen una inclinación mucho más acentuada que las del proceso a volumen constante, efectivamente, puesto que, dentro de los límites de temperatura, durante un proceso 1-2 a presión constante hay que aportar o sustraer una cantidad de calor mayor que durante un proceso 1-2 a volumen constante, el área $S_1-1-2-S_2$ que lo representa tiene que ser mayor.

Los calores específicos de los gases, excepción de los gases monoatómicos, varían mucho con las variaciones de la temperatura.

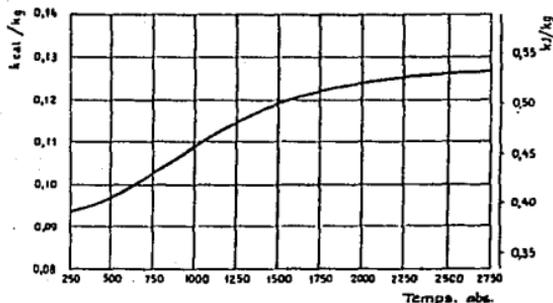


FIG. 1.7. - Variaciones de los calores específicos con la temperatura.

Debe notarse que los calores específicos para el aire aumentan con el aumento de la temperatura, mientras que la razón de los calores específicos, disminuye con el aumento de la temperatura. Por lo tanto las ecuaciones antes mencionadas y referentes al calor sensible, y que contiene el calor específico así como la razón entre ambos calores específicos pueden ser usadas solamente para los gases ideales, para los cuales se supone que C_p y C_v son constantes en toda la gama de temperaturas.

Estas ecuaciones pueden ser usadas en los demás casos sólo si se dispone de tablas y de ecuaciones empíricas para determinar el valor medio de los calores específicos en toda la gama de temperaturas, con los siguientes valores:

$$C_p = 1 \text{ kJ/Kg OK } 0.24 \text{ Kcal/Kg OK}$$

$$C_v = 0.72 \text{ KJ/Kg OK } 0.172 \text{ Kcal/Kg OK}$$

I.10 LOS GASES PERFECTOS

Se consideran gases perfectos los gases ideales para las cuales son válidas las leyes de Boyle y Mariotte y de Gay-Lussac, reunidas en la relación entre presión, volumen, temperatura, llamada ecuación de estado:

$$Pv = RT$$

En la cual P es la presión, v el volumen específico, R una constante y la T la temperatura absoluta.

El valor de R se calcula Según la ley de Avogadro:

"Iguales volúmenes de gas, a igual temperatura y presión, contiene igual número de moléculas".

De esta ley resulta que, a igualdad de temperatura y presión, diferentes cantidades de gas que tengan cada una, una masa en gramos igual a su propia masa molecular ocupan el mismo volumen, porque contienen el mismo número de moléculas.

Así 2 gramos de hidrógeno, 32 de oxígeno, y 28 de nitrógeno ocupan el mismo volumen, a la temperatura 273 K (0°C) y a la presión de 1.013 bar (760 mm de Hg), este volumen es de 22.4 dm³.

Por lo tanto, el volumen ocupado por un gramo de aire, es decir, su volumen específico será:

$$v = \frac{0.02240}{0.02895}$$

Resolviendo la ecuación de estado se tiene:

$$R = \frac{0.7737 \times 1.01324 \times 105}{273} = 287.17863 \text{ J/Kg K}$$

Calentando 1 Kg de aire en un cilindro desde la temperatura T_1 hasta la temperatura T_2 y manteniendo la presión P_1 constante de modo que se expanda desde el volumen V_1 hasta el volumen V_2 , se realiza un trabajo W en: $P_1 (V_2 - V_1)$. Haciendo $T_2 - T_1 = 1K$, se tiene el trabajo realizado por grado absoluto, que es igual a R .

I.11 RELACIONES DE LOS GASES PERFECTOS

Para un gas perfecto la energía interna es directamente proporcional a su temperatura. Así en la gráfica $P-V$ las líneas de temperatura constante (isotermas) son también líneas de energía interna U constante. Además la variación de la energía interna entre dos estados cualesquiera es la misma sea cual sea el proceso y por lo tanto la energía interna es una función cuyos valores dependen sólo del estado del gas.

Un método sencillo de calcular la variación de energía interna está dado por la ecuación para los sistemas de flujo discontinuo:

$$Q = U_2 - U_1 + W_{1-2}$$

Podrá elegirse un proceso cualquiera entre dos puntos, pero por sencillo, se refiere al proceso a volumen constante.

Para este proceso el área bajo la línea térmica en el diagrama P-V es igual a cero.
Por eso $W = 0$ y la ecuación queda:

$$Q = U_2 - U_1$$

Igualando esta ecuación a la del calor específico a volumen constante se tiene:

$$U_2 - U_1 = C_v (T_2 - T_1)$$

Esta ecuación permite calcular la variación de energía interna un gas perfecto en función de un salto de temperaturas, independientemente del camino seguido por la línea térmica entre dos estados, conociendo el valor T medio de C_v .

También la entalpía h de un gas perfecto es proporcional a su temperatura.

Así en el diagrama T-S las líneas de temperatura constante (isotermas) son también líneas de entalpía constante.

Un método sencillo para calcular la variación de entalpía de un proceso de flujo intermitente o sin corriente es el siguiente.

Como el trabajo está dado por:

$$W = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

la ecuación del proceso sin corriente es:

$$Q = (U_2 - U_1) + (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

Siendo por definición:

$$h_1 = U_1 + p_1 v_1 \quad \text{y} \quad h_2 = U_2 + p_2 v_2$$

Para una transformación a presión constante ($P_1 = P_2$), igualando esta ecuación con la obtenida con el calor específico a presión constante, se tiene:

$$h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1)$$

Ecuación que proporciona la variación de la entalpía entre dos estados en función de las temperaturas respectivas, independientemente del camino de la línea térmica del proceso.

Se puede deducir una útil relación entre los calores específicos y la constante R de los gases de la siguiente manera.

Siendo:

$$U = C_v T$$

$$Pv = RT$$

$$h = C_p T$$

sustituyendo estos valores en la expresion para la entalpía $h = U + PV$ se obtiene:

$$C_p T = C_v T + RT$$

y eliminando T:

$$C_p = C_v + R$$

1.12 PROCESOS DE LOS GASES PERFECTOS

Los procesos que interesan en el estudio de los motores alternativos son los politrópicos, entre los cuales los más importantes son: los a volumen constante (isocóricos o isométricos), a presión constante (isobáricos) y a entropía constante (isentrópicos o adiabáticos). Estos procesos tienen lugar sin flujo, es decir, cuando la corriente del fluido se interrumpe durante los ciclos térmicos.

1.12.a) proceso a volumen constante

Aplicando la ecuación de la energía a un sistema intermitente o discontinuo, es decir, sin corriente de fluido:

$$Q = U_2 - U_1 + W$$

Como puede verse en el diagrama (I.8) P-V, el área que representa el trabajo W es igual a cero y la ecuación queda:

$$Q = U_2 - U_1 = C_v (T_2 - T_1)$$

Por lo tanto en un proceso a volumen constante con aportación de calor la energía interna del fluido activo varía de valor. La variación esta representada por el área ashurada en el diagrama T-S (I.8).

Además, como el proceso se realiza a volumen constante, resulta $V_1 = V_2$ y como se considera de un gas perfecto, para el cual se cumple:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

se tiene:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

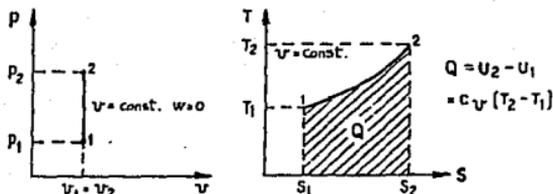


FIG. I.8

I.12.b) Proceso a presión constante

Refiriéndose siempre a la ecuación de la energía para un sistema de flujo intermitente:

$$Q = U_2 - U_1 + W$$

puesto que, como puede verse en el diagrama P-V:

$$W = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

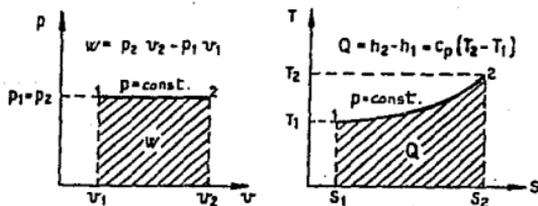


FIG. I.9

la ecuación resulta:

$$Q = (U_2 + P_2 V_2) - (U_1 + P_1 V_1) = h_2 - h_1 \quad \text{y}$$

$$h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1)$$

Por lo tanto en un proceso a presión constante varía la entalpía h del fluido de trabajo. La variación de entalpía está dada por el área ashrada en el diagrama T-S (Fig.I.9). Además, puesto que el proceso se realiza a presión constante se tiene:

$$P_2 = P_1$$

y como se trata de un gas perfecto, para el cual:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

se tendrá:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

I.12.c) Proceso isentrópico o adiabático reversible

Por la definición el proceso adiabático se lleva a cabo sin intercambio o transferencia de calor, por lo tanto $dS = 0$. De esto resulta que $Q = 0$. La conocida ecuación queda entonces:

$$U_2 - U_1 + W = 0 \quad (1)$$

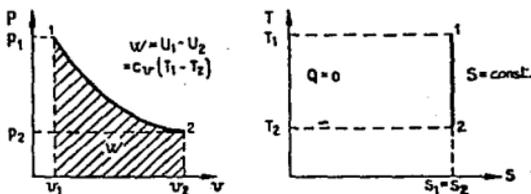


FIG. 1.10

$$W = U_2 - U_1 = C_v (T_2 - T_1)$$

Como se indica en el diagrama P-V.

En un proceso isentrópico, por lo tanto, varía la energía interna del fluido de trabajo.

La ecuación [1] puede asumir la forma:

$$C_v \cdot dT + P \cdot dv = 0$$

Sustituyendo P por el valor obtenido de la ecuación de estado de los gases perfectos $P = RT/v$, se tiene:

$$C_v \cdot dT + \frac{RT \cdot dv}{v} = 0$$

Integrando y teniendo en cuenta que $R=C_p-C_v$ y que $(C_p/C_v) = K$, se obtiene la expresión característica del proceso adiabático para un gas perfecto:

$$P V^K = \text{CTE}$$

por lo tanto, puede escribirse:

$$P_1 V_1^K = P_2 V_2^K$$

de donde:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^K$$

o bien:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left[\frac{P_1}{P_2} \right]^{1/K}$$

Por otra parte, puesto que se trata de un gas perfecto:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

y por lo tanto, se tiene, en definitiva:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^K \left[\frac{V_2}{V_1} \right] = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{K-1}$$

o bien:

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{P_2}{P_1} \left[\frac{P_1}{P_2} \right]^{1/K} \\ &= \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{1-(1/K)} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{K-(1/K)} \end{aligned}$$

1.12.d) proceso politrópico

Para el proceso en el cual la cantidad de calor dQ transferida entre el fluido y el entorno es proporcional a la variación de la temperatura dT , es decir, cuando el proceso se realiza a calor específico constante, la relación

entre la presión y el volumen puede escribirse del modo siguiente:

$$P V^n = \text{CONSTANTE.}$$

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^n \dots \dots \dots (2)$$

Pero de la ley de gases perfectos:

$$P_1 V_1 = m R T_1 \quad ; \quad P_2 V_2 = m R T_2$$

$$V_1 = \frac{m R T_1}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{m R T_2}{P_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{m R T_2 P_1}{P_2 m R T_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2 P_1}{P_2 T_1} \dots \dots \dots (3)$$

Sustituyendo (3) en (2) tenemos:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left[\frac{T_2 P_1}{T_1 P_2} \right]^n$$

$$\frac{\frac{P_1}{P_2}}{\left[\frac{P_1}{P_2} \right]^n} = \left[\frac{T_2}{T_1} \right]^n$$

$$\left[\frac{P_1}{P_2} \right]^{1-n} = \left[\frac{T_2}{T_1} \right]^n$$

$$\left[\frac{P_1}{P_2} \right]^{(1-n)/n} = \left[\frac{T_2}{T_1} \right]$$

Sacando logaritmos se tiene:

$$\left[\frac{1-n}{n} \right] \text{LOG} \frac{P_1}{P_2} = \text{LOG} \frac{T_2}{T_1}$$

$$\left[\frac{1-n}{n} \right] = \frac{\text{LOG} [T_2 / T_1]}{\text{LOG} [P_1 / P_2]}$$

1.13 CICLO DIESEL TEORICO

Es el ciclo teórico de los motores de encendido por compresión. La diferencia fundamental entre los ciclos Otto y Diesel está en la fase de aportación del calor. En el ciclo Otto el calor es introducido a volumen constante, mientras en el ciclo Diesel es introducido a presión constante.

Otra diferencia entre los dos ciclos está en el valor de la relación de compresión. Para los motores Diesel varía de 14 a 22 mientras que para los motores del ciclo Otto varía de 6 a 10.

Como puede verse en la figura el ciclo Diesel está formado por 4 líneas térmicas que representan: la compresión adiabática (1-2); la introducción de calor a presión constante (2-3); la expansión adiabática (3-4); la Expulsión de calor a volumen constante (4-1).

Durante el proceso 2-3 de introducción de calor a presión constante, el pistón se desplaza y por lo tanto el fluido realiza el trabajo (fig. I.11):

$$W = \int_2^3 P \, dV = P_3 V_3 - P_2 V_2$$

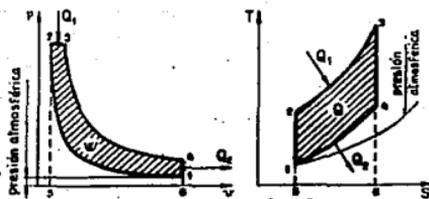


FIG. 1.11. Ciclo Diesel teórico en coordenadas $p-v$ y $T-s$

Por lo tanto la ecuación de la energía sin flujo pasa a ser:

$$Q_1 = (U_3 - U_2) + (P_3 V_3 - P_2 V_2)$$

y como la entalpía h del fluido está dada por la expresión:

$$h = U + PV$$

la ecuación queda:

$$Q = h_3 - h_2$$

Siendo el fluido un gas perfecto, para su variación de entalpía a presión constante es válida la relación:

$$h_3 - h_2 = C_p (T_3 - T_2)$$

de modo que el calor aportado vale:

$$Q = C_p (T_3 - T_2)$$

Hay que hacer notar que en un proceso con introducción de calor a presión constante varía el valor de la entalpía del fluido, mientras que en el caso del proceso a volumen constante varía el de la energía interna del fluido. Puesto que la extracción de calor Q se lleva a cabo como en el ciclo Otto, se puede escribir:

$$Q_2 = U_4 - U_1$$

dado que el ciclo es ideal, y el fluido se considera un gas perfecto:

$$Q_2 = C_v (T_4 - T_1)$$

El rendimiento térmico ideal del ciclo Diesel teórico es:

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{\text{calor suministrado} - \text{calor rechazado}}{\text{calor suministrado}} \\ &= \frac{C_p (T_3 - T_2) - C_v (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} \\ &= 1 - \frac{1}{k} \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{k} \frac{T_1 [(T_4 / T_1) - 1]}{T_2 [(T_3 / T_2) - 1]} \end{aligned}$$

para el proceso de 2-3 de combustión a presión constante se tiene:

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2}$$

Para los procesos adiabáticos 1-2 de compresión y 3-4 de expansión se tiene en cambio, respectivamente:

$$T_1 = T_2 \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{k-1}$$

$$T_4 = T_3 \left[\frac{V_3}{V_4} \right]^{k-1}$$

de donde se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{T_1}{T_2} &= \left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{k-1} \\ T_4 &= \frac{T_3}{T_2} \frac{\left[\frac{V_3}{V_4} \right]^{k-1}}{\left[\frac{V_2}{V_1} \right]^{k-1}} \end{aligned}$$

y puesto que $V_4 = V_1$ y $\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_3}{V_1}$ se puede escribir:

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{V_3}{V_2} \left[\frac{V_3}{V_2} \right]^{k-1} = \left[\frac{V_3}{V_2} \right]^k$$

Sustituyendo estas expresiones en la del rendimiento térmico ideal se obtiene:

$$\eta_m = 1 - \left[\frac{V_3}{V_2} \right]^{k-1} \left[\frac{\left[\frac{V_3}{V_2} \right]^k - 1}{K \left[\frac{V_3}{V_2} \right] - 1} \right]$$

Indicando con r' la razón entre el volumen V_3 al final de la combustión, y el volumen V_2 al comienzo de la combustión a presión constante, razón a la que se le da el nombre de la relación de combustión a presión constante y recordando que:

$$\frac{V_1}{V_2} = P$$

se tiene la expresión:

$$\eta_m = 1 - \frac{1}{P^{k-1}} \left[\frac{[r']^k - 1}{K [r'] - 1} \right]$$

Esta expresión de η_m para el ciclo Diesel es función de la relación de combustión a presión constante y de la razón k entre los calores específicos.

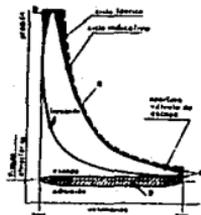


FIG. 1.12 Comparación entre el ciclo Diesel teórico e indicado

La expresión del rendimiento termico del ciclo Otto difiere de la del Diesel solo en el termino entre parentesis que es siempre mayor que 1: queda entonces claro que, a igualdad de relaciones de compresión, η_m es mayor para el ciclo Otto que para el ciclo Diesel. Reduciendo r' , y por lo tanto el calor aportado a presión constante, el rendimiento η_m del ciclo Diesel se aproxima al del ciclo Otto con el cual coincide para $r'=1$.

I.14 DIFERENCIA ENTRE EL CICLO DIESEL REAL Y TEORICO

Como en el caso del ciclo Otto, entre el ciclo Diesel real y el ciclo teórico se tienen diferencias de forma y en los valores de las presiones y temperaturas. Algunas de ellas corresponden a las del ciclo Otto: las debidas a la variación de los calores especificos, a las perdidas de calor, al tiempo de apertura de la válvula de escape. Otras son solo parciales, como las debidas a la disociación y a las perdidas por bombeo. Finalmente, una es peculiar del motor diesel y se refiere a la combustión que, en el caso del ciclo real, no se realiza a presión constante.

I.14.a) Combustión a presión constante.

En la práctica la combustión se realiza en condiciones tales que la presión varía durante el proceso, mientras que en el ciclo teórico se había supuesto que se mantiene constante. En realidad la combustión se realiza en parte a volumen constante y en parte a presión constante. Solo en el caso de motores muy lentos la combustión se desarrolla de manera que se aproxima un poco al proceso teórico.

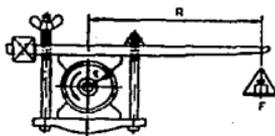


FIG I-13 Freno Prony

I.14.b) Disociación de los productos de la combustión.

En los motores encendidos EC (encendidos por compresión) la disociación no tiene un efecto tan importante como el motor ECh (encendido por chispa), por el exceso de aire y el mezclado de los productos de la combustión son tales que reducen la temperatura máxima y por eso también la disociación de los productos de la combustión.

I.14.c) pérdidas por bombeo.

Las pérdidas por bombeo son inferiores a las del ciclo Otto porque no hay una mezcla aire-combustible que se

encuentra en la admisión; en los motores EC no existe, en efecto, la válvula de mariposa, característica de los motores ECH provistos de carburador. Por lo tanto el área D negativa del ciclo Diesel real es menor que la del ciclo Otto.

Lo dicho se refiere a los motores de 4 tiempos. En los motores de 2 tiempos, bastante comunes entre los diesel, las pérdidas por bombeo y las pérdidas debidas a que la expansión se interrumpe antes del P.M.I. para dar lugar al escape, se hacen importantes.

Entre las pérdidas por bombeo se debe además considerar también el trabajo hecho para llevar a cabo el barrido del cilindro, que con frecuencia es realizado por un compresor.

El conocimiento del diagrama indicado es importante. Midiendo su área se obtiene, como ya se ha identificado en el diagrama del ciclo, la p.m.i. ($P_{m.i.}$ = presión media indicada). Conociendo la p.m.i se obtiene, considerando la cilindrada total del motor y el número de carreras útiles por unidad de tiempo, la potencia indicada, es decir la potencia desarrollada en los cilindros. En la práctica la potencia indicada se obtiene agregando a la potencia medida al freno la potencia absorbida por los rozamientos, la que se mide haciendo girar el motor sin encendido.

Los aparatos indicadores se usan para estudios de laboratorio y para controlar la seguridad del ciclo. Puesto que la forma del ciclo depende en la forma en que se desarrollan los procesos que se verifican en el motor, las irregularidades del funcionamiento pueden ser estudiadas examinando el ciclo indicado.

La potencia desarrollada en el interior del cilindro no es transmitida íntegramente al eje del motor, porque una parte es absorbida por las resistencias pasivas.

Se puede decir que se tienen tres diferentes potencias: P_i es la potencia indicada, la potencia absorbida por las resistencias pasivas P_p y la potencia efectiva en el eje P_e .

La potencia indicada puede calcularse partiendo del ciclo indicado, cuya área representa el trabajo realizado por los gases en el interior del cilindro durante el ciclo. La potencia efectiva puede obtenerse midiendo con un freno el trabajo en el eje a la salida del motor. La potencia absorbida por las resistencias pasivas, más comúnmente llamada potencia pérdida por rozamiento, se mide generalmente haciendo girar el motor sin encendido mediante una fuerza externa que nos proporciona una fuente externa de potencia.

Conociendo la p.m.i. es fácil obtener la potencia indicada, es decir, la potencia desarrollada por el fluido en el cilindro.

Indicando con $P_{m.i.}$ la p.m.i., con D el diámetro del pistón y con C su carrera, el valor de la fuerza total que actúa sobre el pistón está dado por:

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} * \text{Área}$$

$$F = P [\pi D^2/4].$$

W es el trabajo realizado por la fuerza total que actúa sobre el pistón. Y el resulta:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} P C$$

Puesto que $[\pi D^2 C / 4]$ es igual a volumen V_p de un cilindro (volumen parcial), se puede escribir:

$$W_k = V_p P$$

Para calcular la potencia indicada basta multiplicar el trabajo realizado durante una carrera, por el número de carreras útiles completadas en la unidad de tiempo.

En el motor de 4 tiempos el ciclo se completa en dos revoluciones, por lo que, si n es el número de revoluciones que el motor completa en un minuto, y si i es el número de cilindros (por lo que la cilindrada total es $V = V_p \cdot i$), la potencia indicada P_k está dada por:

$$P_k = V P (n/2)$$

En el motor de 2 tiempos, como el ciclo se completa en una revolución, la potencia esta dada por:

$$P_k = V P n$$

De mayor interés práctico es la potencia generada por el par o torque disponible a la salida del eje del motor, es decir la potencia al freno, puesto que se mide con un freno aplicado al eje del motor.

La potencia al freno se puede obtener al multiplicar el par por la velocidad angular.

$$P_m = \frac{2 \pi R F n}{60 (1000)} = \frac{\pi R F n}{30,000}$$

donde: F = Fuerza media en freno hidráulico.

R = Brazo de palanca.

n en revoluciones por minuto.

El producto (R * F) llamado par del motor (torque), es el momento de torsión del cigüeñal.

El torque representa la capacidad del motor para producir trabajo, mientras que la potencia es la medida de la cantidad de trabajo que el motor realiza en un cierto período de tiempo.

Hablando por ejemplo de un vehículo, el torque define la capacidad para desplazar la carga; la potencia se desarrolla durante el desplazamiento de la carga.

Las fuerzas que hacen girar el cigüeñal dependen de la presión de los gases y por lo tanto esencialmente de la

cantidad de combustible quemado en cada ciclo, mientras lo que se oponen a su rotación están dados por los rozamientos internos del motor y por la resistencia externa, cuya magnitud se denomina generalmente como carga. Esta resistencia consiste en un par aplicado a la salida del eje en oposición al par motriz.

La velocidad del motor depende, por lo tanto, del valor de la carga y de la posición de las palancas que suministran la cantidad de combustible. La regulación de la carga y la velocidad es una cuestión de equilibrio entre las fuerzas que provocan la rotación del cigüeñal y las fuerzas opuestas que tienden a impedirla.

Estableciendo un régimen de rotación, si varía la carga se crea un desequilibrio entre las fuerzas en oposición y debe variarse la posición de la palanca de suministro de combustible para que restablezca el equilibrio.

La potencia pérdida es la diferencia entre la potencia indicada y la potencia al freno:

$$P_p = P_i - P_f$$

Es utilizada para vencer el rozamiento entre las partes mecánicas en movimiento, para realizar el trabajo de bombeo del fluido y para accionar los diferentes grupos de accesorios como la bomba del agua, el aceite, etc.

La diversidad de causas y las variaciones de los valores al variar las condiciones de funcionamiento del motor hacen difícil medir con exactitud la potencia absorbida por rozamientos. Su valor total puede obtenerse midiendo la potencia efectiva calculando la potencia indicada. Según el ciclo indicado y restando la primera de la segunda, pero el procedimiento es largo y complicado.

Más práctico y conveniente resulta el procedimiento siguiente: se mide la potencia al freno con un freno hidráulico. Usando en el arranque un motor eléctrico, la potencia en el arranque será la potencia pérdida en los rozamientos.

Conociendo la potencia indicada y al freno se puede tener el rendimiento mecánico del motor.

$$\eta_m = \frac{P_f}{P_i}$$

que es un índice de la importancia de las pérdidas de potencia causadas por las resistencias pasivas.

I.15 EFICIENCIA

La eficiencia η_e del ciclo diesel es la razón entre el trabajo indicado, y la energía suministrada para obtenerlo.

La eficiencia térmica η_{th} del ciclo ideal resulta:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{P^{K-1}} \left[\frac{r^{K-1} - 1}{K(r^K - 1)} \right]$$

El rendimiento indicado η_i es la razón entre el área del ciclo indicado y el área del ciclo ideal, tiene en cuenta las diferencias entre el ciclo ideal y el práctico ya examinadas, y depende en gran parte de las cualidades termodinámicas de la cámara de combustión en relación a su forma y a la disposición de las válvulas y del inyector.

El rendimiento mecánico η_m es la razón entre el trabajo útil medido en el eje a la salida del motor y el trabajo indicado.

Tiene en cuenta el trabajo absorbido por el rozamiento de los elementos del conjunto biela-manivela (pistón, anillos, pasadores) y por los elementos auxiliares propios del motor, y el trabajo absorbido por bombeo (aspiración y descarga o escape).

Por elementos auxiliares se entiende: el mando de la distribución, las bombas de aceite para la lubricación, la bomba de agua para la circulación del agua de enfriamiento, las bombas de aire para el barrido, etc. El rendimiento mecánico empeora al aumentar la velocidad media del pistón. El rendimiento mecánico está normalmente comprendido entre 0.80 y 0.90; naturalmente los valores más bajos se refieren a los motores rápidos y de pequeña cilindrada.

El rendimiento total de un motor es la razón entre el trabajo útil en el eje del motor y el equivalente en energía térmica del combustible consumido; es por lo tanto igual al producto del rendimiento térmico por el mecánico:

$$\eta = (\eta_{th} \cdot \eta_m)$$

I.16 BALANCE TERMICO

Sólo una parte de la energía térmica del combustible quemado en un motor, es transformada en energía mecánica. La parte restante es dispersa en formas diferentes: a través del agua de refrigeración, los gases de escape que salen a altas temperaturas; las partes mismas del motor transmiten el resto por radiación al aire ambiental. La cantidad de calor equivalente al trabajo realizado para vencer las resistencias pasivas es también absorbido a través de estas tres vías importantes de dispersión.

La medición de los porcentajes de calor perdido se realizan en bancos de pruebas con base a los resultados, se registra el llamado balance térmico. En la figura siguiente

se presenta el balance térmico de un motor Diesel de 4 tiempos lento.

Los valores representados en las figuras son aproximados, puesto que varían según el tipo y el diseño del motor.

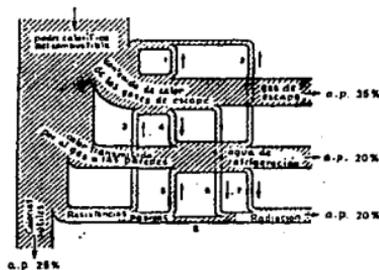


FIG. 1.13 Flujo térmico de un motor refrigerado por agua.

1- Cantidad de calor proveniente del gas de los espacios muertos y del escape; 2- Cantidad de calor transmitida a la mezcla aire-combustible por las paredes calientes; 3- Cantidad de calor de rozamiento transmitida a los gases de escape; 4- Cantidad de calor transmitida por los gases de escape al medio refrigerante; 5- Cantidad de calor de rozamiento transmitida al medio refrigerante; 6- Cantidad de calor irradiada por el tubo de escape; 7- Cantidad de calor irradiada por los conductos recorridos por el agua de refrigeración; 8- Cantidad de calor irradiada por las partes del motor que no están refrigeradas.

CAPITULO II

PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL

II.1 EL MONOBLOCK

El monoblok, por lo regular, de fundición gris dura o aleada, contiene los cilindros de hierro o de aluminio fundido con camisas de fundición especial (centrifugada o nitrurada). El monoblok pueden ser de 4, 5, 6, 8 cilindros, como se muestra en la figura, cuando se trata de 8 y 12 cilindros se acostumbra a construir el motor en V.

Este, del motor diesel, es la parte principal del motor ya que éste elemento constituye el soporte de todo el conjunto, además que en su interior se lleva acabo la transmisión, de la energía térmica a mecánica, que permitirá el accionamiento de los demás elementos del motor.

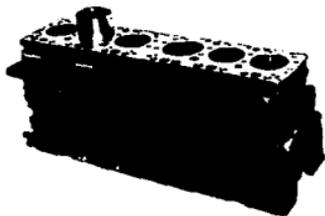


FIG. II.1 El Monoblock

II.2 LOS PISTONES

Los pistones de los motores diesel lentos son generalmente de fundición gris. Y debe cumplir con las siguientes condiciones: resistencia a las altas presiones, ligereza suficiente, reducido coeficiente del rozamiento, un coeficiente de dilatación comparable al que tiene el cilindro y, finalmente, una buena conductividad calorífica.

Por eso, para los pistones de los motores lentos se emplea por lo regular la fundición gris, la cual tiene un buen coeficiente de fricción y se dilata en la misma relación que el metal de los cilindros. Se fabrican en fundición de silicio, al níquel y al níquel-cromo.

En cambio, para los pistones de los motores diesel rápidos, o sea los destinados a ser utilizados por los vehículos ligeros o de turismo, se emplean las aleaciones de aluminio.

Como se sabe, la cabeza del pistón esta en contacto directo con los gases inflamados, y en funcionamiento llega hasta el rojo; por ello se dilata mas que el resto de la pieza. Este hecho fue causa de serios inconvenientes en los principios de funcionamiento de los motores diesel.

A consecuencia de las altas temperaturas a que están sometidos los pistones, estos tienen que presentar un notable juego en frío con el fin de evitar el desgaste en caliente. El juego que se les acostumbra dar es de 0.12 mm, como mínimo, y 0.15 mm, como máximo. Aparte de esto, se acostumbra a presentar una conicidad de 0.2 mm.

Los pistones cuya cara superior es plana se calientan menos, que aquellos que llevan una forma diferente; por ello, en estos últimos es preciso establecer la necesaria refrigeración.

Debido a los esfuerzos que deben soportar, los apoyos de los ejes o bulones del pistón, en el cual van articulados los pies de las bielas, son mucho más robustos en los motores diesel que en los de gasolina.

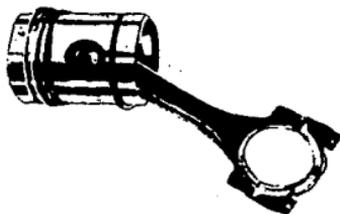


FIG. II.2 Los pistones

II.3 LOS ANILLOS

Son anillos de fundición especial tienen que ser menos duros que los cilindros y camisas y gastarse antes que estos últimos.



FIG. II.3 Los anillos

Por lo regular se colocan seis anillos, los cinco primeros para conservar la compresión y el sexto, situado en la parte baja del pistón, es el rascador del aceite de lubricación. Con el fin de evitar su calentamiento, se montan lo más apartado posible de la cara superior del pistón.

En algunos tipos de motores, los pistones van provistos de tres anillos uno para la compresión y dos rascadores del aceite de lubricación.

II.4 LOS COJINETES

Tanto los cojinetes de los apoyos del cigüeñal como los de las cabezas de las bielas tiene que soportar en esta clase de motores esfuerzos mucho más elevados que en los motores de gasolina.

Actualmente se les dota de una capa compuesta de tres metales y la precisión resultante de las exigencias de construcción es tal que el montaje, por lo regular, puede realizarse sin necesidad de ajuste.

La aleación denominada "metal-rosa" suele estar formada por un 35% de plomo y un 65% de cobre. Este tipo de aleación soporta temperaturas que pasan de los 300 grados centígrados.



FIG. II.4 Los cojinetes.

II.5 LAS BIELAS

Las bielas son de acero al molibdeno (níquel-cromo-molibdeno) ya que las presiones en los motores diesel son mucho mayores que en los de gasolina, es necesario que los cojinetes de la cabeza y del pie de la biela tengan una superficie que sea apropiada para que las presiones unitarias sean de valores lo más reducido posible. Con este objeto las superficies tienen que ser lo suficientemente amplias, en especial la del pie de la biela, que es la que soporta directamente la presión de la combustión.

Como en los motores de gasolina, las cabezas de las bielas, están formadas por dos medios cojinetes, el inferior de los cuales, llamado sombrero, va fijado al superior por medio de pernos y permite efectuar el ajuste necesario de la cabeza de la biela sobre el codo del cigüeñal.

Dicha cabeza tiene acanaladuras y venas que distribuyen el lubricante procedentes de los cojinetes de los apoyos del cigüeñal. Por su parte, el cuerpo de la biela tiene en

toda su longitud un canal donde pasa el aceite que lubrica, a presión, el pie de la misma.

Para dar rigidez, al mismo tiempo que ligereza, a la biela, su sección es en forma de doble T. En casi todos los motores los pernos de sujeción del cojinete de la cabeza de la biela representan un punto débil de la máquina. La biela esta sujeta a esfuerzos alternativos de tracción y compresión, los cuales producen en el cojinete deformaciones que fatigan mucho a los pernos, cuyo metal tiende adquirir una estructura cristalina y hacerse quebradizo. Por ello se recomienda a intervalos regulares sustituirlos.



FIG. 11.5 Las bielas

II.6 EL CIGÜEÑAL

El cigüeñal es de acero de la mejor calidad con un coeficiente de rotura elevado de , por lo menos, 70 Kg/mm², de sección. Se construye forjado y estampado. El cigüeñal está sostenido por sus cojinetes extremos y por otros intermedios situados a ambos lados de los codos, en los cuales van articuladas las cabezas de las bielas, de manera que el cigüeñal de un motor de cuatro cilindros está provisto de cinco cojinetes, y de siete si es de seis cilindros (fig.11.6). Actualmente se acostumbra templar los apoyos de cigüeñal utilizando procedimientos electrónicos de inducción.

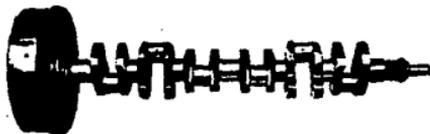


FIG. 11.6

Su configuración, es tal que puede soportar las presiones elevadas de la combustión, los peligros de vibración, las torsiones, etc., esta pieza tiene secciones apropiadas y forma un conjunto de considerable robustez.

Como en los motores de gasolina, los codos del cigüeñal están provistos de canales que conducen el aceite de lubricación de los cojinetes de los apoyos a los de la cabeza de las bielas.

II.7 LAS VALVULAS

Están regidas casi siempre por balancines y su disposición en la cabeza puede observarse en la mayoría de los motores de combustión interna. Las válvulas de escape están constituidas por un conjunto bimetal, siendo la aleación de la cabeza de una composición tal que presenta una máxima resistencia a los efectos caloríficos de los gases de escape.

Las estructuras de las válvulas del motor diesel debe ser más robusta y, en especial, de mayor grosor que las válvulas para motores de gasolina.

II.8 LAS CAMISAS DE LOS CILINDROS

Al tratar los monobloks de los cilindros estos van provistos de camisas fijas o cambiables, las cuales se obtienen por medio de una aleación de cromo-níquel centrifugada y nitrurada. Son rectificadas y pulidas después de haber sido templadas y están provistas, en su parte media, de una junta de caucho que permite asegurar la más absoluta hermeticidad entre la cámara de agua y el cárter.

Las camisas de gran resistencia y buen pulido interno suelen construirse a base de una aleación de cromo-níquel-molibdeno.

Generalmente las camisas se gastan más rápido que los pistones y al reponerlas es necesario cambiar también los anillos. La principal causa de desgaste es la ineficiencia del filtro de aire y, por consiguiente, la introducción de polvo en los cilindros.

El filtrado insuficiente se advierte por la adherencia de trazas arenosas en los pistones, entre el filtro y la válvula de admisión.

Cuando el desgaste esta localizado en la parte más caliente del cilindro y a la vez el anillo superior está pegado dentro de su ranura, puede asegurarse que la causa reside de un mal funcionamiento del pistón en su cilindro.

La razón de ello es que la circulación de agua es insuficiente. Una capa de vapor que esta a una temperatura mucho más elevada que el agua de enfriamiento, tapisa las paredes del cilindro, especialmente sus partes altas, el aceite se quema y los segmentos frotan en seco, produciendo

un gran desgaste. con el riesgo de que aparezca un agarrotamiento.

II.9 EQUIPO DE INYECCION

Como se sabe, en los motores diesel el combustible se inflama por si solo al ser inyectado en la cámara de combustión; en esta, el combustible inyectado se encuentra rodeado de aire comprimido, cuya temperatura, por consiguiente, es muy elevada.

Para que se realice satisfactoriamente el ciclo del motor diesel, el combustible debe ser inyectado en la cámara de combustión en el instante preciso requerido, en cantidad exactamente calibrada y sin formar gota compacta alguna. Se comprende que, para proporcionar una marcha silenciosa y un rendimiento económico del motor, es indispensable que el equipo empleado responda a todas las exigencias requeridas.

Un equipo completo de inyección para los motores diesel esta formado de los elementos siguientes: la bomba de inyección, el inyector, el portainyector, el gobernador, la bomba de alimentación, el variador de avance y el filtro de combustible (fig II.7).

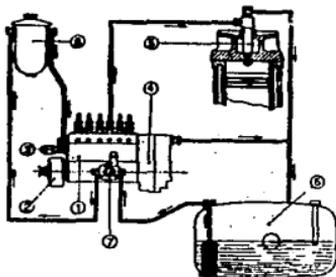


fig. II.7

La circulación del combustible en un equipo de inyección como se muestra en la figura en el cual, se puede ver el depósito de combustible situado en la parte baja de la instalación. Dicho combustible debe ser conducido a la bomba de inyección a una presión determinada, por medio de la acción de una bomba de alimentación.

Esta bomba de alimentación lleva el combustible a la inyección por medio de un filtro, que purifica el combustible. El exceso de este que entra en el filtro sale del mismo por la válvula rebosadera y vuelve al depósito.

Los elementos que forman el equipo de inyección de los motores diesel, en especial las bombas y los inyectores, están mecanizados por tolerancias muy pequeñas, y esta es

Por consiguiente, en este caso la variación de la potencia se obtiene siempre variando la cantidad de combustible que se quema a medida que entra.

Para ello, el conductor pueda inyectar más o menos combustible, modificando así la salida del mismo en la tubería de suministro de la bomba.

II.10.a) Bomba de alimentación

La bomba de alimentación tiene como función, el llevar el combustible a la bomba de inyección a una cierta presión, pues de lo contrario no llegaría el combustible necesario a la bomba de inyección. La aspiración de esta bomba de alimentación comienza en el depósito de diesel.

Existen dos clases de bombas de alimentación: la de simple efecto y la de doble efecto.

Esta bomba va acoplada a la bomba de inyección y es accionada por el eje de levas de esta, por medio de una leva que acciona un elemento de la bomba de inyección, o por medio de un rotor excéntrico alojado entre dos levas. En caso de un gran número de revoluciones, es aconsejable la utilización de una excéntrica aparte para su funcionamiento.

Cuando gira la leva o la excéntrica y aprieta el émbolo de la bomba de alimentación hacia abajo por medio del impulsor de rodillo y del vástago de presión, una parte (cilindrada o cantidad suministrada por carrera) del combustible que se encuentra en la cámara de aspiración (o del aire, cuando no hay combustible) es impulsado a la cámara de presión, comprimiéndose el muelle del émbolo (carrera intermedia). Al final de esta carrera se cierra de nuevo la válvula de presión por la acción del muelle.

Una vez terminada esta primera parte de la carrera, la excéntrica va dejando que el muelle que hay en la cámara de aspiración apriete el émbolo y que el impulsor de rodillo y el vástago vayan hacia arriba bajo esta presión. Por consecuencia, el combustible existente en la cámara de presión es impulsado hacia la salida y conducido al filtro y después, a la entrada de la bomba de inyección. Al mismo tiempo se efectúa la aspiración del combustible del depósito por la entrada de la bomba de alimentación y a través del antefiltro, combustible que es introducido en la cámara de aspiración de la bomba para que se repita el ciclo.

Como puede observarse, la bomba de alimentación de simple efecto solo suministra combustible a la bomba de inyección durante la media carrera de aspiración, que lleva el combustible hacia la cámara de aspiración a la vez que lo impulsa, por su salida, hacia el filtro y, de éste, a la entrada de la bomba de inyección. (Fig II.9)

Si la presión de la tubería de alimentación sobrepasa un cierto valor, el muelle del émbolo sólo impulsará a éste hacia "arriba" en una fracción de la carrera total.

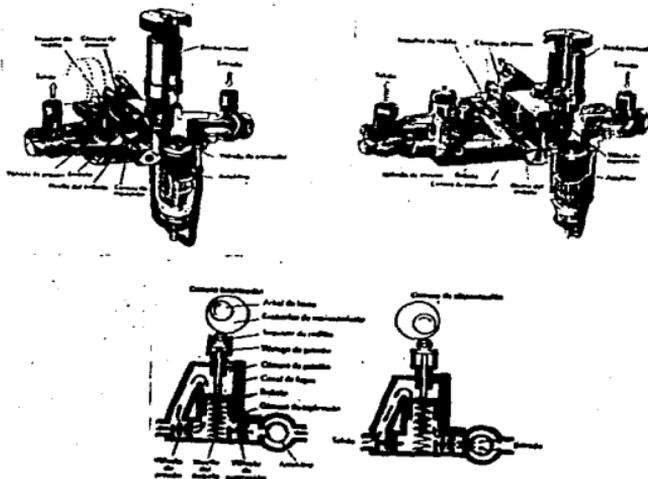


FIG. 11.7

En consecuencia, la cantidad suministrada será proporcionalmente menor. Así, pues, cuando mayor sea la presión en la tubería de alimentación, tanto menor será la cantidad suministrada. La alimentación es, pues, elástica. Si, por ejemplo, la válvula de exceso o rebosadera, situada a la salida del filtro, está obstruida, la presión de la tubería de alimentación subirá tanto y tan rápidamente que la bomba de alimentación no suministrará prácticamente nada.

El combustible en exceso a lo largo del vástago de presión es devuelto a la cámara de aspiración por medio del canal de fugas.

11.10.b) La bomba manual

Esta bomba va fijada a la propia bomba de alimentación, encima de la válvula de aspiración. Este elemento puede montarse ulteriormente sacando el tapón roscado que hay en la parte superior.

Con la bomba manual, estando el motor parado puede elevarse combustible del depósito y enviarlo al filtro y a la bomba de inyección. La cantidad que suministra es de unos 6 cm^3 por carrera.

Para ponerla a funcionar, debe desenroscarse la empuñadura moleteada hasta que pueda tirarse del émbolo hacia arriba. Al elevar el émbolo, se abren las válvulas de aspiración y de presión. El combustible fluye entonces por la tubería de alimentación para ir al filtro y a la bomba

de inyección. Después de haberla utilizado es necesario volver apretar, roscando, la empuñadura (fig. II.10).

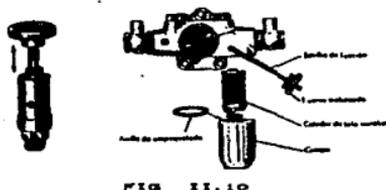


FIG. II.10

II.12 ANTEFILTRO

Este elemento está acoplado a la misma bomba de alimentación. Sin embargo, también podrá montarse en cualquier parte de la tubería, entre el depósito del combustible y la bomba de alimentación. La misión del antefiltro es impedir dentro de lo posible, que las impurezas de tamaño relativamente grandes lleguen al filtro principal. El antefiltro está formado por un cuerpo de vidrio de pared gruesa (también se construye con paredes de chapal) y un tamiz o colador de tela metálica.

Para limpiarlo se afloja la tuerca moletada, se ladea el estrico de fijación de la cuba de vidrio y se quita el cuerpo hacia abajo. Este filtro de tela metálica se limpia con gasolina.

La conservación y cuidado de la bomba de alimentación queda limitado a la limpieza del antefiltro o del tamiz y del empalme de la entrada. Además, al cabo de un tiempo prolongado de almacenamiento o de paro puede quedar completamente seca la superficie del émbolo de la bomba de alimentación. Para que la bomba pueda aspirar es necesario en este caso introducir algo de aceite o de combustible para la válvula de aspiración (del lado de la entrada) antes de hacerla funcionar de nuevo.

II.13 LA BOMBA DE INYECCION

La bomba de inyección es el elemento más importante del equipo de funcionamiento del motor diesel, y si este motor ha alcanzado su actual estado de considerable eficacia y seguridad es debido principalmente a la alta calidad del equipo de inyección de combustible que ha sido producido y perfeccionado para poder desempeñar el arduo servicio al que está destinado.

La función de la bomba de inyección, es la de suministrar combustible al motor con una dosificación ajustada a la potencia necesaria y con una sincronización exacta para que el motor funcione con suavidad y dé un rendimiento adecuado dentro de la máxima economía.

El combustible tiene que inyectarse, a través de inyectores con orificios muy pequeños y a presiones suficientemente altas, para producir la pulverización y reparto del combustible en el seno del aire comprimido y en un tiempo muy corto con el fin de lograr una combustión completa sin humo ni olor.

Este proceso de inyección se repite centenares de veces por minuto, y de ello puede deducirse con que extrema precisión debe funcionar la bomba de inyección.

La pulverización y el reparto de combustible en el seno del aire, ya comprimido, en un tiempo muy corto, que es del orden de menos de 3 milésimas de segundo por inyección, exigen que los inyectores estén provistos de agujeros de pequeñísimo diámetro y a una presión de inyección muy elevada, que es de unos 300 Kg por cm^2 , llegando a los 420 para los pequeños motores rápidos.

En los émbolos de las bombas de inyección no puede utilizarse ni anillos de retención de presión ni otra clase de empaquetaduras; dichos émbolos tienen que funcionar sin fugas y, por consiguiente, para su funcionamiento correcto exigen ser realizados con ajustes perfectos. En efecto, los émbolos y cilindros de la bomba de inyección se fabrican con tolerancias tales que el juego entre émbolo y cilindro solo tienen una tolerancia de 1 a 2 milésimas de milímetro.

Considerando como base de estudio, la bomba de inyección Bosch, la cual es de émbolo con carrera constante, la regulación de la cantidad de suministro se logra por medio del elemento de la bomba, que es una pieza realizada después de innumerables estudios y ensayos. Cada bomba de inyección esta provista de tantos elementos como cilindros tiene el motor.

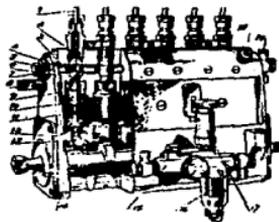


FIG. - II.11

La bomba que se muestra en la figura II.11, corresponde a un motor de seis cilindros y en ella se indica: 1 la

tubería de presión; 2 válvula de presión; 3 canalización de aspiración; 4 cilindro de la bomba; 5 lumbrera de entrada; 6 pistón de la bomba; 7 tapón de la canalización; 8 varilla de regulación; 9 camisa de regulación; 10 muelle o resorte; 11 platillo del muelle; 12 impulsor de rodillo; 13 rodillo; 14 árbol de levas; 15 bomba de alimentación; 16 antefiltro o filtro de la bomba; 17 bomba manual; 18 tornillo de engrase, y 19 entrada de combustible.

Cada uno de los elementos de que consta la bomba se compone de un émbolo y de un cilindro. El émbolo como ya se ha mencionado, debe encajar de un modo tan preciso como una tolerancia de 1 a 2 milésimas de milímetro. Este elemento, es cerrado herméticamente incluso tratándose de presiones tan elevadas que son las que tiene que soportar.

Por consiguiente, no existe reemplazo de los elementos de la bomba por separado, y en caso necesario es forzoso cambiar el elemento (émbolo y cilindro).

En la figura II.12 se muestra en detalle el corte de la bomba se tiene: 1 es la tubería de presión; 2 porta válvula; 3 muelle de válvulas; 4 válvula de presión; 5 cámara de presión; 6 lumbrera de entrada; 7 cámara de aspiración; 8 elemento (émbolo y cilindro); 9 varilla de regulación; 10 segmento dentado; 11 camisa de regulación; 12 talón del émbolo; 13 muelle del émbolo; 14 platillo del muelle, y 15 accionamiento.

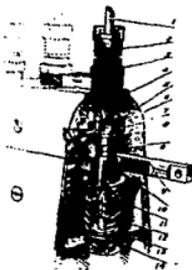


FIG. II.12

La camisa del émbolo está provista de una ranura fresada en forma helicoidal. El cilindro tiene dos lumbreras radiales opuestas por las cuales llega el combustible a la cámara de presión del cilindro (lumbrera de entrada en la figura).

El émbolo de la bomba es accionado en la carrera de compresión por una leva, y en la carrera de aspiración, por el muelle del émbolo.

El cilindro está cerrado por una válvula de presión sobre la cual actúa el muelle que le proporciona la presión indicada. En esta válvula está conectada la tubería de presión que va al respectivo inyector.

El cilindro de la bomba lleva la camisita de regulación, en cuya parte superior está dispuesto un segmento dentado, mientras que la parte inferior lleva dos ranuras longitudinales en las cuales se desliza el talón del émbolo. La varilla dentada de regulación engrana en el segmento dentado. Y así, referido a dicha varilla, los émbolos de la bomba giran durante la marcha.

La cantidad de suministro de la bomba puede variarse desde un suministro mínimo hasta un suministro máximo sin saltos bruscos.

Cuando sea necesario, hay que unir la varilla de regulación con el gobernador por medio de un varillaje. Al verificar esta conexión, es necesario tener sumo cuidado de evitar que actúen sobre la varilla de regulación fuerzas laterales o de torsión. De otra forma, la varilla quedaría bloqueada en su engranaje con el segmento dentado y la regulación resultaría defectuosa.

II.13.a) *Funcionamiento de la bomba de inyección.*

Los émbolos de los elementos de bomba tienen siempre la misma carrera de trabajo. En la posición más baja del émbolo, como se muestra en la figura la cámara de presión que se encuentra encima del émbolo está llena de combustible que ha entrado desde la cámara de aspiración a través de las lumbreras de entrada (fig. II.13).

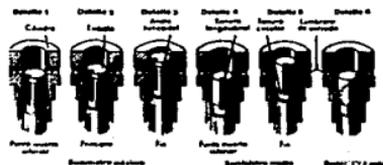


FIG. II.13

Al subir el émbolo obtura las lumbreras de entrada y empuja el combustible, a través de las válvulas de presión, hacia la tubería de presión. La inyección cesa en cuanto la arista helicoidal alcanza una lumbrera de entrada, puesto que a partir de este momento la cámara de presión del cilindro comunica, mediante las ranuras longitudinal y circular, con la cámara de aspiración y entonces el combustible es rechazado hacia dicha cámara de aspiración. Si se hace girar el émbolo, hasta que la ranura longitudinal llegue a comunicar con una lumbrera de entrada, no se efectúa presión alguna sobre el combustible en la cámara de presión y así no hay inyección de combustible. El final del suministro, así como la cantidad, son variables según se haga girar el émbolo.

II.14 TOPE DE LA VARILLA Y PALANCA DE REGULACION

Como ya se sabe que la potencia de un motor diesel es proporcional al número de revoluciones. La entrega máxima de combustible de la bomba de inyección se obtiene cuando la cremallera de la varilla de regulación, está en su posición de "suministro máximo", el cual debe ser suficiente para que el motor pueda desarrollar su potencia a plena carga y a todo regimen.

Un suministro que sobrepasa el máximo haría parecer humos negros, que son indicio de consumo de combustible sin utilización y, por lo tanto, una pérdida de eficiencia.

Las bombas de inyección se construyen en una serie de tipos determinados y no para un motor preciso, hay que escogerla entre las que puedan proporcionar un suministro máximo como el que el motor exige corrientemente. De ello se deduce que será necesario limitar la carrera de la cremallera de la varilla de regulación por medio de un tope. Algunos conductores la desplazan y, en efecto, obtienen mayor potencia durante un tiempo, pero a costa de producir humos negros.

Por otra parte, los inyectores se engrasan, la pulverización pasa a ser defectuosa, es muy posible que esto afecte a la bomba. Además, el motor puede sobrepasar el máximo de revoluciones por que la acción del gobernador, se anula en el momento en que los contrapesos centrífugos con que van dotados alcanzan su desplazamiento máximo.

Apartir de este momento, si el tope máximo ha sido descalibrado o quitado, el suministro de la bomba es susceptible de llegar ha ser demasiado elevado, así como el número de revoluciones. En este caso los esfuerzos sobre los elementos móviles llegan a ser tan elevados que hay que pensar que no tardarán en presentar problemas.

Por esta razón, además del tope sobre la cremallera de la varilla de regulación, se colocan otros topes que tienen la misma función que el primero. Uno limita la carrera del pedal de aceleración, y el otro la palanca de regulación del gobernador.



FIG. II.14

En la figura II.14 se ve el tope de la varilla dentada de regulación. Es ajustable por medio de un tornillo que se inmoviliza por medio de un pasador.

Para los motores que necesitan para el arranque, más combustible que en la marcha a plena carga, es recomendable

montar un tope en la varilla de regulación o en el varillaje de manera que durante el arranque anule la regulación precisa para la marcha y que, en cuanto el motor haya arrancado, permita al mecanismo volver a las mismas condiciones de suministro máximo, graduado, de manera que el combustible sea el preciso para que el motor proporcione el máximo rendimiento sin que se produzcan humos negros.

En la figura II.14 también puede verse el mecanismo del tope de la varilla de regulación, provista de una palanca que permite facilitar mayor cantidad de combustible en el arranque. El mayor o menor suministro se gradúa roscando más o menos el casquillo de guía dentro del otro casquillo que puede verse en la figura e, incluso, para evitar que los conductores de vehículo puedan modificar la graduación precisa. Una vez ajustado, puede asegurarse por medio de una contratuerca.

Tirando la palanca en sentido axial (esto debe hacerse únicamente al arrancar), el perno del tope se mueve hasta llegar a la indicación de "lleno". De esta manera, la cantidad de combustible suministrada en el arranque es mayor que la que suministra a plena carga.

En la figura II.14 se presenta el tope automático de la varilla de regulación que se emplea en los gobernadores de mínima y máxima velocidad. Se aprieta o afloja el tornillo de ajuste, el cual queda asegurado por una tuerca redonda, y a partir de las 500 revoluciones por minuto, aproximadamente, limita la cantidad que necesita el motor durante la marcha a plena carga. Cuando el conductor pisa el pedal del acelerador hasta el fondo. Estando parado el motor (que es durante la puesta en marcha), el muelle alojado en el casquillo del tope, cede bajo la acción de los muelles (figura derecha).

La carrera de la varilla de regulación es entonces más larga que cuando está en posición de plena carga y, por ello, la cantidad de suministro de combustible es mayor.

En cuanto el motor está en marcha, la carrera adicional de la varilla reguladora vuelve a ser suspendida, ya que el gobernador con ayuda del muelle de tope vuelve la varilla de regulación a su posición de marcha normal antes de que se alcance el número de revoluciones correspondientes.

II.15 LA VALVULA DE PRESION

Corresponde a la parte superior del elemento de la bomba.

Quando la arista helicoidal descubre el borde de la lumbrera de entrada, se produce una descarga de presión en el interior del cilindro de la bomba. La presión, aumenta en el interior de la tubería, y el muelle aprieta firmemente a la válvula sobre su asiento. De esta manera resulta que la válvula efectúa el cierre hermético entre la tubería y el

cilindro de la bomba, hasta que el ciclo del suministro se reanuda de nuevo.

Además, la válvula de presión tiene por objeto producir una descarga de presión por la tubería. Esta descarga de presión es necesaria para lograr el cierre instantáneo de la aguja del inyector y evitar así que el combustible llegue, en forma de gotas, a la cámara de combustión. Esta descarga de presión se logra gracias a una construcción especial, que es tan sencilla como segura.



La válvula de presión va guiada por un vástago en el cuerpo de la misma (fig. II.15). En el momento del suministro, la válvula es levantada de su asiento figura 3 de manera que el combustible puede pasar a la tubería de presión por las ranuras longitudinales que terminan en una ranura anular. Encima de esta última se halla dispuesta una parte cilíndrica (pistón de descarga), que se ajusta al cuerpo de la válvula, y a continuación se encuentra la parte cónica de la misma.

Al cerrar la válvula de presión al final de la carrera de suministro, se introduce primero la parte cilíndrica en el cuerpo de la válvula, de manera que la tubería de presión queda cerrada hacia la cámara de presión, y luego baja el cono hacia su asiento.

La consecuencia de ello es un aumento de volumen de la capacidad de la tubería de presión igual al volumen del pequeño cilindro de la válvula (pistón de descarga). Entonces la presión disminuye instantáneamente en la tubería de combustión y la aguja del inyector cierra rápidamente.

II.16 AJUSTE DE LA BOMBA DE INYECCION AL CICLO DEL MOTOR

Antes de acoplar la bomba con el motor, hay que poner en posición el eje de las levas de la bomba, es decir, hay que ajustar el émbolo más próximo al mando de manera que este a punto de iniciar la *fase de principio de suministro*. Para ello hay una marca en el muñón cónico del eje de mando de la bomba de inyección como se muestra en la figura II.16, en la mitad no ajustable del acoplamiento, en la brida de mando del variador de avance a mano y en la periferia de la brida de acoplamiento de variador automático de avance. Además, en la tapa de la bomba hay dos marcas troqueladas.

una con la indicación L y otra con la indicación R, lo misma en la caja del variador de avance manual.

Según los tipos, el ajuste se efectúa de la manera siguiente:

1.- El cono de acoplamiento debe colocarse en la posición R si el mando de la bomba gira hacia la derecha, y en la posición L si gira en sentido contrario. Es decir, la marca del cono debe coincidir con las marcas R y L. Según sea el sentido del giro.

2.- Hay que montar el medio acoplamiento no ajustable en el cono del eje de manera que la marca de este medio acoplamiento este en línea con una u otra de las dos marcas de R o L de la tapa de la figura , Según sea el sentido del giro.

3.- La brida de mando del variador de avance a mano debe ajustarse de tal manera que, tratándose de giro hacia la derecha, la marca R de la caja de dicho variador de avance estará en línea con la marca de su brida de mando. En el caso de giro hacia la izquierda, las marcas deberán coincidir con la L. La palanca del variador debe estar en su posición media.

4.- La brida de acoplamiento del variador automático del avance debe ajustarse en forma que la marca de la caja de la bomba este en línea con la marca que hay con la periferia de la brida de acoplamiento.

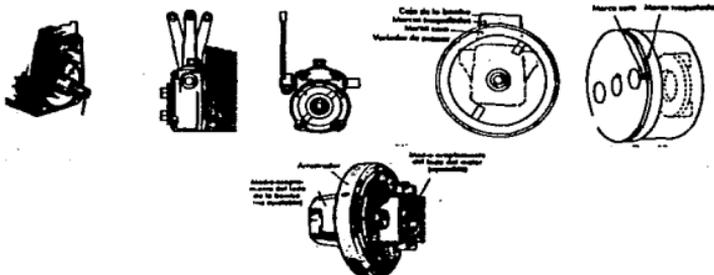


FIG - II.14

De esta manera, en los cuatro casos el émbolo de la bomba que está más próximo al mando está a punto de iniciar la fase de principio de suministro en el respectivo sentido de giro. Pero antes de acoplar la bomba de inyección con el motor, hay que ajustar el respectivo émbolo del motor a los grados de ángulos indicados antes del punto muerto superior y para ello habrá que consultar las indicaciones en el manual de operación de la máquina. Únicamente después de haber hecho esto, se acoplará al motor la bomba de inyección. Además, es preciso fijarse que, tratándose de una bomba con variador de avance manual, la palanca de este último debe ser colocada, de su posición media a la de total avance de encendido antes de su acoplamiento con el motor.

Las piezas sueltas del acoplamiento (el medio acoplamiento que va sobre el eje conducido de la bomba, el disco arrastrador y el medio acoplamiento dispuesto sobre el eje principal del mando del motor) deben montarse de manera que todas las marcas O estén en línea.

La construcción del acoplamiento facilita un ajuste de precisión. Este ajuste se obtiene corriendo una de las dos piezas del medio acoplamiento que se encuentran sobre el eje del motor en sentido opuesto a la otra. Una marca de división corresponde a un avance del eje de levas de 3 grados.

II.17 LUBRICACION DE LA BOMBA DE INYECCION

La parte inferior del cárter de la bomba en todo momento ha de tener la cantidad necesaria de aceite lubricante. El nivel se mide por medio de la bayoneta de nivel, la cual lleva dos marcas de verificación: la superior indica el nivel máximo admitido, y la inferior, el mínimo. La carga o adición de lubricante se realiza a través de la boquilla de relleno.

Cada 1500 Km se comprobará el nivel y se añadirá la cantidad necesaria para alcanzar el nivel superior marcado en la bayoneta.

II.18 BOMBAS INDEPENDIENTES SIN ELEMENTO DE ACCIONAMIENTO

La casa Bosch y la C.A.V. inglesa construyen el tipo de bombas, determinado por la letra PF, que no tiene eje propio de accionamiento. En este caso el fabricante de los motores tiene que prever para cada elemento de bomba un dispositivo de accionamiento del émbolo.

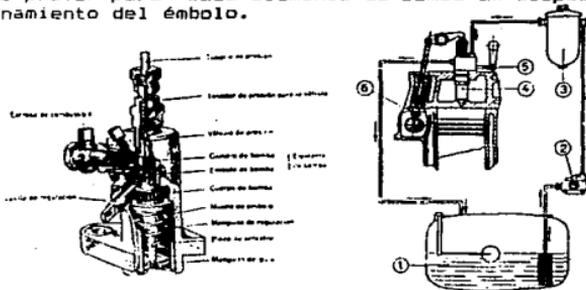


FIG. II.17

En cuanto a la disposición interna, este tipo de bomba es igual a la anterior, exceptuando que no tiene el eje de

levas que acciona la subida de la varilla y, por consiguiente, la del émbolo.

Su aspecto es el que se muestra en la figura II.17 y, como puede observarse, esta provisto de los mismos elementos y disposición de los tipos de bombas anteriormente descritos, designados como bombas tipo PE.

Cuando se emplean como bombas para el motor de un cilindro, toman la posición de la figura II.18, con platinas para montaje en placa horizontal o bien vertical.



FIG. II.18



FIG. II.19

También se construyen como bombas para varios cilindros, en cuyo caso se agrupan los elementos en un cuerpo común (fig.II.19).

Estas bombas para varios cilindros van dispuestas únicamente con platina para montaje sobre soporte horizontal.

Existe así mismo el tipo de bomba con mirilla de regulación.

La regulación se efectúa de la siguiente manera:

a) Se pondrá el pistón del motor en la carrera de compresión, en la posición anterior al punto muerto superior, indicado por la casa constructora del motor como principio de inyección (por ejemplo, 10° antes del punto muerto superior).

b) Hay que ajustar la leva de accionamiento, el impulsor y el émbolo de la bomba de manera que la posición del pistón del motor, indica bajo de la raya de la mirilla de regulación, coincida con la raya del manguito de guía (fig.II.20a). Además, la raya en el manguito debe ser visible en la mirilla tanto cuando el émbolo este en su posición inferior (fig.II.20b) como en la superior (fig.II.20c).

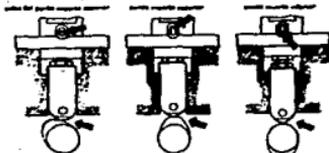


FIG. II.20

c) Como quiera que la regulación que se acaba de exponer solo es para condiciones medias del diámetro del émbolo, de la presión de inyección y del número de revoluciones, la regulación definitiva debe determinarse después de hacer ensayos con la bomba de inyección en el motor.

II.19 BOMBAS DE INYECCION CAV DPA DE COMBUSTIBLE TIPO DISTRIBUIDOR

Es una bomba de inyección de combustible de tipo distribuidor, de un solo cilindro, de émbolos opuestos, con dosificación a la entrada. Es de diseño simple y no lleva cojinetes de bola o de rodillos, engranes, ni muelles.

Sus principales características se muestran en el dibujo seccionado. Tiene un miembro central giratorio de acero conocido como el rotor de bombeo y distribución, este es accionado por las estrías de un árbol de transmisión que se encuentra en la base de la carcasa de la bomba, y tiene en su extremo exterior una bomba de transferencia de combustible de tipo paletas o aspas, el rotor va montado ajustadamente en un cuerpo cilíndrico estacionario de acero, llamado cabezal hidráulico.

La sección de bombeo del rotor tiene un alojamiento interior transversal conteniendo 2 émbolos opuestos, estos funcionan por medio del anillo de levas estacionario que está en la carcasa de la bomba, gracias a rodillos y topes que se deslizan en el rotor. Normalmente el anillo de levas tiene tantos lóbulos internos como cilindros tiene el motor. Los émbolos opuestos no tienen muelles, pero se mueven hacia afuera por medio de la presión del combustible. La parte distribuidora del rotor contiene un conducto central axial que une el espacio de bombeo entre los émbolos, con orificios taladrados en sentido radial en dicho rotor. Uno de los orificios radiales es el de distribución, el que al girar se alinea sucesivamente con cierto número de orificios de salida (igual número de cilindros del motor) en la cabeza hidráulica, desde donde los inyectores son alimentados por medio de tuberías externas de alta presión.

Un número similar de orificios de entrada están espaciados alrededor del rotor, en una posición intermedia y se alinean sucesivamente con un solo orificio de la cabeza. Este es el orificio de entrada o dosificador, y admite combustible bajo el control del gobernador. El combustible que entra en la bomba fluye primero a través de la bomba de transferencia de paletas, que aumenta su presión a un nivel intermedio, luego fluye hacia abajo, por un conducto en la cabeza, hasta un orificio dosificador y de ahí al rotor de bombeo y distribución.

II.19.a) Bombas con gobernador mecánico tipo cav-dpa

- 1.- Ducto de alimentación (1)
- 2.- Carcasa (74)
- 3.- Contrapesos (58)
- 4.- Levas (51)
- 5.- Lumbera de distribución (32)
- 6.- Cople de tubería de presión (7)

- 7.- Gobernador (115)
- 8.- Guía de contrapesos (55)
- 9.- Piñón del árbol de contrapesos (65)
- 10.- Eje de distribución (49)
- 11.- Mecanismo de regulación de la inyección (109, 111, 108)
- 13.- Válvula reguladora de presión (104, 110)
- 14.- Válvulas de regulación en vacío (99)
- 15.- Válvulas de regulación en el avance (103, 104)

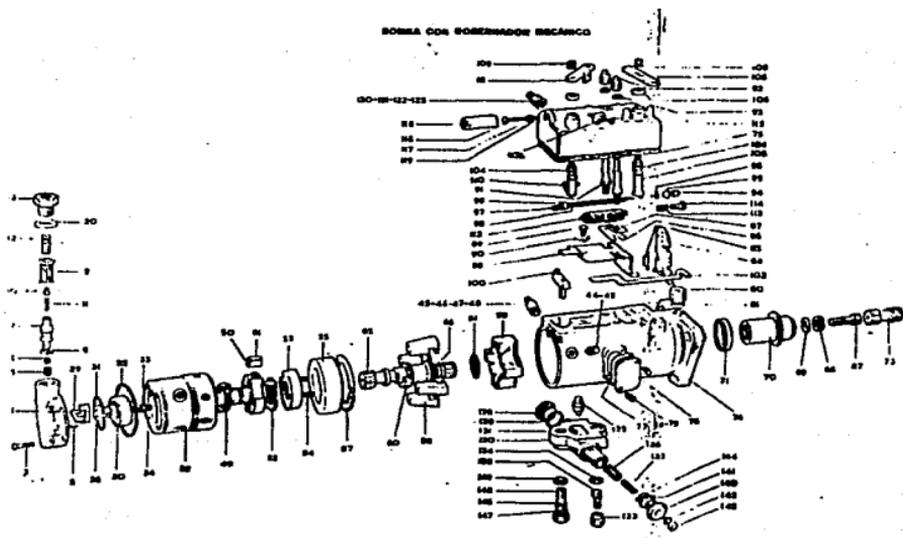


FIG II-21

II.19.b) Bomba DPA con gobernador hidráulico

Las principales partes de la bomba con gobernador hidráulico son las mismas que las de gobernador mecánico, la mayor diferencia aparente entre las dos bombas es que, la bomba provista de gobernador hidráulico es más corta, dado que los contrapesos del mecanismo del gobernador es eliminado y la transmisión simplificada suprime el buje de transmisión.

II.19.c) Principio de funcionamiento

Los émbolos opuestos están accionados por rodillos de levas que van en unas zapatas y que se deslizan en el cuerpo

del rotor. El anillo de levas va en el cuerpo de la bomba y normalmente, tiene tantos lóbulos como cilindros el motor. Los émbolos se mueven hacia adentro simultáneamente al hacer contacto los rodillos con los lóbulos de leva, que están diametralmente opuestos. No hay muelles de retorno, regresando los émbolos por la presión del combustible entrante.

El principio de trabajo de la bomba puede seguirse fácilmente por los sencillos dibujos de las figuras mostradas, el rotor, conocido como rotor de bombeo y de distribución, se ve la cabeza hidráulica fija en la posición de admisión. Los émbolos de la bomba se van moviendo hacia afuera por la presión del combustible entrante, procedente de una lumbrera en la cabeza hidráulica conocida como la lumbrera dosificadora, a través de una lumbrera de llenado en el rotor a un conducto axial central abierto a la cámara de émbolos (fig 11.22).

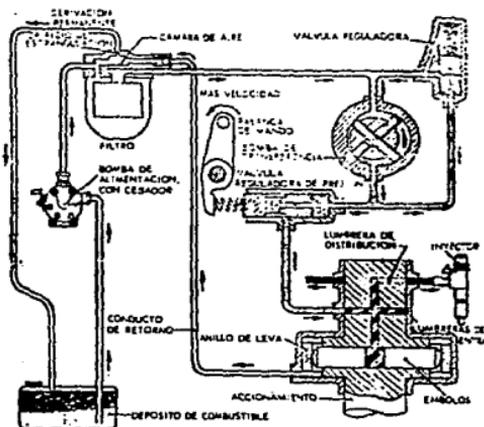


FIG 11.22

Al girar el rotor, la lumbrera de admisión se cierra y un segundo orificio radial en el rotor, conocido como lumbrera distribuidora coincide con una lumbrera de escape en la cabeza hidráulica. Los émbolos son forzados hacia adentro y el combustible pasa al orificio central y afuera, a uno de los inyectores. En la bomba actual hay tantas lumbreras de admisión o llenado como cilindros tiene el motor: en forma similar, la lumbrera distribuidora también coincide con este número de lumbreras conectadas a los inyectores, una bomba de transferencia del tipo de paletas deslizantes, que va en el rotor dentro de la cabeza hidráulica, suministra combustible desde la entrada de la

bomba a una presión intermedia, a través de conductos de combustible, al elemento de bombeo. Una válvula dosificadora regula el caudal de combustible antes de que llegue al elemento, estando la válvula accionada por la palanca de mando del motor o por el regulador. Puesto que el combustible entrante separa los émbolos de bomba opuestos, el desplazamiento afuera de los mismos viene determinado por la cantidad de combustible suministrado a la cámara de émbolos, cantidad que varía según el ajuste de la válvula dosificadora de combustible y la velocidad a que esté girando la bomba.

Por consiguiente, los rodillos que mueven los émbolos no siguen totalmente el contorno del anillo de leva interior sino que hacen contacto con los lóbulos de leva en puntos que varían con el desplazamiento de los émbolos. De este modo, la máxima cantidad de combustible suministrado en una carga puede regularse restringiendo el límite de recorrido hacia afuera de los émbolos.

El contorno de la leva proporciona un relajamiento de la presión en las tuberías de los inyectores al final del ciclo de inyección, e impide el goteo de las toberas. El intervalo de distribución entre los inyectores de la bomba esta regulado por la exacta separación de los lóbulos de leva y de las lumbreras de suministro. Los componentes que afectan la relación de distribución y funcionamiento de la bomba están diseñados con una posición de montaje únicamente y se han fabricado con gran precisión, asegurando la exactitud de ajuste y eliminando toda posibilidad de desajuste.

El rotor de la bomba se hace girar por medio de un eje de transmisión estriado en los extremos, y accionado desde el motor por medio de un acoplamiento estriado apropiado. La bomba puede mostrarse horizontalmente, vertical o en cualquier ángulo intermedio de la placa de extremo de la bomba.

II 20 LOS GOBERNADORES

Por experiencia se sabe que los motores diesel para vehículos automóviles tienden siempre a tener un ralenti muy inestable. En las marchas lentas tiene tendencia a pararse o embalsarse si la cantidad de inyección no está en relación con la velocidad de rotación.

Por otra parte, si un motor gira a su régimen y se apoya el pedal del acelerador a fondo, el número de revoluciones del motor alcanzará valores peligrosos, que es, precisamente, lo que el gobernador debe de impedir.

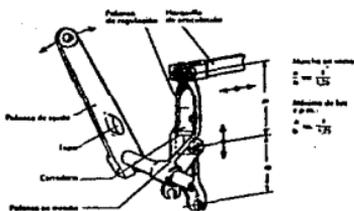


FIG. II.25

En este caso, el trabajo motor para mover la varilla de regulación será igual a la fuerza desplazada multiplicada por camino del desplazamiento. Así:

trabajo motor para mover la varilla de desplazamiento = fuerza desplazada x camino de desplazamiento.

Este trabajo motor debe ser llevado a cabo por el gobernador. Sin embargo, teniendo en cuenta que en el gobernador tiene que funcionar con absoluta seguridad y con cierta soltura, es indispensable que su capacidad efectiva de trabajo mecánico sobrepase largamente el grado de lo estrictamente necesario (de 3 a 5 veces).

La capacidad de trabajo del gobernador resulta de la diferencia entre la fuerza del muelle y la fuerza centrífuga. Depende, por lo tanto, del tamaño de los pesos centrífugos y de las fluctuaciones en el régimen de las revoluciones del motor. La capacidad reguladora, por consiguiente, resulta igualmente reducida para la regulación de la mínima; en cambio, para la regulación de la máxima, la capacidad reguladora resulta más que suficiente. Por lo tanto, especialmente en motores de gran velocidad de giro y gobernador de pequeño tamaño, no puede preverse un número de revoluciones de la marcha en vacío que sea muy bajo.

La fuerza P (fig. II.25), ejercida sobre el perno de ajuste por los pesos centrífugos, dado un cambio determinado del número de revoluciones por minuto, es siempre igual a la intensidad. Sin embargo, la fuerza que se manifiesta sobre la varilla de regulación resulta más o menos intensa a causa de la variación de la relación de transmisión de la palanca de regulación. Cuando más vaya aproximándose al valor de la unidad la relación de transmisión $a : b$ de la palanca reguladora, tanto mayor va resultando la fuerza desplazada ejercida sobre la varilla de regulación, por el momento de giro (Md) va aumentando ($Md = Pxa$).

En otras palabras, P es constante y a es variable. Cuanto más larga resulte la palanca a , la cual es empujada o tirada con los pesos centrífugos con la fuerza P , tanto más eficaz resulta la fuerza desplazada ejercida sobre la varilla de regulación, o sea, tanto más fácilmente se deja girar la palanca reguladora alrededor de su centro giratorio O .

II.21. a) La construcción del gobernador.

Este tipo de gobernador de corredera, que es un gobernador centrífugo con dos pesos que actúan bajo la acción de la fuerza centrífuga, se esquematiza con detalles en la figura II.26. Va accionado por el propio eje de levas de la bomba de inyección y cada peso esta provisto de un juego de muelles.

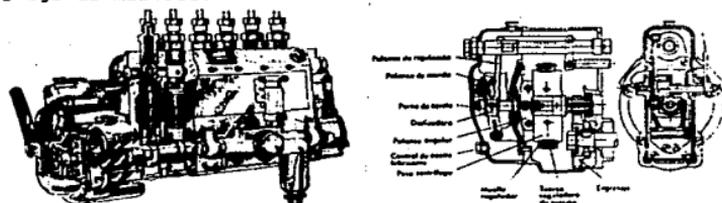


FIG II.26

En el eje del gobernador, que comunica, a través de un antivibrador, con el eje de levas de la bomba de inyección, están colocados dos ejes de palancas angulares. Además, los pesos centrífugos se apoyan por su centro de gravedad sobre los muelles reguladores; estos últimos abarcan los pernos atornillados en el eje. Las tuercas reguladoras de tensión ejercen cierta tensión inicial sobre los muelles reguladores.

Los brazos de las palancas angulares (las que están en posición vertical con relación al eje de rotación) llevan un perno de ajuste, el cual transmite el movimiento de los pesos centrífugos sobre la deslizadora. Esta comunica con la palanca de regulación, la cual va conectada con la varilla de regulación a través de una horquilla de articulación. La palanca de regulación de este dispositivo es del tipo de palanca flotante, es decir, permite desplazar su centro giratorio O por medio de la corredera. Está bien estudiada disposición permite variar la relación de la transmisión dentro de los límites 1:1.35 hasta 1:3.23 (fig II.25)

Los movimientos de la palanca de ajuste, y con ellos también los movimientos del pedal acelerador, son transmitidos, a través de la palanca de mando y la corredera en el interior de la palanca de regulación, a esta última y, a la vez, a la varilla de regulación. Para regular las revoluciones muy pequeñas, la misma casa Bosch produce el tipo de regulador cuyos detalles de construcción muestra la figura II.26 Intercalado entre el eje de levas de la bomba de inyección, que actúa como elemento de mando, y el árbol, se encuentra un conjunto de engranes multiplicadores para conseguir mayor velocidad (aproximadamente, 3 : 1).

En la figura II.26 se presenta una bomba de inyección equipada con un gobernador del tipo al que se acaba de describir.

II.21.b) Funcionamiento del gobernador

La manera de funcionar de todos los gobernadores centrífugos es la siguiente:

Al aumentar el número de revoluciones del motor, los pesos, bajo la influencia de la fuerza centrífuga, se separan hacia afuera, hasta que la fuerza centrífuga llegue a alcanzar tal intensidad que venza la contrapresión ejercida por los muelles reguladores.

A medida que va disminuyendo la velocidad de giro, la fuerza centrífuga se reduce de manera que, finalmente, la presión de los muelles tendrá mayor intensidad que la fuerza centrífuga y, por lo tanto, los pesos centrífugos se moverán hacia adentro.

A consecuencia de estos movimientos los pesos son transmitidos a última instancia a la varilla de regulación, a través de las palancas angulares, el perno de ajuste y la palanca de regulación. Resulta, pues, que la varilla de regulación, conforme va aumentando la velocidad de giro del motor, se va deslizando hacia el "stop". Este movimiento de retardo reduce el suministro de combustible, regulando la velocidad o limitando el número de revoluciones. Al reducirse el número de revoluciones, se reproduce la operación en sentido inverso. Eligiendo el tamaño de los muelles de una manera adecuada, ajustando sus dimensiones y calibrando bien su tensión por medio de tuercas tensoras, se consigue que los regímenes que se quieren mantener constantes o limitar resultan estabilizados automáticamente por el gobernador.

Cabe mencionar que, este gobernador es de mínima y máxima; sus muelles están calibrados y ajustados de tal forma que la zona intermedia no está sujeta a regulación alguna. Entre la marcha mínima, o marcha en vacío, y la marcha máxima, es cuando únicamente el conductor del vehículo desplaza a su voluntad la varilla de regulación mediante el pedal acelerador, que comunica, a través de un varillaje, con la palanca de ajuste.

Las distintas condiciones de trabajo del gobernador son las siguientes:

II.21.b1) Posición de los elementos del gobernador con el motor parado.

En la posición de reposo del motor, la palanca de ajuste (fig. II.27) llega a apoyarse contra su tope stop; la varilla de regulación, que es la varilla de la cremallera, adopta su posición de reposo. El tope del pedal que limita la marcha en vacío queda sin efecto; por lo tanto, también el pedal acelerador está en su posición de reposo (este último tope, situado en el lugar adecuado del vehículo, es por lo regular de tipo automático y evita que durante la marcha el pedal retroceda a su posición de reposo stop). Los pesos centrífugos, en este caso, se encuentran enteramente dentro.

momento, el gobernador emprende automáticamente su función reguladora (fig.II.30).

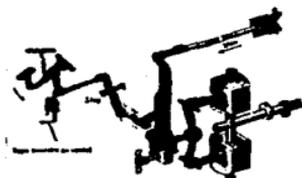


FIG . II.30

II.21.b3) Regulación dentro del régimen de la marcha lenta o ralenti (marcha en vacío).

Bajo la denominación de marcha en vacío o ralenti del motor se entiende el régimen de revoluciones más lento posible, no desarrollando el motor más fuerza motriz que la indispensable para vencer sus propios rozamientos y para accionar los aparatos acoplados directamente al mismo, como son el alternador, la bomba de inyección, el ventilador, etc.

Para efectuar este esfuerzo mínimo, requerido por el ralenti o marcha en vacío, el motor necesita una determinada cantidad de combustible. Esta cantidad la recibe al establecerse una determinada posición de la palanca de ajuste que corresponde a la posición en vacío (fig.II.30).

La regulación del número de revoluciones de la marcha en vacío se efectúa exclusivamente por medio de los muelles exteriores. Durante esta regulación los pesos centrífugos no llegan a pegar contra los platillos, los cuales están bajo la presión de los muelles que intervienen en la regulación de la marcha máxima.

El recorrido total de los pesos centrífugos (recorrido de la marcha en vacío), en este tipo de corredera es de 6 mm. (fig . II.31 centro). Este recorrido, aplicándole la

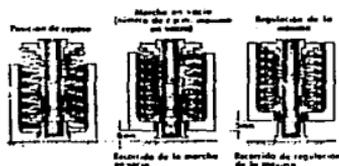


FIG . II.31

relación de transmisión de 1:1.35, permitirá un desplazamiento a la varilla de regulación de unos 8 mm, lo que resulta suficiente para contrarrestar las variaciones en

la carga motriz que se producen dentro del régimen de la marcha en vacío del motor.

II.21.b4) Regulación dentro de la zona entre el ralentí o marcha en vacío y la máxima.

Estando el motor cargado, a medida que el conductor del vehículo va apretando el pedal se acelera la marcha del motor. Esta aceleración o aumento del número de revoluciones del motor provoca un movimiento de los pesos centrífugos hacia afuera. Al principio, el gobernador tiende a evitar un aumento de las revoluciones; pero una vez sobrepasado un poco el número de ellas que corresponde a la marcha en vacío, los pesos centrífugos quedan frenados apoyando contra los platillos que intervienen en la regulación de la máxima y siguen frenados en esta posición hasta que el motor tienda a sobrepasar el número máximo de revoluciones, debido a que los muelles reguladores de la máxima no inician hasta entonces su efecto regulador. Resulta, pues, que el gobernador no actúa en la zona comprendida entre la marcha en vacío o ralentí y la máxima.

Dentro de esta zona la posición de la varilla de regulación, y con ella el número de revoluciones del motor, queda exclusivamente sujeta a la voluntad del conductor del vehículo.

II.21.b5) Regulación dentro de la zona del máximo número de revoluciones del motor.

La regulación de la máxima tiene lugar en cuanto el motor tiende a embalsarse, o sea a sobrepasar su número máximo de revoluciones. Dicho exceso puede producirse según el grado de aceleración aplicado por el conductor, dependiendo de la posición de la palanca de ajuste a plena carga motriz, o bien a la carga parcial o, asimismo, cuando el motor no lleva carga motriz alguna. Una vez iniciada la regulación de la máxima, la posición de la varilla de regulación ya no depende sólo de la voluntad del conductor del vehículo, si no también del gobernador. La posición de pesos y palancas del gobernador corresponde a la indicada en la figura II.32. El recorrido de los pesos centrífugos para la regulación de la máxima es de 5 mm (ver, fig. II.31 a la derecha):

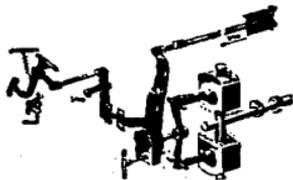


FIG II.32

Esto (con una relación de transmisión 1:3.23) da un desplazamiento para la varilla de regulación de unos 16 mm, lo que resulta suficiente para evitar una velocidad excesiva y frenarla para que no llegue más allá del stop.

II.21.b6) El grado de irregularidad.

El trabajo motor para desplazar la varilla de regulación dentro de la zona de regulación esta únicamente a cargo del gobernador si se efectúa un cambio en el número de revoluciones, cambio que puede responder a los límites fijados por el constructor del motor. Por ejemplo, si la palanca de ajuste esta en una posición determinada y la carga motriz del motor es reducida de la máxima a "carga nula", el número de revoluciones del motor con plena carga motriz es algo inferior al número de revoluciones sin carga (fig.II.33).

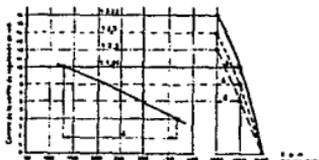


FIG. II.33

Esta diferencia en el número de revoluciones, denominada *grado de irregularidad*, equivale a:

$$\delta = \frac{(nh - nv) \times 100}{nm}$$

siendo:

nh = máximo del número de revoluciones determinado por la posición de la placa de ajuste, *sin carga alguna*.

nv = número de revoluciones a plena carga motriz, determinado por la misma posición de la palanca de ajuste, *con plena carga*.

nm = promedio del número de revoluciones por minuto "ajustado", que es la media aritmética de nh y nv. por lo tanto:

$$nm = \frac{nh + nv}{2} = [\text{r.p.m.}]$$

Los números de revoluciones se refieren a las revoluciones de la bomba de inyección.

El grado de irregularidad es un índice de calidad del efecto regulador: un gobernador es tanto mejor cuando más reducida sea la irregularidad. Sin embargo, hay límites a la reducción de la irregularidad que no están sujetos a la voluntad del constructor, porque, además, influyen las propiedades del motor y otros factores. Para motores de vehículos puede admitirse valores del 5 al 10 %.

Puesto que la relación de transmisión de la palanca de regulación de este tipo de gobernador se altera con el número de las revoluciones por minuto de modo que, dentro del recorrido eficaz de la regulación máxima, resulta aprovechada la totalidad del recorrido de los pesos centrífugos, el grado de irregularidad de este tipo resulta prácticamente independiente del recorrido de la varilla de regulación.

II.22 EL CONSUMO DEL MOTOR Y EL DISPOSITIVO DE ASIMILACION

El diagrama del consumo del combustible (fig. II.34) indica la línea del "consumo justo" de un motor diesel.

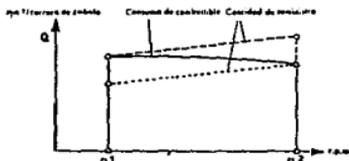


FIG. II.34

Esta línea se obtiene determinando, en función del número de revoluciones, la carga con la cual aun se verifica una combustión íntegra, es. decir, exenta totalmente de humo (límite de la combustión justa).

El suministro máximo está ajustado mediante el tope de la varilla de regulación de tal manera que va de acuerdo con el consumo efectivo que corresponde al régimen de revoluciones lento y funcionando el motor a plena carga (línea punteada de la fig. II.34).

La línea de "consumo preciso" debe coincidir, lo más exactamente posible, con la otra línea de la "cantidad de suministro". Debe inyectarse exactamente la cantidad de combustible que el motor pueda quemar sin echar humo por el escape. La línea "cantidad de suministro" indica la cantidad suministrada por cada recorrido del émbolo (estando la varilla de regulación en su posición de plena carga), dependiendo de la cantidad total del número de revoluciones. La figura II.34 muestra que el consumo de combustible experimenta una reducción mientras que las revoluciones por minuto van aumentando (deficiencia de la alimentación de

aire); sin embargo, la bomba de inyección (estando frenada la varilla de regulación), girando a gran velocidad, suministra algo más que girando a baja velocidad. Este exceso en ciertos tipos de motor no llega a ser quemado, es decir, que el motor echa entonces humo por el escape. Esta particularidad depende, entre otras razones, de la cámara de combustión y del sistema empleado para conseguir la mezcla aire-combustible.

Supóngase que se le aplicara a la bomba de inyección, mediante el adecuado ajuste del tope de la varilla de regulación, una regulación tal que permitiera el máximo de su momento de giro para el régimen bajo de revoluciones. Resultaría entonces que para el régimen de gran velocidad de giro el motor recibe un suministro excesivo, arrojaría humo por el escape, se formarían depósitos carbonosos y el consumo resultaría demasiado elevado.

En cambio, si se ajustara el suministro máximo a la cantidad precisa que corresponde al régimen máximo de revoluciones a plena carga motriz, será evidente que la capacidad del motor resultaría insuficiente con baja velocidad, puesto que el suministro disminuye para velocidades bajas. En este caso la potencia del motor no alcanzaría su máximo, o bien no resultaría satisfactoria para todas las velocidades de giro.

Para equilibrar todas estas diferencias, se ha adoptado el conjunto de los muelles reguladores el denominado *dispositivo de asimilación o de equilibrado*.

Dicho dispositivo (fig. 11.35) sirve, pues, para equilibrar a la precisa necesidad del motor la cantidad de suministro de plena carga proporcionada por la acción del pedal apretado por el conductor del vehículo o en cualquier velocidad de giro comprendida entre la marcha lenta o valenti y la máxima del motor.

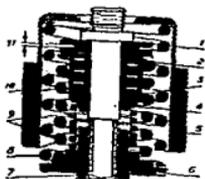


FIG. 11.35

El muelle de asimilación hace que, dentro de la zona comprendida entre la marcha en vacío y la marcha máxima, la cantidad de combustible, enviada por el conductor por medio del pedal, experimente una pequeña reducción que debe ajustarse a una medida que corresponda al preciso consumo del motor.

El muelle de asimilación está intercalado entre los muelles reguladores de la máxima y el platillo de muelle interior (fig. 11.35). Está alojado en una capsula que sirve

a la vez de apoyo a los dos muelles reguladores de la máxima. La cápsula del muelle está más o menos separada del platillo interior. A esta distancia se le llama *recorrido de asimilación* (de 0.3 hasta 1 mm); éste último puede estar calibrado mediante unas arandelas de ajuste, para conseguir una adaptación perfecta a la característica del preciso consumo del motor.

En dicha figura II.35, las indicaciones son las siguientes: 1 platillo del muelle; 2 peso centrífugo; 3 cápsula de muelle; 4 arandela de ajuste; 5 casquillo de guía; 6 platillo del muelle; 7 tuerca reguladora de tensión; 8 muelle o resorte de marcha en vacío; 9 guía; 10 muelle de asimilación y, 11 recorrido de asimilación.

El comienzo de la operación de asimilación depende igualmente de la línea "consumo preciso de combustible" del motor; por lo regular esta operación de asimilación se inicia cuando el motor sobrepasa un poco su régimen de ralentí. Un poco antes de llegar a la velocidad de giro máximo, el muelle de asimilación es oprimido de tal manera que el platillo del muelle interior llega a topar contra la cápsula. No obstante, la presión ejercida sobre el muelle de asimilación resulta más reducida aún que la efectuada por los muelles reguladores de la máxima.

Si no existiese el muelle de asimilación, el gobernador quedaría sin efecto dentro de la zona comprendida entre la marcha en vacío y la máxima. En cambio, a medida que se van aflojando los muelles de asimilación, los pesos centrífugos van actuando también dentro de la zona entre la marcha en vacío o ralentí y la máxima, es decir, pueden moverse hacia afuera y desplazar las varillas de regulación en sentido de retardo stop en la medida que les límite el recorrido de asimilación.

Por lo tanto, el suministro de combustible resulta siempre un poco más reducido de lo que a la posición del pedal acelerador correspondiera. De esta manera resulta que el creciente exceso de combustible, suministrado por la bomba de inyección de conformidad con el aumento del régimen del motor, es asimilado y perfectamente adaptado al consumo efectivo del motor.

II.23 DISPOSITIVOS DE AVANCE A LA INYECCION

En los motores diesel con una compresión relativamente baja, así como en los motores rápidos, el funcionamiento del motor queda mejorado si se adelanta el momento de iniciar la inyección.

Precisamente para que la combustión empiece en el PMS es necesario hacer empezar la inyección, o establecer un avance, antes del fin de la compresión, teniendo en cuenta que, además del plazo de encendido, existe en los motores diesel el llamado *plazo de inyección*.

El avance de la inyección es de 16 a 24 grados en el motor; pero como el eje de la bomba gira a la mitad de revoluciones que el motor, la leva de la bomba debe atacar al pistón de la bomba de 8 a 120° antes del que el pistón llegue al PMS.

Este avance a la inyección, que tiene el mismo efecto que el avance al encendido por los motores de gasolina provistos de carburador, que permite aumentar el rendimiento del motor, se realiza por medio de los llamados variadores de avance.

Hay variadores manuales y variadores automáticos. El avance a la inyección se obtiene por el desplazamiento angular del eje de levas de la bomba, la cual, a este efecto esta provista de una junta especial con manguito helicoidal que se puede desplazar axialmente accionando la palanca colocada en el tablero de instrumentos del vehículo (fig II.36).

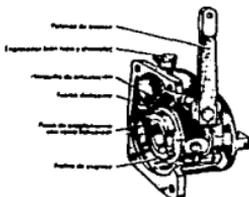


FIG. II.36

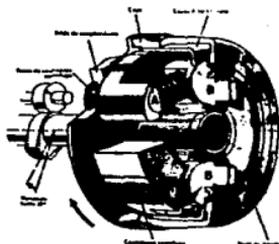


FIG. II.37

El variador de avance automático (fig.II.37) funciona de acuerdo con el número de revoluciones, puesto que se basa en la variación de unos pesos por la fuerza centrífuga. Este variador se compone de la brida de acoplamiento, la caja, la brida de mando, dos contrapesos centrífugos y dos muelles helicoidales. La brida de acoplamiento esta sujeta al eje de levas de la bomba de inyección mediante una tuerca redonda y una arandela. Los dos contrapesos centrífugos tienen su apoyo en los pernos asentados en la brida de acoplamiento (fig.II.38), los cuales sirven al mismo tiempo de fuerte contracojinete para el muelle de los helicoidales. Hacia la

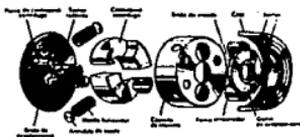


FIG. II.38

parte interior se hallan los dos pernos de arrastre, que pasan por los orificios de la cápsula del cojinete para los muelles helicoidales.

Por medio de los pernos de arrastre, la fuerza motriz acciona la brida de acoplamiento y, el eje de levas de la bomba de inyección, mediante los pesos centrífugos que están conectados con los pernos arrastradores debido a la tensión del muelle.

Los pesos centrífugos tienen una superficie curvada de acuerdo con el ángulo de avance requerido (fig.II.39) patinador curvado). Entre cada perno de contrapeso centrífugo y cada perno de arrastre hay un muelle helicoidal con una tensión inicial y una rigidez determinadas. La tensión inicial puede ser modificada a través de arandelas; con ello se cambiara el límite del número de revoluciones y el ángulo de avance. La caja va roscada con la brida de acoplamiento.



FIG. II.39

Este variador de avance automático funciona de la manera siguiente:

Con un número de revoluciones en aumento los contrapesos se separan debido a la fuerza centrífuga y a los pernos de arrastre, indicados por B en la figura II.39, deslizan por la superficie curvada de los pesos centrífugos. Las bridas de mando y del acoplamiento giran, una hacia otra, dentro de los límites del ángulo de avance, ya que están conectadas a través de los muelles.

Así queda arrastrado el perno de contrapeso A (ver figura II.39) de la brida de acoplamiento, de manera que esta brida, a la vez que el eje de levas al cual va unida, se adelanta a la brida de mando de manera creciente de acuerdo con el número de revoluciones (hasta 10) y también se adelanta el comienzo de la inyección.

La curva del contrapeso por donde se desliza el perno B está realizada de manera que el trayecto cubierto por los contrapesos centrífugos (por el grado de ángulo de avance) es relativamente grande para un pequeño valor de fuerza centrífuga, es decir, para un número bajo de revoluciones, mientras se reduce cuando el número de revoluciones es mayor. De esta manera se logra que exista una fuerza suficiente para actuar en caso de un pequeño número de revoluciones; cuando se trate de muchas revoluciones, en cuyo caso habrá una gran fuerza centrífuga, basta un trayecto menor de los contrapesos centrífugos, puesto que

hay que tener presente que la fuerza centrífuga aumenta con el cuadrado de la velocidad.

II.24 EL GOBERNADOR HIDRAULICO

Este tipo de gobernador, aunque ofrece innegables ventajas, entre ellas la de proporcionar con toda la regularidad velocidades de ralentí sumamente reducidas y velocidades máximas potentes.

Su principio está basado en un pistón o émbolo que, conecta a la varilla de accionamiento de la bomba de inyección, permite aumentar o disminuir el suministro de combustible y, por lo tanto, acrecentar o reducir la velocidad del motor. Para tal fin las caras de dicho pistón están sometidas a dos fuerzas contrarias: por un lado, a la que ejerce un resorte, que tiende a llevarlo hacia la posición de marcha lenta y, por el otro lado a la presión de aceite, que mantiene constante una bomba de engranajes movido por el eje de levas de la bomba de inyección.

La presión del aceite aumenta o disminuye, independientemente del pedal acelerador, a causa de la acción de una válvula reguladora de la presión de aceite, llamada también de descarga, análoga a la del sistema de lubricación, la cual abriéndose o cerrándose, según la velocidad del motor, es decir, modificando la presión del aceite, determina, que el pistón baje o suba y permita mayor o menor suministro a la bomba, evitando así que el motor sobrepase el número de revoluciones mínimo y máximo.

En la zona intermedia de revoluciones, o sea la que se halla entre ambos límites, el conductor alimenta el motor a voluntad por medio del pedal acelerador.

II.24.a) Gobernador Hidráulico (Caterpillar).

El servo gobernador es asistido hidráulicamente, para que mediante el movimiento mecánico del gobernador aplique la fuerza para mover la varilla de regulación (cremallera). Las partes que componen al mecanismo del regulador son las siguientes: 1, válvula; 2, pistón; 3, cilindro; 4, resorte, y 5, varilla de regulación (cremallera).

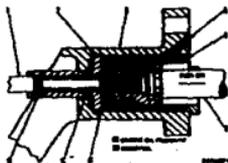


FIG. II.40

Cuando el gobernador se mueve por efecto de la presión hidráulica en la dirección de entrada de combustible en las lumbreras de alimentación de la bomba de inyección al accionar la cremallera de la barra al pistón de la bomba y, con el fin de preparar al motor para el arranque, la válvula (1) se mueve hacia la izquierda. La válvula abre inmediatamente la entrada que es la admisión de aceite por el conducto o ramal (B) y cierra el pasaje de aceite (D). La presión del aceite por la entrada (A) empuja el pistón (2) y a la varilla de regulación (5) hacia la izquierda.

Con el paso de aceite por los mencionados conductos permite que este llegue por detrás del pistón por la comunicación del conducto (C), a lo largo de la válvula (1) y hacia afuera en el conducto de escape del aceite.

Cuando el gobernador releva y desplaza sus fuerzas de balance el motor adquiere una velocidad constante la válvula (1) no se mueve y se mantiene la presión con el aceite que está en contacto con el pistón de tal forma que se mantiene a régimen al motor. La presión del aceite de admisión (A) oprime el pistón (2) hasta que los pasajes de aceite (C y D) son abiertos nuevamente si se requiere más presión de aceite. Y en el caso en que el flujo de aceite atraviesa los pasajes (D) a lo largo de la válvula (1) y hacia afuera a través del escape del aceite (B) entonces deja de haber presión en el pistón y la varilla de regulación detiene el movimiento esto indica que el conductor ha tomado el control en la dosificación de la bomba de inyección (acelerar) (figs. II.41 y II.42).

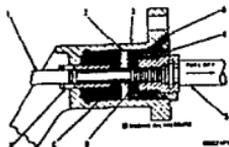


FIG. II.41

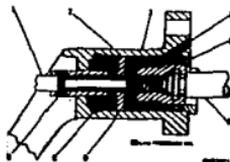


FIG. II.42

Cuando el gobernador se mueve en la dirección de cierre de combustible, esto es, cuando se obstruye el paso de combustible a través de la varilla de regulación que por la cremallera que tiene, acciona el movimiento del pistón de la bomba de inyección, la válvula (1) se mueve hacia la derecha. La válvula cierra el pasaje de escape del aceite (B) y abre el pasaje (D). La presión del aceite para la admisión en (A) es ahora a ambos lados del pistón (2). El área del pistón es más grande en su lado izquierdo que en su lado derecho. Por lo que la fuerza del aceite es de mayor magnitud al ejercer en el área de mayores dimensiones en este caso en el lado izquierdo del pistón, que lo desplaza junto con la varilla de regulación para que de esta forma

sea más rápida la regulación en el motor y lo lleve a su régimen de operación.

II.24.b) Radio de Control de combustible (Carterpillar).

Este dispositivo es un auxiliar en la regulación de combustible cuando el motor arranca o trabaja entre el régimen de marcha en vacío o ralenti y la máxima con carga para que se evite una excesiva emisión de humo en la combustión. Este dispositivo cuenta con las siguientes partes: 1, cámara de aire de admisión; 2, montaje de diafragma; 3, válvula interna; 4, pasaje de desagüe de aceite; 5, admisión de aceite; 6, varilla; 7, muelle; 8, pistón; 9, pasaje de aceite; 10, cámara de aceite y, 11, palanca (fig II.43).

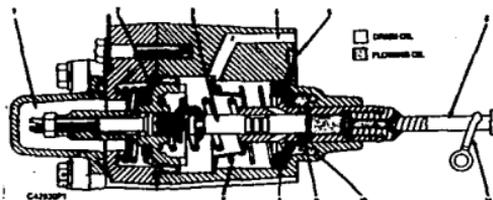


FIG. II.43

Este dispositivo depende de un mecanismo que es accionado por la presión neumática y la presión hidráulica, la primera proviene de la presión del múltiple de admisión y la hidráulica de la presión de aceite del motor. El límite de la cantidad del radio de control del combustible del cilindro durante un incremento de velocidad del motor (aceleración) reduce el exceso en las emisiones de humo. Propiamente ajusta y minimiza la cantidad de hollín en el motor.

Su funcionamiento en el encendido del motor, consiste cuando la varilla (6) mueve la palanca (11) la cual puede estar restringida por el movimiento de la varilla de regulación únicamente en la dirección de apertura de combustible en la inyección.

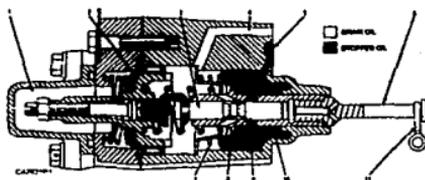


FIG. II.44

Con el motor parado, ahí no hay presión del aceite en el dispositivo y la varilla (6) se extiende completamente en la posición de encendido del motor como se muestra en la figura II.44.

El movimiento de la varilla de regulación y la palanca (11) no es restringida por la palanca (6). Esta toma el máximo de combustible para hacer mas sencillo el encendido del motor.

Cuando la presión de aceite llega al control de regulación, el flujo de aceite del motor entra hacia la cámara de aceite y con esto la presión del aceite cambia y ejerce sobre el pistón (8) y la varilla (6) mueve la palanca de restricción y el humo es limitado mediante el ajuste de la cremallera de la varilla de regulación.

La varilla (6) no podrá moverse para el límite del ajuste de la cremallera aunque la presión el múltiple se incrementara a través del movimiento interno de la válvula (3). A esta línea se conecta el múltiple de admisión que llega a la cámara de aire (1) en el radio de control de combustible.

En el caso en que el motor esta acelerado y el gobernador es desplazado por el aumento en la demanda de combustible en el motor, la varilla (6) limita el movimiento de la palanca (11) en la dirección de la varilla de regulación en la apertura de combustible. El aceite en su cámara (10) actúa en la restricción del movimiento de la varilla (6) debido a que hay un incremento en la presión del aire.

La admisión de aire incrementa la presión sobre el montaje del diafragma (2) y la válvula interna (3) se mueven a la derecha. La válvula interna abre el pasaje de aceite (9) y este dentro de su cámara (10) avanza por el pasaje de drenado (4) que permite que el aceite reduzca su presión y se dirige por detrás del pistón (8), el muelle (7) mueve el pistón y la varilla por su misma tensión hasta que el movimiento del pistón llegue al pasaje de aceite que en este instante esta cerrada por la válvula interna (3) y la palanca (11) que puede moverse ahora por el accionamiento del pistón, dejando que la varilla de regulación se dirija a la posición de apertura de combustible.

El radio de control de combustible está designado para restringir el paso de combustible hasta que la presión del aire en el múltiple de admisión sea lo bastante alta para completar la combustión. Esto evitará los grandes aumentos de emisiones de humo causado por una mezcla aire-combustible con una muy rica cantidad de combustible.

II.25 INYECTORES Y PORTAINYECTORES

El rendimiento y la eficacia de un motor diesel dependen esencialmente de su equipo de inyección. La combustión del diesel, el grado de perfección con que el mismo se quema y el factor tiempo en relación con la operación completa, depende en gran proporción de los inyectores que se empleen, ya que ellos determinan la pulverización del chorro, su penetración en la carga comprimida de aire de la cámara de combustión y la mezcla de las diminutas partículas de combustible con aire suficiente para su completa combustión.

En el motor diesel el aire es comprimido dentro de la cámara de combustión a una presión de 35 a 40 atmósferas (Kg/cm^2), lo que implica que su temperatura se eleva entre 500 y 600 °C; el combustible, inyectado en el aire que alcanza esta elevada temperatura, se inflama por sí solo.

El proceso de combustión resulta más perfecto y la eficiencia del motor es más elevado cuando los gases de escape contienen el mínimo de combustible insuficientemente quemado. Una combustión deficiente da lugar a que el motor produzca humo. Resulta, pues, que únicamente podrá lograrse una combustión perfecta cuando se somete el combustible a un proceso o acondicionamiento adecuados.

Las condiciones imprescindibles son las siguientes:

- a) Que el combustible al ser inyectado en la cámara de combustión sea distribuido en ella de un modo perfecto.
- b) que el chorro de inyección sea perfectamente pulverizado, con el fin de que el combustible se mezcle perfecta e íntimamente con el aire de la cámara de combustión para que, en el momento preciso, se efectúe su inflamación.

El fin que persiguen los constructores de los motores diesel es conseguir una combustión a presión constante, o sea relacionar la cantidad del combustible inyectado con el tiempo disponible para la inyección, asegurando así que la presión del combustible resulte lo más constante posible; en otros términos, durante el tiempo de la inyección se debe inyectar precisamente por cada grado de giro del árbol del cigüeñal la cantidad justa de combustible que puede ser quemada en este lapso de tiempo.

El inyector asume la mayor importancia en el cumplimiento de las condiciones, puesto que interviene primordialmente en el perfecto acondicionamiento del combustible.

II.25.a) Montaje del portainyector.

El montaje de un porta inyector en la cabeza debe garantizar un buen enfriamiento (fig.II.45). Los orificios para el portainyector y su inyector en la cabeza tienen que ser absolutamente cilíndricos.

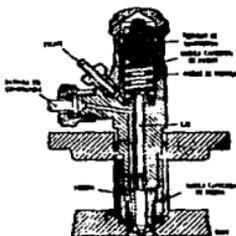


FIG. II.45



FIG. II.46

La construcción fundamental de un portainyector puede verse en la figura II.46.

Los tipos corrientes de portainyectores van sujetos al motor por medio de una brida (fig.II.47a), o por medio de una rosca (fig.II.47b), o por medio de un tornillo de unión (fig.II.47c).



FIG. II.47

La conexión de las tuberías de presión se efectúa a través de los raccords o, tratándose del tipo de la figura II.47b, por intermedio del tapón roscado del portainyector. El raccord del tubo de presión lleva a veces, para mayor seguridad, un filtro de arista. Este filtro está destinado a retener aquellas partículas que podrán desprenderse del interior de las tuberías de presión, desprendimientos que pueden producirse en las manipulaciones de quitar, poner o recambiar piezas, o bien por los efectos de las trepidaciones o vibración.

El canal de presión dentro del cuerpo del portainyector conecta con la ranura anular del cuerpo del inyector y de esta manera forma una comunicación del inyector en al tubería de presión de la bomba de inyección. El inyector está sujeto a través de una tuerca de unión con la extremidad pulida del portainyector. En la parte superior de este se encuentra un muelle helicoidal que ejerce presión sobre la aguja, encontrándose intercalado un perno de presión. La tensión ajustada del muelle, determina la presión de apertura del inyector, presión que puede graduarse por medio de un tornillo de regulación. Los tipos de portainyectores que no están equipados con un tornillo de

regulación, permiten un ajuste de la tensión del muelle añadiendo pequeñas arandelas de regulación calibradas.

El tornillo de regulación tiene un orificio a través de toda su longitud para abarcar una aguja comprobadora que permite cerciorarse (quitando la protección roscada) si el inyector trabaja, lo que se manifiesta por vibración claramente perceptibles al tacto. La fuga de combustible que se observa a lo largo de la aguja es indispensable para asegurar su lubricación, ya que sin esta lubricación la aguja, con el tiempo, podrá quedar pegada en su conducto. Este combustible que fluye pasa después junto al perno de presión y vuelve, por la tubería de retorno, al depósito.

II.25.b) Los inyectores y su funcionamiento.

Los inyectores más empleados y a los cuales se van a describir, son los de la marca Bosch o Bosch-Lavalette, pertenecientes al tipo cerrados, con aguja accionada por la presión de combustible. Se construyen para presiones de inyección de 80 a 300 atmósferas, según el ajuste del muelle de presión del portainyector.

Los inyectores son de dos clases principales: *de espiga* (fig. II.48) y *de orificios* (fig. II.49).

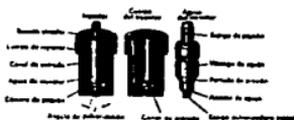


FIG. II.48

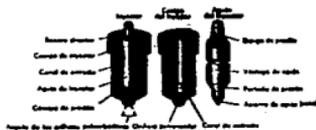


FIG. II.49

El cuerpo de la aguja de los inyectores son piezas fabricadas con aceros especiales de alta calidad y ajustadas una contra otra por medio de una rectificación tan precisos que no pueden ser intercambiadas; es decir hay que considerarlas como una sola unidad, y en caso de sustitución siempre hay que cambiar el conjunto completo.

Durante el ciclo de la inyección, el combustible hace el recorrido siguiente: tubería de presión, *raccord* de la tubería y canal de presión del portainyector, ranura anular, canales de entrada, cámara de presión y orificios pulverizadores del inyector, para llegar, finalmente, a la cámara de combustión.

Una vez inyectada la cantidad de combustible proporcionada por la bomba, la fuerza del muelle de presión, a través del perno intermediario (de presión) y la espiga de la aguja, obliga a esta última a recuperar su asiento y el

inyector queda así cerrado hasta que se reanuda el ciclo de presión.

II.25.c) Detalles de los diversos tipos de inyectores

II.25.c.1) Los inyectores de espiga.

Dentro de esta clase existen diversas variantes que corresponden a las características de construcción del motor.

El extremo de la aguja del inyector tiene la forma de una espiga, de construcción especial, que entra con un poco de juego en el orificio pulverizador del cuerpo del inyector. Variando las dimensiones y la forma de la espiga (figuras II.50, II.51 y II.52) se logra una adaptación de chorro de inyección a las distintas exigencias. Además, la espiga mantiene el orificio limpio de incrustaciones carbonosas.



cónico



cónico



cilíndrico



cilíndrico

FIG . II.50

FIG . II.51



cilíndrico

cilíndrico (punta cónica)

cilíndrico (punta cónica)

FIG . II.52

La figura II.51 muestra un inyector de espiga con punta cilíndrica que produce un chorro de pequeña amplitud, mientras que, en cambio, en la figura II.50 la espiga del inyector es de punta cónica y proporciona un chorro más amplio.

Estos inyectores de espiga se utilizan en motores que tienen buena turbulencia de aire, como son los dos tipos de antecámara, con acumulador de aire o con cámara de turbulencia. En estos motores, el acondicionamiento de la carga se logra a través de la turbulencia eficaz del aire y lo favorece la forma adecuada del chorro. La presión en estos tipos de inyectores de espiga alcanza de 80 hasta 125 Kg/cm².

El inyector que se presenta en la figura II.52 es un inyector de espiga en la que esta tiene dimensiones

especiales y produce el llamado efecto *estrangulador*. Este efecto consiste en que, debido a la forma bien estudiada de la punta pulverizadora, se consigue una especie de preinyección.

La aguja al abrir el paso destapa, en los principios de su movimiento ascendente, una abertura anular muy estrecha y da salida solamente a una cantidad muy reducida de combustible finamente pulverizado. A medida que va subiendo la aguja (forzada por la presión creciente) va aumentando la sección de paso y, al llegar al final de la carrera ascendente de la aguja, se efectúa finalmente la inyección de la parte principal. Si las cámaras de encendido y combustión del motor son apropiadas, con este tipo de inyector puede lograrse una combustión perfecta y una marcha suave del motor, puesto que el aumento de presión se efectúa gradualmente.

II.25.c.) Los inyectores de orificios.

En los inyectores de orificios, la aguja no termina en forma o en formas como los de espiga, sino en punta cónica, que es una proporción de su superficie sirve de asiento.

Existen tipos con orificio único y con orificios múltiples. Los primeros tienen un solo orificio pulverizador (fig.II.53a), llamado también de tipo de orificio central, o bien en disposición lateral (fig.II.53b).

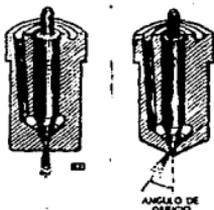


FIG. II.53



FIG. II.54

En los modelos con orificios múltiples (fig II.54) forman un ángulo llamado *ángulo de orificio* (figs.II.55 y II.56). Este ángulo va hasta los 180° y para conseguir una buena distribución del combustible inyectado dentro de la cámara de combustión, se han previsto hasta doce orificios, generalmente en disposición simétrica.

Como es lógico, el diámetro y la longitud de los orificios tienen influencia sobre la forma de chorro y su poder de penetración. En los inyectores de ejecución corriente los orificios de pulverización tienen un diámetro de 0.2 mm en adelante aumentando de 0.05 en 0.05 mm.

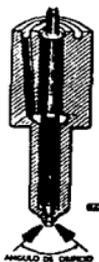


FIG. II.53



FIG. II.54

Los inyectores con orificios se utilizan en los motores con inyección de chorro directo, y en ellos el inyector de este tipo asume la parte principal del acondicionamiento del combustible. La presión de apertura de estos inyectores es, generalmente, de 150 a 200 Kg/cm².

II.25.c3) Inyectores con orificios y con refrigeración por aceite.

En algunos motores, en especial los de gran potencia, pueden producirse temperaturas elevadas, debido al uso de combustible pesado, que los inyectores tienen que ser refrigerados especialmente. El cuerpo de estos inyectores lleva tres orificios; uno de ellos sirve para dar entrada al combustible, mientras que por los otros dos se efectúa la salida y la entrada del aceite refrigerante. La parte inferior del cuerpo del inyector tiene una rosca de doble paso, protegida hacia su exterior por una envoltura de refrigeración (fig.II.57).

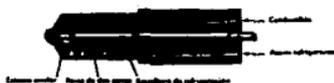


FIG. II.57

II.25.c4) Consideraciones finales acerca de los inyectores:

La clase y tipos de inyector adecuados para cada motor depende del sistema de combustión de este, así como de la forma de la cámara de combustión.

En general, en los motores de inyección directa se utilizan los inyectores de orificios; para los motores de antecámara, de inyección directa y con acumulador de aire, se prefieren inyectores de espiga.

El inyector tiene que ser adecuado para la potencia y el consumo de combustible, la duración de la inyección, la presión de esta y el ángulo de pulverización.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

II.26 LAS CAMARAS DE COMBUSTION Y SUS CARACTERISTICAS

Dentro de las características de los motores de encendido por compresión, el combustible se inyecta en un periodo de tiempo correspondiente a la rotación del cigüeñal en un ángulo variable entre 20° y 35°. En este breve periodo de tiempo el aire y el combustible tienen que mezclarse íntimamente; es evidente que las mayores dificultades se encuentran en los motores rápidos. La cámara de combustión ha de diseñarse de modo que consiga que el mezclado se lleve a cabo.

Para los motores rápidos se han ideado muchos tipos diferentes de cámaras que pueden reagruparse en dos grandes categorías según como sea la introducción de combustible si se hace "directamente al cilindro" o bien a una "cámara separada o precámara" comunicada al cilindro a través de un paso de dimensiones reducidas.

En las cámaras a inyección directas el grado de turbulencia creado por la forma de la cámara es relativamente bajo si se le compara con las de precámara. Para el mezclado se necesita una excelente pulverización de combustible a través de unas perforaciones bastante pequeñas, con alta presión. La fuerte pulverización permite conseguir el necesario contacto entre las partículas de combustible y aire.

Las precámaras también son llamadas a turbulencia porque el efecto del paso entre el cilindro y la cámara de aire que entra a gran velocidad adquiere un movimiento muy turbulento.

En las cámaras de turbulencia, los inyectores tienen por lo general un único orificio y la presión de inyección del combustible es considerablemente menor porque el elevadísimo grado de turbulencia permite el mezclado con el combustible inclusive sin una gran pulverización.

A propósito de la turbulencia el aire a alta velocidad en la cámara arrastra y reduce el extracto laminar de gas adherido a las paredes. Como este extracto tiene un efecto aislante, su reducción causa una gran transmisión de calor entre los gases de la combustión y la pared de la cámara por la cual la temperatura en el interior disminuye. Por esta razón el arranque en los motores con precámara es menos fácil. Por esto, para superar las dificultades, a menudo se emplean dispositivos especiales para aumentar la temperatura del aire en la cámara de combustión en el fase de arranque. Uno de estos es la bujía de arranque o resistencia de arranque, que consiste en una resistencia eléctrica, instalada en al cámara de combustión, que se calienta por el efecto de la corriente de una batería. La bujía se hace funcionar por un tiempo breve, antes de arrancar el motor, y se apaga en cuanto el motor se pone en marcha.

11.26. a) Cámaras de combustión a inyección directa.

El combustible es directamente inyectado en la parte superior del cilindro: el pistón es plano o levemente conformado.

Como la turbulencia no es muy elevada, las pérdidas de calor a través de las paredes de la cámara son relativamente bajas y el arranque es fácil.

Para conseguir una buena penetración y dispersión de las gotitas de combustible se necesita una alta presión de inyección y un inyector de perforaciones múltiples. Estos tipos de cámaras son adecuados solo para motores lentos en los cuales la inyección se prolonga por un periodo de tiempo bastante largo por lo que el retraso del encendido hace sentir su influencia en menor medida; por esto pueden usarse combustibles de baja calidad con mayor retraso en el encendido.

En los motores rápidos es necesario reducir el tiempo de inyección y por lo tanto hay que darle al aire un movimiento turbulento bien determinado. Esto se produce por la corriente que llega desde el conducto de admisión dirigida tangencialmente al cilindro. La dirección y la velocidad del vórtice son un factor muy importante que requiere, para su optimización, en relación con las características de la inyección, de un profundo estudio de la fluidodinámica para dar al conducto de admisión la forma y la sección más convenientes. En ciertos casos se ha adoptado un deflector sobre la válvula. La turbulencia se acentúa después en la cavidad de la parte superior del pistón.

Para distribuir bien el combustible y al mismo tiempo para impedir que gotas demasiado grandes lleguen a depositarse aun sin quemar sobre las paredes relativamente cercanas, el líquido se subdivide en varios chorros pequeños que tienen la adecuada penetración; por esto el inyector tiene diferentes orificios de salida que necesariamente son muy pequeños. La construcción de los inyectores es por lo tanto muy delicada. Las perforaciones demasiado pequeñas pueden obturarse incluso por la formación de depósitos de carbón o de lacas.

También con el uso de inyectores de varias perforaciones es difícil, especialmente a bajos regímenes y fuertes cargas, aprovechar bien el combustible y es necesario recurrir a un notable exceso de aire (a costa también de la potencia específica, aunque no del consumo específico que se mantiene bajo porque el rendimiento térmico se mantiene alto) y a una suficiente turbulencia.

Los motores modernos de 4 tiempos tiene en su mayoría la cámara de combustión formada en la cabeza del pistón; solo en algunos tiene la cámara formada enteramente por la cabeza; de estos, se indican dos ejemplos en las letras (e) y (g) de la figura 11.58

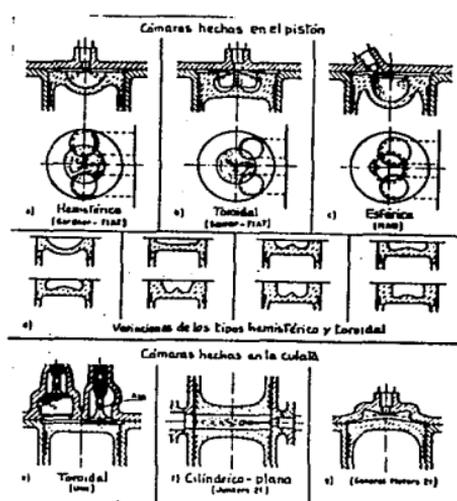


FIG. II.26

El consumo específico de combustible que puede conseguirse con las cámaras a inyección directa es normalmente comprendido entre 217 y 260 g/KWh que constituye lo mejor que puede lograrse en los motores de encendido por compresión de 2 a 4 tiempos no sobrealimentados. La combustión en la cámara a inyección directa se caracteriza por los altos valores de gradiente de presión y por una cierta sensibilidad al grado de adelanto, que varía mucho con el número de revoluciones y con la carga del motor. Son puntos críticos de alta temperatura del pistón y una cierta delicadeza en el funcionamiento del inyector. Sin embargo las innovaciones tecnológicas han permitido superar también estas dificultades y en la actualidad la inyección directa se aplica, salvo raras excepciones, a todos los tipos de motores diesel que tienen cilindros de diámetro superior a 90 mm.

II.26.b) Precámaras de alta turbulencia.

Las cámaras separadas de precombustión desarrolladas en un período de 50 años con la intención de reducir las emisiones de humo y el ruido del motor diesel ha sido gradualmente abandonadas para dejar lugar a la inyección directa. Actualmente, después de una progresiva selección, se usan casi exclusivamente para motores de cilindrada inferior a los 600 cm³ por cilindro, en su forma de precámara de alta turbulencia tipo *Comet*.

El espacio dentro del cual se produce la combustión esta formado por dos cámaras de las cuales una, "la principal", esta en el cilindro, comprendida entre el pistón y la cabeza, y la otra, "la precámara", está en la cabeza. Las dos cámaras están comunicadas entre si por medio de uno o más agujeros de sección relativamente pequeña como se muestra en la fig. 11.59a. El volumen de la cámara de precombustión puede variar entre 0.3 y 0.7 del volumen total.

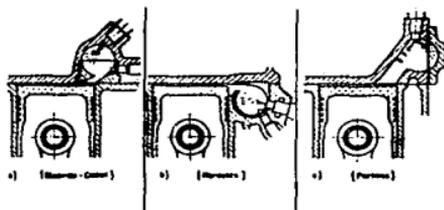


FIG. 11.59

El combustible es inyectado, hacia el final de la carrera de compresión, por el inyector dispuesto en la cámara de precombustión cuyo chorro dirigido hacia el paso que comunica a esta última con la cámara del cilindro.

Una parte del combustible se quema en la cámara de precombustión provocando en ella un aumento de presión; en consecuencia, el combustible aún sin quemar es proyectado hacia la cámara principal donde se encuentra el aire necesario para completar la combustión. La cámara de precombustión constituye así una especie de segundo sistema de inyección, regulado únicamente por la primera combustión, que en ella se desarrolla.

Desde el punto de vista del desarrollo de la combustión puede observarse que la sección de las perforaciones de combustión entre las cámaras resulta óptima solo para un número de revoluciones de valor medio; a baja velocidad y en la aceleración bajo carga la combustión se desarrolla rápidamente en relación a la velocidad angular de la manivela, con un buen rendimiento térmico, pero con tendencia a un funcionamiento ruidoso y áspero, mientras que a alto número de revoluciones la combustión se completa en mayores ángulos de manivela, con disminución del rendimiento térmico, pero con un funcionamiento más suave.

Contribuye también hacer difícil el arranque la poca fineza de pulverización característica de inyector de orificio único. Para evitar este inconveniente, generalmente se dispone en la cámara de combustión una pequeña resistencia eléctrica, llamada "bujía de incandescencia" que, en el momento del arranque, recalienta el ambiente interior.

Las precámaras de alta turbulencia se distinguen por tener la precámara con tendencia a la esfericidad y al canal de comunicación al cilindro, en una dirección tal que se produzca un enérgico movimiento rotatorio del fluido en el cilindro.

La sección del canal es relativamente grande, por lo que mientras limita el valor de las presiones máximas durante la combustión, no opone una excesiva resistencia al paso del aire en la fase de compresión.

Gracias a la fuerte turbulencia es posible el uso de inyectores de agujero único; sin embargo por esto, como la turbulencia disminuye con el número de revoluciones, el comportamiento de la cámara empeora a regímenes bajos y cargas fuertes.

La cámara a turbulencia clásica es la que fue ideada por Ricardo, por él llamada Comet, como se muestra en la fig. II.59a.

Para facilitar el arranque puede montarse en el inyector una tobera provista de un agujero subsidiario orientado hacia el canal de la entrada (*inyector Pintaux*).

La cámara ilustrada en la fig. II.59b, adoptada por la Hércules, difiere de la del tipo Ricardo por el hecho de que la cámara esférica está puesta en el cuerpo del cilindro en vez de la cabeza. La sección del conducto de comunicación con el cilindro disminuye en el último tramo de la carrera del pistón; este artificio sirve para mantener una buena velocidad del aire en la entrada de la cámara, y por lo tanto una buena turbulencia, incluso cuando el pistón alcanza las cercanías del P.M.S.. Otra ventaja de esta cámara reside en el hecho de que la cabeza es muy sencilla, es más simple la disposición de las válvulas y su refrigeración. Para el arranque en frío es necesario el precalentamiento del bulbo esférico mediante una bujía de incandescencia.

El consumo específico que puede conseguirse en las precámaras es alrededor de los 270 a 325 g/kwh. Este valor más alto que el de los motores a inyección directa es una de las principales razones que han inducido a la mayoría de los fabricantes a abandonar el sistema de precámara. Sin embargo actualmente todos los motores rápidos de pequeña cilindrada con cilindros de diámetro inferior a 90 o 95 mm son con precámara del tipo Comet o con ligeras variaciones.

Constructivamente la cámara de inyección directa es la más sencilla y por lo tanto la menos costosa. Además tiene la gran ventaja de los consumos específicos inferiores. La razón la cabeza, uniformemente refrigerada, no necesita piezas de materiales especiales como sucede en los demás tipos. No existen excesivas dificultades de arranque. Las dificultades relativas a los inyectores son menores para las cilindradas más grandes, porque al ser menores los diámetros de los orificios disminuyen las posibilidades de obturación.

Por lo tanto, en líneas generales puede decirse que la inyección directa es siempre preferible cuando las dimensiones del motor sean tales que permitan el uso de

inyectores con perforaciones de sección bastante grande como para eliminar todo riesgo de obturación.

Las principales ventajas de los motores con precámara de combustión en comparación con los de inyección directa son:

- 1) menores presiones máximas y por lo tanto funcionamiento más suave.
- 2) menores presiones de inyección.
- 3) inyectores de agujero único.
- 4) posibilidad de alcanzar regímenes de rotación más alto y por lo tanto potencias específicas superiores en los motores de pequeña cilindrada).

En conclusión la comparación entre los motores de inyección directa y los de inyección indirecta puede resumirse del modo siguiente:

Característica	I.D	I.I
Potencia específica	menor	mayor
Consumo específico	menor	mayor
Presión máx. sobre pistón	mayor	menor
Arranque	mejor	peor
Simplicidad constructiva	mayor	menor

Las ventajas del consumo específico, de la mayor simplicidad constructiva y del arranque más fácil han orientado al fabricante hacia los motores de inyección directa.

II.27 FILTROS DE COMBUSTIBLE Y AIRE

El funcionamiento correcto de los motores diesel rápidos solo es posible cuando se adoptan grandes precauciones para filtrar el combustible que ha de alimentarlo.

Ha. que tener en cuenta que el diesel tiene una mayor densidad que la gasolina. En efecto, el primero tiene una densidad de 0.85, mientras que la segunda de 0.72. y, por lo tanto, el diesel mantiene en suspensión las impurezas mejor que la gasolina.

Por otra parte, no hay que olvidar que las piezas que forman el conjunto de alimentación de un diesel rápido para camión o para vehículo de turismo fig. II.60 son de gran precisión, como, por ejemplo, los elementos y embolos de la bomba de inyección y los inyectores, en los cuales si una sola partícula de impureza se interpone en el orificio y la aguja, es capaz de rayar o encasquillar dichas partes originando, gastos elevados de reparación además de la consiguiente inmovilización del vehículo.

Por otra parte, si la partícula sólida llega a pasar a los cilindros puede rayar el pistón o el cilindro, o bien

situarse en el asiento de la válvula. Se ha podido comprobar que una bomba de inyección ha efectuado, sin sustitución de algunos de sus elementos, 500,000 Km de servicio.

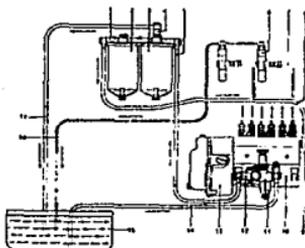


FIG. II.60

Lo más importante es la instalación de filtros convenientes, empezando por el filtro de bomba de alimentación, llamado *antefiltro*, puesto que está colocado antes del filtro principal y es el primero por el que pasa el diesel, sigue el filtro *principal*, que acostumbra a ser un filtro escalonado, indicado por 2 y 3 en la fig.II.60, y eventualmente, siguen los filtros íntimos, incorporados generalmente en la entrada de los inyectores como, por ejemplo, el filtro de arista, que puede verse en el portainyector.

El antefiltro, que está colocado en la entrada de la bomba de alimentación, indicado por 11 en el esquema de la fig.II.60, tiene por misión evitar el paso de las impurezas de tamaño relativamente grande. Está formado por un cuerpo de vidrio de pared gruesa, o también de pared de chapa, que tiene dentro un colador o tamiz de tela metálica, y con el se puede decir que se retienen las tres cuartas partes de las impurezas sólidas o semisólidas.

II.27.a) El filtro principal.

El *filtro principal*, correspondiente a 2 y 3 de la figura II.60, se trata de un filtro escalonado (fig.II.61), el cual tiene por objeto de retener todas las impurezas, como partículas de óxido, etc., que hayan podido escapar del antefiltro y se hallen en suspensión en el combustible, para que no penetre ni en la bomba ni en los inyectores. Este filtro debe retener partículas del orden de milésimas de milímetro, las cuales, a pesar de su tan reducido tamaño, pueden originar un considerable desgaste en diferentes elementos del sistema de inyección, especialmente en los embolos de la bomba y en los inyectores. No hace falta añadir que resulta mucho más económico conservar los filtros en buenas condiciones de funcionamiento que verse obligado a

poner piezas de la bomba, y por esta causa no debe hacerse trabajar el motor sin los respectivos filtros montados.

Este filtro escalonado consta de un filtro grueso y de un filtro fino colocados uno detrás del otro con tapa común (7) de ambos filtros (fig. II.61).

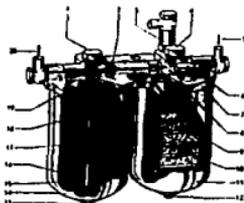


FIG. II.61

La pieza filtrante del filtro fino es de papel y no puede limpiarse, por lo que hay que cambiarlo por otro nuevo cuando se ensucie; en cambio, la pieza filtrante del filtro grueso, formada por un paquete de placas de fieltro (10), puede limpiarse agitándola a un recipiente que contenga gasolina, después de lo cual se volverá a emplear. Siempre que se cambie el aceite deberán evacuarse los residuos y limpiar.

Para que el filtro pueda funcionar perfectamente, es preciso evacuar o purgar el aire que haya podido introducirse en el sistema de alimentación, por que las burbujas de aire originan interrupciones en el servicio del sistema de inyección (fig. II.62).

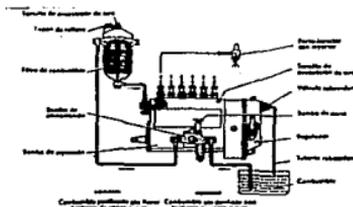


FIG. II.62

El filtro no requiere de reemplazo alguno mientras proporcione paso suficiente de combustible. Una eventual disminución del motor o fallas momentáneas en el funcionamiento del mismo, pueden ser originados por la falta de combustible por la obstrucción parcial del filtro.

En el caso de presentarse irregularidades en el funcionamiento del filtro, debe revisarse primero el antefiltro, el que está colocado a la entrada de la bomba de

alimentación y, especialmente, el *raccord* de la conexión de las tuberías de alimentación de la bomba de combustible, así como el tamiz y colador de tela metálica del vaso de vidrio.

II.27.b) Filtro con colador.

Cuando va un solo filtro principal se acostumbra a utilizar el filtro con colador que se presenta en la figura II.63, en la que puede verse que a la entrada del

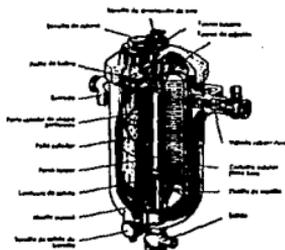


FIG II.63

combustible se encuentra un paño colador que va apoyado sobre una plancha perforada. Así el combustible tiene que atravesar este paño colador, y luego la plancha perforada, para pasar después por el cartucho celular de filtro fino.

A causa de las vibraciones, cierta suciedad, que queda retenida antes de atravesar el filtro, cae y llega a depositarse en el fondo del cuerpo del filtro. Para eliminar de vez en cuando estas impurezas, se abre el tornillo purgador para darles salida.

II.28 FILTRO DE AIRE PARA LA ALIMENTACION

Con el fin de retener todas las impurezas del aire que va destinado a la combustión del motor, debe ser comprimido de manera adecuada, se utiliza un filtro de aire con baño de aceite. El aire, una vez purificado por dicho filtro, pasa por un codo de goma al colector de admisión, que es común para todos los cilindros. Desde el colector, en el que pierde turbulencia, el aire pasa por tres cortos tubos que desembocan en la cabeza.

Dicho filtro de aire, con baño de aceite (fig.II.64), consta esencialmente de una caja (3), de la pieza filtrante(4), del depósito de aceite (7) y de los cierres (6) fijados por soldadura.

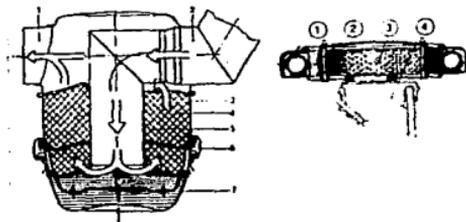


FIG. 11.64

El aire, aspirado a través del raccord (2) del tubo central, pasa por el baño de aceite, donde es humedecido y sometido a un filtro previo. El aceite, arrastrado por el aire, humedece la parte inferior en la parte filtrante, que retiene la mayor parte del polvo contenido en el aire. En la parte superior de esta pieza se separan del aire los últimos restos de polvo, así como las partículas de aceite que pudieran haber sido arrastradas.

Las impurezas separadas del aire se depositan, en forma de residuo pastoso, en el depósito de aceite (7) y el aire purificado sale del filtro por el raccord (1) en dirección al colector de admisión del motor.

11.29 REFRIGERACION DE LOS MOTORES LENTOS (BOMBAS-REFRIGERANTE)

Todos los motores lentos están refrigerados por agua con circulación forzada, con la excepción de los pocos en los que, por condiciones especiales de instalación, se puede hacer circular el agua por gravedad. El agua entra por la parte baja del cilindro para subir a la cabeza y salir de esta hacia un colector.

En los motores con pistones de gran diámetro, para solucionar los problemas de transmisión de calor desde la zona central hasta la periferia del pistón, se recurre generalmente a un sistema de refrigeración por líquido. En los motores de doble efecto, además, al faltar la acción de refrigeración del pistón por radiación y por borboteo del aceite, la refrigeración por líquido se presenta como la única solución posible del problema.

El líquido refrigerante puede ser el agua o bien el aceite del circuito de refrigeración.

En el primer caso el agua se toma del circuito principal de refrigeración del motor se lleva a la cabeza del pistón mediante un sistema de tubos telescópicos, estos están provistos de dispositivos de sellado llamados simplemente *prensa estopas*, las cuales tienen que ser muy eficientes para evitar que eventuales escapes puedan

contaminar el aceite y, en el caso de los motores de doble efecto, que el pasar a la cámara de combustión inferior puedan dar lugar a la formación de depósitos salinos.

II.29.a) Bomba de agua

Las bombas de agua se usan en el sistema de refrigeración por circulación forzada. Siempre son del tipo centrífugo, porque son sencillas y adecuadas para obtener grandes caudales con pequeñas elevaciones. Son aspirantes o impelentes según el circuito que puede ser antes o después del motor. Están formadas por un cuerpo, casi siempre de fundición o de aluminio fundido, comprende el conducto de entrada y el de salida de agua y contiene el rotor como se muestra en la figura II.65.

El agua entra por el centro y frontalmente al motor, y es centrifugada por este hacia el colector espiral.

El rotor puede tener álabes curvos o radiales, aislados o unidos por una pared de fondo. Está construido de bronce, fundición o aluminio, o a veces de chapa; el eje que lo soporta está generalmente construido de acero cementado o nitrurado; para evitar oxidaciones o rayaduras muchas veces está cromado o construido de acero inoxidable.

Una junta adecuada asegura la inexistencia de filtraciones de agua a la salida del eje por el cuerpo de la bomba. Actualmente las juntas de sellado hermético casi universalmente usadas son de anillo de grafito, deslizante frontalmente por un superficie metálica (acero inoxidable o fundición) que forma parte del rotor o del cuerpo de la bomba. El anillo de grafito, soportado por un diafragma de goma, es presionado contra la superficie metálica por un resorte; el conjunto puede fijarse al cuerpo de la bomba o al rotor como se muestra en la fig.II.65. Estos tipos de junta pueden asumir diferentes formas constructivas según las condiciones de uso.

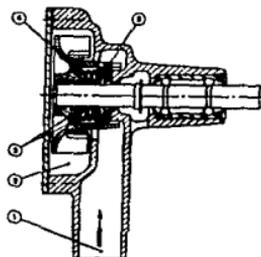


FIG. II.64 Bomba de agua con junta de sellado rodante.

1. Entrada de agua.- 2. Colector.- 3. Envoltura.-
4. Prensaestopa.- 5. Anillo de grafito.

Los cojinetes del eje de la bomba son generalmente rodamientos, sencillo o dobles. El movimiento es transmitido desde el cigüeñal, generalmente por medio de una transmisión de bandas o engranajes.

Las dimensiones de la bomba dependen del caudal que está debe impulsar y de la elevación necesaria para compensar las pérdidas de carga a través del circuito de refrigeración y del caudal necesario para refrigerar el motor.

II.29. b) Radiadores

El radiador tiene la función de transferir al aire el calor extraído del motor por el líquido refrigerante.

Dado el bajo valor del coeficiente de transmisión de calor de la superficie del radiador al aire, es necesario, como en el caso de los motores refrigerados con aire, hacer la superficie de transmisión lo suficientemente extendida.

Los radiadores están compuestos por dos depósitos colectores; uno de llegada y el otro de salida del agua, y por el bloque radiante.

En relación con el sistema de construcción del bloque radiante se distinguen dos tipos fundamentales de radiadores, los radiadores de tubo de agua (radiador tubular), y los radiadores de tubo de aire (radiadores de panel), como se muestra en la figura II.65.

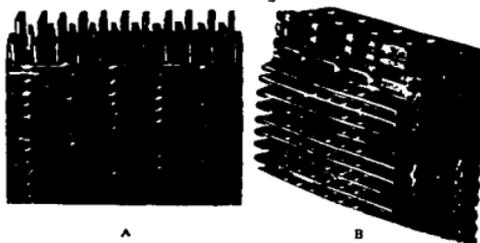


FIG II.65

El bloque o el cuerpo del radiador tubular esta formado por numerosos tubos de sección circular o bien aplanados, que unen directamente a los dos depositos. Los tubos, por dentro de los cuales pasa el agua, están provistos de aletas, individualmente con láminas enrolladas en espiral o colectivamente en láminas que los unen a todos. Esta segunda solución es la más usada en las aplicaciones automovilísticas por la sencillez de fabricación y por la robustez del conjunto. Los tubos están unidos a las láminas y a los depósitos mediante soldadura a estaño o a presión. Las láminas están conformadas de modo que aumenten la turbulencia del aire de ventilación, con el fin de aumentar el coeficiente de transmisión de calor.

El bloque del radiador de panel esta formado por placas de lámina conformadas de modo que van unidas unas con otras, para formar unos pasos tubulares para el aire de ventilación. Los pasos tubulares están abocinados en los extremos, en donde se soldan las láminas que están en contacto. El agua pasa por el espacio creado entre las superficies exteriores de los tubos de aire.

Estos pueden tener sección circular, cuadrada o cualquier otra. También en el tipo de panel se consigue aumentar convenientemente la turbulencia del aire mediante una estudiada conformación de las láminas.

A igualdad de superficie total de transmisión el radiador de panel transmite el calor mejor que los radiadores tubulares; sin embargo, por razones de costo, de dimensiones y robustez, los radiadores tubulares son preferidos, habiéndose ya abandonado el uso de los radiadores de panel.

Todos los radiadores son de corriente o flujos cruzados, el flujo de aire atraviesa el bloque radiante en dirección perpendicular al flujo de agua.

Los tubos de los radiadores para vehículos se construyen generalmente de chapa de latón o de aluminio de un espesor de unos 0.6 mm; los depósitos son de chapa de latón o de acero estañados o emplomados, o bien de material plástico.

La cantidad de calor disipada por un radiador esta expresada aproximadamente por la fórmula:

$$Q = K_1 A (t_{\text{agua}} - t_{\text{aire}})$$

donde K_1 es el coeficiente global de transmisión de calor definido con respecto a la superficie total expuesta al aire, A es esta superficie, t_{agua} y t_{aire} son respectivamente las temperaturas medias del agua y del aire que atraviesan el radiador. El coeficiente de transmisión K_1 depende de la forma del radiador y de la turbulencia del aire.

II.29.c) Ventiladores y termostatos

Los ventiladores se usan para activar la ventilación del aire de refrigeración en los radiadores o directamente en los motores refrigerados por aire.

En la mayoría de los motores refrigerados por aire, salvo algunas aplicaciones especiales, o en radiadores que por su disposición no tienen ventilación natural, se necesitan ventiladores más eficientes. En estos casos se usan ventiladores centrífugos o axiales provistos de numerosas aspas.

Los ventiladores en general están contruidos de chapa de acero o también de materiales plásticos; en raras ocasiones, de aluminio. Están impulsados, en la mayor parte de los casos, por bandas de caucho de sección trapezoidal. En la actualidad esta difundido el uso de ventiladores eléctricos que tienen la ventaja de ser puestos en

funcionamiento solo cuando la temperatura del líquido refrigerante supera el valor preestablecido.

Los termostatos son dispositivos sensibles a la temperatura, usados para la regulación de la refrigeración.

Las variadas formas constructivas se distinguen según el tipo de elemento sensible a la temperatura en ellas contenido. Este puede ser el líquido que se evapora fácilmente como se muestra en la figura II.66, en el cual el líquido de alta presión de vapor esta contenido en una capsula extensible en forma de fuelle.

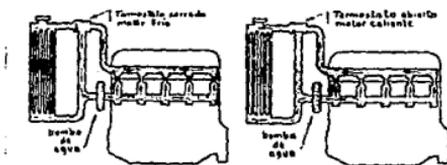


FIG. II.66 Esquema de regulación termostática

A veces los termostatos están provistos de un resorte bimetalico formado por dos láminas de materiales de diferente coeficiente de dilatación, superpuestas y soldadas.

Los termostatos se usan para actuar en una persiana que restringe el caudal del aire de refrigeración o para mandar una válvula que regula el caudal del agua del radiador, cortocircuitando el agua excedente, o bien mezclando adecuadamente el agua caliente procedente del motor con el agua más fría proveniente del radiador.

II.30 CIRCULACION DEL ACEITE LUBRICANTE

En los motores para vehículos y para aviación se emplea exclusivamente el sistema de lubricación por circulación forzada.

El sistema de circulación forzada citando como ejemplo el de un motor de combustión interna de encendido por compresión (fig II.67), el aceite es aspirado por la bomba en el cárter o en un depósito especial, es enviado a presión a los filtros y después, mediante diferentes canalizaciones, a las partes que hay que lubricar. Las canalizaciones están en parte en el monoblock, la cabeza y en la bancada y en las partes mismas que deben ser lubricadas: el cigüeñal, el árbol de levas, las bielas, las válvulas, los balancines, en el turbocargador y parte en el gobernador hidráulico.

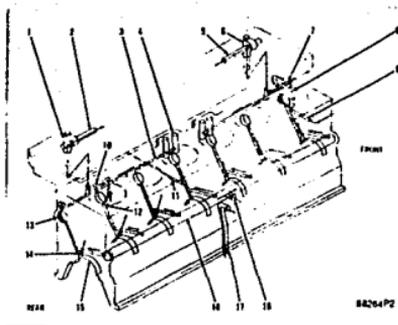


FIG. II-67. Circulación del aceite de lubricación

- 1- Abrazadera de balancín. 2- Arbol de balancín. 3- Pasaje de aceite de entrada. 4- Valvula de regulación de entrada. 5- Aceite de lubricación para el arbol de balancines. 6- Abrazadera de balancín. 7- Cavity de aceite suplementario de la abrazadera. 8- Pasaje de aceite para accesorios. 9- Pasaje de aceite para muñón del arbol de levas. 10- Pasaje de aceite para lubricación de válvulas. 11- Pasaje de aceite para lubricación del arbol de levas. 12- pasaje de presión de la bomba de inyección al gobernador. 13- Lubricación de bancada del arbol de levas. 14- Conducto de lubricación de bancada de cigüeñal. 15- Bancada. 16- Múltiple de aceite. 17- Pasaje de aceite para la bomba de aceite. 18- Pasaje para el aceite enfriado y el filtro.

La canalización principal es aquella que conduce directamente el aceite a los cojinetes de bancada; consiste en una perforación practicada en la bancada o en un tubo que une todos los sombreretes de los descansos. El aceite, a través de los cojinetes de bancada, penetra en el cigüeñal y, pasando por los agujeros hechos en los codos, va a lubricar los cojinetes de las bielas.

También por medio de las canalizaciones ramificadas el aceite llega a las entradas de la cabeza donde se encuentran los balancines y las válvulas, para finalmente subir a las venas de lubricación que por medio de sus orificios penetran a la flecha del turbocargado y finalmente retorna al cárter. Una de las ramificaciones que salen de la canalización principal llega a una tubería que esta acoplada al gobernador hidráulico y hace la función de proporcionar la fuerza que sobre el área del pistón produce la presión que lo desplaza y acciona el mecanismo de regulación del gobernador.

El filtro esta intercalado generalmente en el circuito antes de la tubería principal, por lo tanto se le llama filtro de caudal total; el filtro puede estar instalado en paralelo con el circuito principal en cuyo caso se le llama

de caudal parcial. Los filtros, especialmente los eficientes, provocan una resistencia al paso del aceite.

II.30.a) La válvula de limitación de presión

Puede aplicarse al cuerpo de la bomba, en cuyo caso pone generalmente en cortocircuito una parte del aceite. Cuando en cambio esta acoplada al cuerpo del filtro o la tubería principal, descarga el exceso de aire directamente en el cárter. La toma para el manómetro de control de la presión esta casi siempre aplicada a la tubería principal.

Una de las ramificaciones que arrancan de la canalización principal conducen el aceite a los cojinetes del árbol de levas y a los engranajes de distribución acoplados al cigüeñal, y es intermitente.

II.31 BOMBAS DE ACEITE Y FILTROS

Las bombas usadas para la circulación forzada son de engranajes, de lóbulos o bien de paletas deslizantes. Las bombas de engranajes exteriores, son en la mayoría de los casos las más usadas porque son sencillas y de funcionamiento seguro, pero también se usan bombas de engranaje interiores. Así mismo se usan en los vehículos las bombas de lóbulos.

Los filtros para el aceite se pueden fabricar de diferentes formas: el elemento filtrante puede ser una malla o red, o una serie de mallas metálicas cuando se trata de retener impurezas de dimensiones no demasiado pequeñas, o bien puede ser un cartucho de paño o papel de otro material poroso.

Están muy difundidos, por su altísima eficiencia. los filtros llamados de cartucho se muestran en la figura II.68.

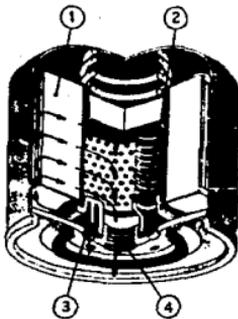


FIG. II.68

El cartucho, fácilmente reemplazable, esta formado por una masa de hilos de algodón trenzados e impregnados de un reactivo químico (Alquiliminas), o bien por discos de papel de características especiales, superpuestos unos a otros. El cartucho esta generalmente contenido en un recipiente cilíndrico de chapa; además de la acción mecánica de retención de impurezas físicas del lubricante, el cartucho también posee regenerador en cuanto fija la acidez y la retiene sin crear productos nocivos.

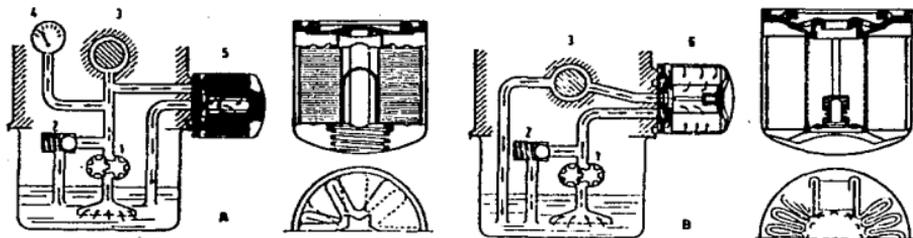


FIG. 11.69

Los filtros de cartucho pueden intercalarse en el circuito de lubricación de dos maneras: en paralelo y en serie. En el primer caso como se muestra en la fig. 11.69, a través del filtro pasa una parte del aceite puesto en circulación por la bomba; el sistema se le llama caudal parcial. En el segundo caso a través del filtro pasa todo el aceite puesto en circulación por la bomba; el sistema se le llama de caudal total (en ingles full-flow).

11.32 LA SOBREALIMENTACION EN LOS MOTORES DIESEL

La sobrealimentación se adapta mejor a los motores diesel que a los motores a gasolina en la cual está limitada por la detonación.

En efecto, en los motores diesel el aumento de la presión tiende a reducir el retraso del encendido y por lo tanto hacer la combustión menos violenta. Por lo tanto con la sobrealimentación se puede introducir una cantidad suplementaria de aire y de combustible para aumentar la potencia hasta el límite de emisión de humo.

El trabajo absorbido por el compresor puede ser proporcionado por una fuerza externa o bien, de modo más directo por el mismo motor el cual se aplica un compresor. En todo caso es necesario que el compresor tenga un rendimiento adiabático y un rendimiento mecánico lo más alto posible para evitar una excesiva absorción de potencia.

En general, para no alcanzar presiones máximas del ciclo demasiado altas, la relación de compresión volumétrica

se mantiene más baja que los de aspiración natural, pero este hecho reduce un poco el rendimiento térmico (fig.II.70).

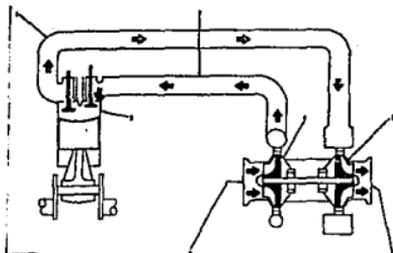


FIG . II.70 Sistema de sobrealimentación de aire
1- Gases de escape. 2- Admisión de aire. 3- Cámara de combustión. 4- Turbocargador. 5- Turbina. 6- Aire turbocargado. 7- Gases de escape.

La mayor parte de los motores diesel hoy en día son sobrealimentados gracias a la disponibilidad de los turbocargadores eficientes y confiables.

El rotor de la turbina es normalmente de flujo centrífugo para los motores pequeños, o bien de flujo axial como se muestra en al figura II.71, para motores grandes.

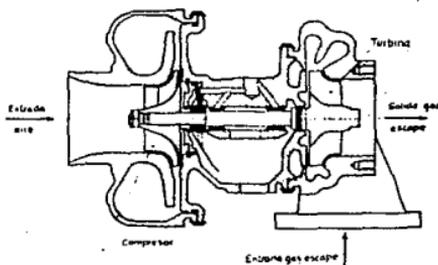


FIG . II.71

Generalmente el rotor es único, tiene un solo salto de presión. La turbina de tipo centrífuga comprende una carcasa en caracol que distribuye el fluido directamente sobre la circunferencia exterior del rotor o mediante un distribuidor. Este consiste en una serie de deflectores que dirigen los gases de escape hacia los álabes del rotor con un ángulo adecuado. Parte de la entalpía de los gases de escape se transforma en energía cinética.

II.32.a) Tipos de cargadores en los motores diesel

En los motores de dos tiempos para vehículos se usaron en el pasado compresores volumétricos, generalmente del tipo Roots.

En los grandes motores lentos las bombas de barrido y sobrealimentación eran generalmente de émbolo. Conviene recordar que en los motores de dos tiempos la función primaria del compresor es la de completar la fase de barrido antes o al mismo tiempo que la de alimentación.

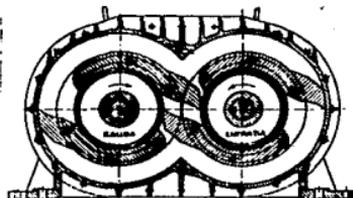


FIG II.72

El primero, ilustrado en la figura II.72, está constituido por dos rotadores cilíndricos tubulares provistos de oportunos pasos para el aire desde el interior hacia el exterior de uno de ellos y desde el exterior hacia el interior del otro. Unos lóbulos sobre el exterior de los rotadores transportan durante el movimiento del aire desde el primer al segundo rotor. Los rotadores giran en sincronismo gracias a engranajes de alta precisión.

II.32.b) El turbocargador en los motores diesel

El turbocargador centrífugo que funciona gracias a la energía obtenida de los gases de escape es, la solución más conveniente.

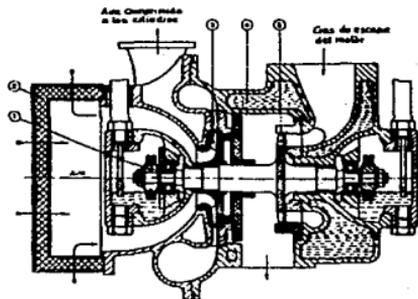


FIG. II.73

La turbina es de flujo axial en los turbocargadores de mayores dimensiones como se muestra en la fig. 11.73, o bien radial centrípeta como en los turbocargadores para vehículos industriales.

El compresor es siempre del tipo centrífugo, que funciona gracias a la energía obtenida de la turbina, generalmente es de una etapa. La turbina y el compresor son constructivamente muy similares a los de las turbinas de gas. Se diferencian sobre todo por los materiales y las formas de los rotores, por ser las relaciones de compresión generalmente más bajas, son de diseño más sencillo y por lo tanto de construcción más fácil sin que por esto se sacrifique la eficiencia del conjunto.

Para la fabricación de los turbocargadores pequeños, destinados a los motores de potencia limitada, han tenido que superarse notables dificultades de construcción debido a las reducidas dimensiones de los álabes de los rotores y a la alta velocidad de rotación. Basta con pensar en las condiciones de funcionamiento de los cojinetes que giran a altísimas velocidades sometidos a la acción del calor; estos requieren de especiales precauciones en lo referente a la instalación y a la lubricación con el fin de obtener una durabilidad suficiente y seguridad de funcionamiento.

Los regímenes máximos de rotación de los turbocargadores para grandes motores y medios no superan normalmente las 20.000 rpm, mientras que para los más rápidos frecuentemente se excede de las 30.000 rpm. En los motores diesel para vehículos se alcanzan incluso las 70.000 rpm. En las aplicaciones normales de turbocargador no gira normalmente al régimen indicado como máximo sino que, según las condiciones de funcionamiento del motor, gira a regímenes variables entre el máximo y el aproximadamente 1/3 del máximo.

Cuando no se necesita un aumento de potencia especialmente alto, la presión de sobrealimentación está contenida a 1 bar o menos. Con el aumento de la temperatura, causado por la compresión, se reduce la densidad del aire y aumentan las condiciones térmicas de los elementos del motor relacionados con la combustión. Cuando se alcanzan valores superiores a los 1.5 a 2 bar, es necesario refrigerar el aire a la salida del compresor mediante un intercambiador de calor. Recientemente, hay turbocargadores provistos de intercambiadores de calor en los que se han alcanzado presiones de sobrealimentación de 2.5 bar o más. Con el perfeccionamiento constructivo y las mejoras en la eficiencia de los intercambiadores, se perfila la posibilidad de alcanzar relaciones de presión del orden de 3 a 4.

La temperatura de los gases de escape a la entrada de la turbina no supera los 773 a 823 K porque generalmente el diesel sobrealimentado funciona con un exceso de aire mayor que el motor de alimentación natural: en algunos casos en que toda la carga del aire se aprovecha (por ejemplo en el

funcionamiento de la sobrecarga) la temperatura puede alcanzar incluso los 773 K (700° C).

II.32.c) Resultados con la sobrealimentación

- El incremento de la potencia, con el empleo de buenos compresores volumétrico, varía normalmente del 25 al 50%.

- Con la sobrealimentación mediante turbocargador, los aumentos de potencia en motores de construcción normal, oscilan entre el 30 y el 50%.

- En el caso de los motores con turbocargadores provistos de intercambiadores de calor para refrigerar el aire antes de la entrada de los cilindros, con presiones de sobrealimentación del orden de 1 bar, incrementos de potencia notablemente superiores.

- En relación con el número de cilindros y con el modo de conexión entre cilindros y turbina se distinguen los siguientes tipos de sobrealimentación:

- A impulsos
- A convertidor de impulsos
- A impulsos múltiples
- A presión constante

El primero y segundo caso implican, una doble entrada de la turbina.

El sistema de presión constante se llama así porque transforma los impulsos del gas a una presión media constante en un colector de gran capacidad antes de la entrada de la turbina.

Este sistema, que permite alcanzar altas potencias específicas, se adapta tanto a los motores de 4 tiempos como a los de dos tiempos.

II.33 EL MECANISMO DE DISTRIBUCION

Según la disposición de las válvulas, los motores son de *válvulas laterales* o de *válvulas de cabeza*.

La disposición de los mecanismos es la misma para todos los motores con válvulas laterales, variando solamente en detalles. El árbol de levas está situado en el *monoblock* o en la bancada, por lo cual es soportado por los cojinetes generalmente de bronce, y está impulsado por el cigüeñal por medio de *engranajes cilíndricos* o bien por una cadena que puede ser de rodillos, o dentada. En los motores para vehículos, cuando el mando es por engranajes, estos, por razones de evitar ruido en la transmisión, se construyen con dientes helicoidales. El árbol está generalmente perforado en sentido longitudinal y radialmente, a la altura de los soportes, para recoger y distribuir el aceite lubricante.

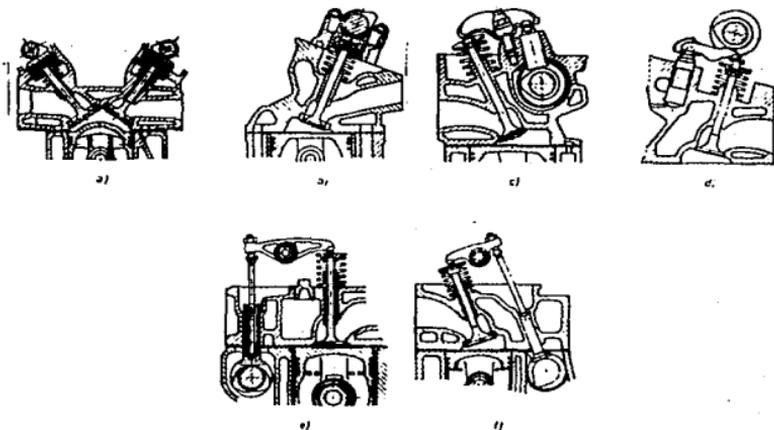


FIG II.74 Mecanismos de la distribución

a) Con 2 ejes de levas en la cabeza. b), c), y d). Con 1 eje de levas en la cabeza. e), f) Con eje de levas en el bloque.
 a), b) Con recuperación del juego mediante sustitución de la pastilla de apoyo entre válvula y leva. c), d) Con sujeción hidráulica de recuperación del juego. e), f) Con regulación por tornillo sobre el balancín.

En los motores con válvulas de cabeza el mando puede realizarse según los diferentes arreglos ya mencionados. En la figura II.74 se ilustran los esquemas y variantes de mando más comúnmente usados en vehículos. Como puede observarse, los medios de regulación del juego son diferentes: los más usados son de espesor variable o de tornillo.

El árbol de levas puede ser lateral (e, f) monoblock o en la cabeza (a, b, c, d). Cuando esta en el monoblock (disposición que facilita el mando desde el cigüeñal), el movimiento alternativo del empujador es transmitido a la válvula por medio del balancín. Cuando esta en la cabeza el mando de la válvula puede ser directo o bien indirecto, en éste último caso el intermediario es un balancín del tipo normal (c) o bien tipo dedo (d). La cadena o engranajes puede servir para mandar también partes auxiliares, como la bomba de agua, el gobernador mecánico centrífugo, la bomba de inyección y un compresor, etc. Todo el mecanismo esta cubierto por una o más tapas de chapa, de aluminio, o bien incluso en algunos casos por material plástico, que en la mayoría de los casos deben ser fácilmente removibles para la accesibilidad de los engranes.

CAPITULO III**TIPOS DE MANTENIMIENTO EMPLEADOS**

III.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO EMPLEADOS

III.1.a) Definiciones, objetivos y métodos:

Con la introducción de la maquinaria dentro de los métodos modernos de construcción ha sido necesario catalogar ciertas actividades involucradas íntimamente al uso y al aprovechamiento del equipo: estas actividades se conocen como *mantenimiento*.

III.1.a.1) Mantenimiento:

Se denomina *mantenimiento* a aquella serie de actividades que dirigida por una o un grupo de personas, tiene como fin lograr y asegurar el aprovechamiento más ventajoso de las máquinas y equipo que otros elementos de una organización necesitan para el desempeño de sus funciones y obtener la óptima recuperación de la inversión. Esta inversión puede ser maquinaria, materiales o mano de obra.

III.1.a.2) Antecedentes de mantenimiento:

En el pasado se acostumbraba a tratar con el personal de mantenimiento, sólo cuando las máquinas fallaban, de tal manera que sólo se hacían reparaciones en las máquinas.

En aspectos administrativos y contables a menudo se refiere al mantenimiento como una sobrecarga o gravamen a las utilidades de la empresa, el personal de mantenimiento aparece como personal no productivo.

Otro concepto equivocado y un tanto generalizado es que el mantenimiento no puede ser controlado ya que el trabajo de mantenimiento es diferente a las operaciones rutinarias de producción.

Es cierto que el mantenimiento difiere del trabajo de producción en cuanto a su ciclo y sus dificultades para mantenerlo dentro de un marco de operaciones repetitivas que se ejecutan dentro de un período dado, una hora o un día con la misma máquina o herramienta, pero estos hechos no significan que pueden ser medidos o controlados adecuadamente. Algunas veces escuchamos "cuando mi personal de mantenimiento no tiene nada que hacer la planta esta trabajando bien y estamos haciendo un buen trabajo", esto es todavía un residuo del antiguo y mal administrado departamento de mantenimiento, donde los hombres se sentaban a esperar que ocurriera una emergencia.

Como conclusión de todos estos conceptos erróneos, se deduce también erróneamente que el trabajo de mantenimiento no puede ser planeado, medido o controlado, evidentemente todo lo anterior demuestra una visión corta del verdadero concepto de mantenimiento, cuyas consecuencias no se puede permitir más en la industria nacional moderna si se quiere mantener en una posición competitiva.

III.1.a2) Nuevo enfoque del mantenimiento moderno:

Se debe dar una nueva técnica a los conceptos relacionados con mantenimiento, convencidos de que más que un servicio para producción, es un modo para obtener mayor productividad para la empresa, al lograr mayores niveles de disponibilidad de los equipos productivos y consecuentemente mayor abatimiento de los costos.

Si se continúa con la idea de lo que debe ser mantenimiento alrededor de estos conceptos más amplios, necesariamente su operación será más efectiva y así el concepto de gastos por el de inversión en recursos humanos y económicos para el mantenimiento.

Estudios efectuados por personal especializado en el campo de mantenimiento durante los últimos veinte años han demostrado que su mejoramiento es básicamente un problema de como administrar la función en su sentido más amplio.

Hay una gran necesidad de aplicación de principios y herramientas administrativas a mantenimiento. La importancia de objetivos claramente establecidos no pueden dejar de enfatizar sin objetivos y el conocimiento claro de cómo van a ser alcanzados, los grupos de mantenimiento no pueden funcionar de una manera eficiente al faltar metas basadas en una cuidadosa evaluación subjetiva con respecto al nivel de mantenimiento requerido para los equipos y a su particular concepción de la función de mantenimiento con relación a todo el negocio.

Se reconoce, por lo tanto, la necesidad de aplicar todos los conceptos y principios administrativos a la actividad de mantenimiento.

Es así importante fijar objetivos para mantenimientos congruentes con los objetivos de la empresa, establecer las políticas y procedimientos que enmarquen sus actividades, prever una organización adecuada a las necesidades y desarrollar las herramientas que nos permitan medición y control de su actuación. Es conveniente advertir que este cambio de mentalidad no podrá efectuarse de la noche a la mañana estando involucradas personas. Se requiere de un proceso estudiado cuidadosamente para ir cambiando costumbres y hábitos arraigados por mucho tiempo, pero es necesario reconocer que este cambio es posible y que debe iniciarse en los niveles administrativos de la empresa. Los objetivos o postulados básicos que enmarcan la actividad de mantenimiento pueden definirse como sigue:

- Minimizar los tiempos perdidos de producción debidos a mantenimiento.
- Reducir los costos de mantenimiento y lograr el uso más efectivo de cada peso gastado.
- Optimizar el uso de la mano de obra de mantenimiento, herramientas, equipos y materiales.
- Lograr el control más efectivo de calidad de trabajo, horas invertidas y material usado.

La función del mantenimiento dentro del total de la empresa, la dirección o gerencia de la empresa tiene la

responsabilidad de asegurar que en toda la organización cada función logre sus objetivos individuales y por otra parte mantener la armonía que permita un trabajo de equipo, condición indispensable para lograr los objetivos de la empresa; la función de mantenimiento de la empresa por ser cada vez de mayor importancia, es indispensable que funcione con más importancia dentro de ese equipo, que no obtendrá totalmente sus resultados sin la participación efectiva del mantenimiento.

El responsable del mantenimiento por lo tanto debe admitir como condición indispensable para obtener buenos resultados, integrarse al equipo evitando trabajo individualista y poniendo lo que está de su parte para lograr la colaboración de las demás funciones. Deberá analizarse con el mayor cuidado posible y en forma sistemática y objetiva, quienes son para el mantenimiento los demás integrantes del equipo, con los cuales no es solamente conveniente sino en la mayor parte de los casos indispensable trabajar en armonía.

El análisis de este trabajo de equipo debe principiar por identificar cuáles son las otras funciones de la empresa con la cual se tiene una relación de trabajos y como un simple ejemplo se puede mencionar que en la mayoría de las empresas la función de mantenimiento, tendrá una relación estrecha con producción, contabilidad, almacenes, ingeniería, proyectos, etc., este es el caso en el cual se aplica el principio de que: la conjunción de esfuerzos individuales en forma armónica dará un resultado mayor que en el de la suma de esfuerzos individuales.

III.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

III.2.a) Mantenimiento predictivo:

La característica de este tipo de mantenimiento es teórico, es decir es la planeación del mantenimiento, es más una filosofía que un método de trabajo, se basa fundamentalmente en detectar una falla antes que suceda, para dar tiempo a corregir sin perjuicios al servicio.

Se basa con análisis estadístico de vidas útiles de piezas y las características de sus materiales así como su resistencia mecánica en los conjuntos, el análisis físico de la pieza de desgaste, el análisis de laboratorio y el diagnóstico de campo.

Este mantenimiento predictivo nos proporciona el programa de mantenimiento preventivo, pronósticos de cambios y reposiciones o plantear alternativas que permitan rediseñar en caso de que se presenten deficiencias o fallas demasiado frecuentes en los conjuntos de la maquinaria, datos para el reemplazo económico, esto significa que con la aplicación adecuada del mantenimiento predictivo se han acabado los siguientes problemas:

- Sustituir en forma rutinaria partes costosas sólo por estar del lado seguro.
- Saber qué tiempo de vida le quedan a rodamientos, aislamientos, recipientes, engranes, elementos del motor, transmisiones, etc.
- Dar útiles recomendaciones en la operación óptima y obtener el mayor aprovechamiento, en la utilización de los equipos.
- Suspender el servicio fuera de programa por fallas imprevistas dentro de los métodos para el mantenimiento predictivo mencionaremos los siguientes:

III.2.a.) Análisis estadístico

Este consiste en recopilar toda la información posible sobre el equipo e instalaciones que se van a proteger, en nuestro caso en máquinas para construcción. Si se da a la máquina "tractor sobre orugas" la identificación de sistema sus diferentes conjuntos como: motor, transmisión, mandos finales, etc.. serán los subsistemas, es posible controlar y predecir estadísticamente la vida útil de cada uno de estos conjuntos y se trata de determinar las posibilidades de falla.

Sub-sistemas	nueva (hrs.)	mantenimiento (hrs.)
Motor	8,000	5,000
Transmisión	7,500	5,000
Tránsito	2,500bujes/500*	4,000
Mandos finales	6,000	5,000

* Reconstrucción de cadenas, zapatas y rodillos

Se han tomado estos conjuntos como los más básicos del tractor como ejemplo de las partes que requieren más atención del mantenimiento se ha encontrado que en el caso del motor se tiene una vida promedio desde nueva de 8,000 horas de trabajo, tiempo en el que se realiza el cambio de este conjunto o se procede a su reparación después de la reparación la vida promedio de este motor es de 5,000 horas de trabajo, tiempo que nuevamente debe programarse su mantenimiento mayor o reemplazo de conjunto.

Estas horas promedio en lo que se refiere al motor, transmisión y mandos finales son datos puramente estadísticos, lo cual nos obliga a ser una reparación o un cambio de conjunto como parte del mantenimiento preventivo, pero existe la seguridad que en realidad que esta reparación o reemplazo sea necesario en este tiempo para cada máquina, es decir, no se sabe el desgaste interno de sus piezas, posteriormente se observará que ya existe un sistema de análisis de laboratorio el cual eficazmente nos ayuda a predecir el tiempo exacto de reemplazo o reparación.

En el caso de subsistema de tránsito se ha encontrado que la vida promedio, desde nuevo, de este conjunto es sobre

5,000 horas, siempre y cuando se haya realizado un giro de pernos y bujes a las 2,500 horas, todavía es posible pensar en aprovechar al máximo estas piezas, procediendo a la reconstrucción de cadenas, zapatas y rodillos, los cuales después de reconstruidos tienen en conjunto una vida promedio de 4,000 horas.

III.2.2) Análisis físico:

Este análisis nos ayuda a controlar la velocidad de desgaste de las piezas y/o conjuntos mediante la medición directa de las mismas y así poder pronosticar su durabilidad. Así por ejemplo en nuestro caso ~~se~~ puede realizar esas mediciones directamente sobre los conjuntos de tránsito y equipo móvil.

Es completamente indispensable efectuar este tipo de análisis, pues generalmente las recomendaciones de las partes de la maquinaria mayor han sido obtenidas en condiciones ideales de laboratorio, no ajustándose a las que imperan en el campo de trabajo.

Así pues un método indicativo que servirá para verificar si se está abusando demasiado en el uso de las partes o conjuntos del equipo.

Si este tipo de análisis se pueden efectuar comprobaciones directas y si las condiciones lo permiten hacerlas en el mismo lugar de trabajo, con ello se podrá proporcionar un dato un tanto preciso de las condiciones que guardan las piezas o el conjunto.

Es necesario llevar registros de estas inspecciones en cada máquina para poder estimar cuando es indispensable cambiar cierta parte, si la forma de desgaste de las piezas es normal o incorrecto al establecer normas, si las piezas tienen vida útil menor que lo establecido por el fabricante, la conveniencia de efectuar cambios en el diseño o de materiales en los componentes de la máquina y todo aquello que llegue a afectar a las partes o conjuntos que estén sujetos a mayor concentración y repetición de esfuerzos perjudiciales. No quiere decir con ello que se debe revisar todo el conjunto partes de difícil acceso.

Sino las partes más fundamentales en el funcionamiento de la máquina o las que pongan en peligro al personal o a otros componentes auxiliares importantes, como pueden ser los cables, rodamientos, poleas, etc., además es recomendable el revisar a las partes de bajo precio, porque pueden afectar al funcionamiento del conjunto (por ejemplo: rodamientos, bujes, rondanas, pernos, etc.), que también deberá sujetarse al análisis físico.

III.2.3) Mantenimiento preventivo:

Este mantenimiento es la aplicación práctica del mantenimiento predictivo, es característica principal la de detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en su momento oportuno, es decir, incluye todo el ajuste de mecanismos hasta cambio de conjuntos, además de aplicarse es

menos costoso y consume menos tiempo que el mantenimiento correctivo.

Es necesario distinguir desde el principio los beneficios y las ventajas que pueden alcanzarse directamente por este sistema contra los que arrojan en comparación con otros procedimientos, el no hacer esta distinción ha conducido en reconsiderar en el uso del término "preventivo", los resultados directos que se pueden prever son los siguientes:

- Los trabajos están señalados en la fecha debida.
- Da tiempo para programar las reparaciones.
- Da como resultado un funcionamiento más eficiente del equipo.
- Aumenta la productividad. consiguientemente disminuye el costo por maquinaria parada, se incrementa el número de horas disponibles y el equipo se encuentra en óptimas condiciones durante las horas de trabajo.

Se puede considerar que este tipo de mantenimiento consiste en: inspecciones periódicas, lubricación, reconstrucción de partes, ajustes, comprobaciones, reemplazo de piezas, corrección de desgastes prematuros, buenas prácticas de orden y vigilancia, y todas aquellas condiciones que conducen a los paros imprevistos, tanto en la producción como en las depreciaciones perjudiciales. Esta serie de operaciones se deben efectuar cuando se encuentran en un estado inicial y de fácil control.

III.2.2a) Programación

Para llevar a cabo esta fase del mantenimiento preventivo y éste se realice de la mejor manera posible, para si tener resultados positivos, será necesario desarrollar programas de las operaciones del mantenimiento preventivo en forma organizada y que cuente con todos los elementos necesarios para alcanzar los objetivos primordiales del mismo.

La elaboración de este tipo de programas es el punto de mayor cuidado dentro de la preparación, pues la aplicación de este tipo de programas debe coincidir para que se realice en su totalidad sin ningún contratiempo, además implica que su ejecución se efectúe rigurosamente, por lo que se debe establecer medidas de control que permitan saber en cierto momento si el programa esta funcionando o si debe ejecutar ciertos ajustes para que el programa continúe su desarrollo en la mejor forma.

En la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, se deberá estudiar los puntos tales como:

- Conocer y analizar los objetivos básicos de la empresa de donde se piensa aplicar tal, para poder establecer el mantenimiento de sus equipos acorde a sus propósitos.

- El conocer a fondo el equipo que se maneja, y tener conocimiento de las necesidades, planes, períodos y ritmos de operación.
- Estudiar y tomar en cuenta la capacidad junto con la habilidad del personal tanto del mismo mantenimiento como del que se encarga de su operación.
- Establecer investigaciones en caso que sea necesario (por ejemplo en el caso de llantas y rodamientos).
- Estudiar los diferentes planes de mantenimiento empleados en otras empresas constructoras y su aplicación en cada equipo en particular.
- Estudiar y establecer los controles necesarios e indispensables para que el plan pre-fijado se cumpla en lo posible en su totalidad.
- El dividir la plantación de las actividades en períodos para poder efectuar una evaluación de los beneficios, dificultades, modificaciones y fracasos durante una etapa predeterminada.

La elaboración de programas de mantenimiento preventivo dependerá en gran parte de los análisis, encuestas y estadísticas elaboradas durante el desarrollo del mantenimiento predictivo, de él se obtendrán todos los reportes de los equipos e instalaciones durante un año si se cree necesario o de más, los reportes se deberán analizar y anotar los costos totales por las descomposturas como pueden ser los causados por tiempos utilizados por los mecánicos, desperdicio de materiales y de los costos derivados por otras causas.

De acuerdo al análisis estadístico, físicos y de laboratorio, en los casos que se permita, es posible elaborar un programa tentativo de mantenimiento mayor para cada máquina que abarque períodos de un año de trabajo.

Suponiendo que en cierto mes se programen dos reparaciones, el siguiente mes una, el tercero cinco, el cuarto una, el sexto dos y el séptimo una, aparentemente esto nos obligará a disponer en el tercer mes de un mínimo de personal especializado para realizar las cinco reparaciones programadas.

III.2.b) Mantenimiento correctivo

Es el mantenimiento realizado después de la falla, ya sea por síntomas claros, avanzados o por la falla total, es el mantenimiento fuera de programa y origina cargas de trabajo incontrolables ya que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo, su ejecución inmediata es imperativa, es decir, obliga al pago de horas extras, se interrumpe al servicio y a la producción. Hay necesidad de comprar todos los materiales en un momento dado, en resumen son las consecuencias lógicas cuando se sufre un accidente inesperado.

Esta forma de aplicar el mantenimiento impide el diagnóstico exacto de la causa que provoca la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por

desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural.

También a menudo por las exigencias de las obras, que los equipos de construcción se ven muy asediados de trabajo, dejando solo espacio para el reabastecimiento de lubricantes y combustibles, para posteriormente seguir con la labor productiva.

En el caso del equipo pesado, éstos se ven sometidos a una constante repetición de diversos esfuerzos de cierta importancia que causan pequeños desajustes en las diferentes partes de los equipos, por lo que estos desperfectos son corregidos y simultáneamente se sustituyen las partes dañadas, mediante el mantenimiento preventivo y posteriormente son mandados nuevamente a su labor en el menor tiempo posible.

La maquinaria mayor además de los esfuerzos a que se ve sometida tiene un sin número de agentes perjudiciales, entre éstos está el medio ambiente que ataca en diversas formas a la maquinaria pesada con mayor o menor cantidad.

Comunmente la acción del medio ambiente no se observa inmediatamente, sino cuando ya se tienen estragos en el equipo; como por ejemplo cuando los equipos se encuentran trabajando en áreas donde hay tierra o arena suelta o en épocas de fuertes vientos, dichos equipos se verán lentamente afectados en diversos sistemas, en especial en el sistema de aire.

Este sistema se satura de polvo y otras partículas, por lo cual la maquinaria tendrá que pararse para cambiar el filtro de aire o limpiarlo, muchas son las ocasiones que no se dispone de elementos de filtración de reserva, para todos los equipos dentro de la obra, pues se piensa que hay facilidades de desplazamiento para hacer las compras, haciendo posible que se continúe usando los equipos sin sistemas de filtración para no causar un paro durante la ejecución al permitir la entrada libre de polvo, éste pasara por todos los conductos, especialmente por la precámara del motor, resintiéndose de inmediato, llegando a causar problemas en el equipo, propiciando el paro prolongado de este.

Esto requiere de su inmediata atención para ser corregido.

Casos similares se presentan al contaminarse los lubricantes, combustible y todo aquello que se llegue a modificar su estructura al ser atacado por el medio ambiente, una vez determinada la falla se necesitara interrumpir la producción, causando con ello gran desconcierto y rompiendo con la continuidad de la obra. Puesto que la maquinaria mayor actúa siempre coordinada con el menor y cualquier paro de la primera afecta al proyecto a realizar.

Una falla imprevista en el equipo, requiere un servicio de emergencia que se pueda dar dentro o fuera de la obra, según tenga la empresa a su disposición instalaciones además

para llevarla a cabo. Una empresa puede recurrir a la reparación general dentro de la obra, si esta no tiene un máximo grado de dificultad al disponer de medios o facilidades para lograrlo en la obra. Es importante que las reparaciones se realicen a la mayor brevedad posible, durante su ejecución esta se ve afectada por muchos aspectos negativos que hacen más difícil llevarla a su realización, entre ellos se tiene:

- El mantenimiento correctivo es el que se efectúa después de que la falla se ha presentado.
- La maquinaria requiere de él, después de la falla que ocasionó el paro en forma inmediata.
- Para llevarlo a la realización se requiere de instalaciones especiales y bien equipadas.
- La aplicación de este tipo de mantenimiento es imprevista y comúnmente de emergencia.
- Se duplican las funciones del personal de mantenimiento durante su colaboración.
- Dificulta la organización del mantenimiento por parte de la empresa por su imprevisión en la obra.
- La urgencia de la reparación inmediata, hace que se empleen los servicios de talleres foráneos.
- Por la complejidad de las reparaciones se requiere de personal calificado y de técnicos especialistas.
- Es necesario disponer de los catálogos de partes de la maquinaria, así como las especificaciones marcadas por el fabricante.
- Hay conjuntos que se deben reconstruir, cuando no fueron surtidos por el proveedor. Y si es necesario, mandarlos traer del extranjero por la escasez de estos.

III.2.c) Reparaciones de emergencia

Una reparación de emergencia se diferencia porque es imprevista la causa de que esta suceda es por el mantenimiento preventivo que se ha venido efectuando mal, olvidándose de corregir los defectos de los conjuntos, fugas, sobrecalentamientos, instrumentos en mal estado.

Otra causa es la mala operación, la que llega a someter a esfuerzos que causen desperfectos en los equipos, teniendo que efectuar reparaciones de emergencia, debiéndose revisar la máquina para determinar los trabajos que se deben ejecutar, en las posibles partes que han fallado y de las causas que dieron origen a este desperfecto.

De acuerdo con los elementos que se dispongan se verifica la posibilidad de efectuar la reparación en la propia obra, si esto es factible se comprueba con el almacén de refacciones y materiales si se cuenta con existencia para el reemplazo de partes o bien para ser reconstruidas.

Por ser imprevisto este tipo de reparación, las partes o conjuntos la mayoría de las veces no se tienen en existencia por lo que se aprovecha el tiempo para reacondicionar todos los conjuntos de la máquina para que esta se quede reconstruida en todas sus partes, cuando son

surtidas las refacciones se ensamblan a los conjuntos, se realizan pruebas en condiciones que se aproximen a las reales de operación, asegurando así el buen funcionamiento de la misma.

III.3 PROGRAMA TENTATIVO DE MANTENIMIENTO MAYOR

III.3.a) Ejecución:

La ejecución del mantenimiento se refiere a todos los tipos de servicios, que naturalmente incluirá la lubricación, limpieza, revisión y otros ya mencionados, el éxito de un programa de mantenimiento dependerá del conocimiento de lo que se debe inspeccionar o darle atención a la frecuencia con que se hará, para ello se deberá contar con las cartas de mantenimiento a diferentes períodos, en tales cartas se enlistan las necesidades de los equipos, por ejemplo en el caso siguiente de una revisión en la que se mencionan los puntos más comunes surgidos de la programación metódica del mantenimiento preventivo, así se inspeccionará:

- Todo lo que es susceptible de falla mecánica progresiva como corrosión y vibración.
- Lo que este expuesto a falla por acumulación de materiales extraños como es el caso de los filtros y resumeros de bancos de depósito.
- Lo que sea susceptible a fugas, como pueden ser los sistemas de combustible, sistemas hidráulicos y en las tuberías de distribución de diversos fluidos.
- A los elementos reguladores de: fuerza, energía, presión y temperatura.

El conjunto de diversas cartas de mantenimiento de una máquina de acuerdo con sus respectivas prioridades es en sí lo que frecuentemente se llama bitácora. Las bitácoras son en sí, la historia de la máquina o del equipo pesado de construcción que nos permite conocer su estado real en forma rápida y fácil. Frecuentemente es recomendable que los diversos reportes sean revisados antes de ponerse a transcribirlos a la bitácora. La buena práctica de llevar correctamente una bitácora nos indicará en cualquier momento de los servicios que se deben efectuar y todas las observaciones respecto a su comportamiento observado durante su operación.

Existen diversas formas de elaborar cada una de éstas, pero su principal contenido son las diversas cartas de mantenimiento o cartas de servicios a efectuar, elaborados a partir de los manuales y catálogos.

En aquellos se hace hincapié de las partes que son necesarias inspeccionar, además de determinar el servicio adecuado y de algunas ocasiones hasta de servicios que el

Para poder llevar a cabo una bitácora en el campo, es necesario auxiliarse de diversos reportes, controles y de diversos conceptos que varían con el grado de especialización dentro de la organización de la empresa, por lo tanto la ejecución junto con la preparación del mantenimiento preventivo, requiere de los siguientes aspectos:

- Modo de empleo de la bitácora.
- Los tipos de repercusiones dentro del mantenimiento.
- De las características de este personal que se dedica a este objetivo.

CAPITULO IV**PRACTICA Y DIAGNOSTICO DE LOS MOTORES DIESEL DE MAQUINARIA
PESADA**

IV.1 PRACTICA Y DIAGNOSTICO DE LOS MOTORES DIESEL DE MAQUINARIA PESADA

Tanto el mecánico-reparador que hace su trabajo confiando en encontrar la falla por casualidad, como el mecánico-reparador que procede de acuerdo con un método lógico, pertenecen a especies que se encuentran en los servicios de asistencia técnica y que es preciso conocer.

El mecánico-reparador de la primera especie suele trabajar desmontando piezas y volviendo a instalarlas hasta que, por casualidad y después de gastar mucho tiempo y dinero del cliente, acaba por encontrar la causa de la falla.

El mecánico de la segunda especie empieza por utilizar su cerebro. Se informa cabalmente del estado de la máquina y la examina metódicamente hasta encontrar la falla.

Hecho el diagnóstico, hace la contraprueba necesaria para confirmarlo y solo entonces comienza a desmontar las piezas o cambiar los componentes.

El mecánico de la primera especie se está convirtiendo en un tipo que pertenece al pasado, porque ningún concesionario puede permitirse hoy el lujo de darle trabajo a los precios actuales.

La complejidad de los sistemas del motor moderno exige un diagnóstico previo y la contraprueba que lo confirme, como la hace el mecánico-reparador metódico.

IV.1.a) Siete cosas básicas que hay que hacer:

Un buen programa para llegar a un diagnóstico y confirmarlo, puede consistir en los siete puntos siguientes:

- 1.- Conocer el sistema.
- 2.- Preguntar al operador.
- 3.- Probar la máquina.
- 4.- Revisar la máquina.
- 5.- Enumerar las fallas.
- 6.- Sacar una conclusión.
- 7.- Comprobar que la conclusión vale.

Veamos como se cumplen estos siete puntos.

IV.1.a.) Conocer el sistema:

En otras palabras: hay que aprovechar los ratos libres que deja el taller para estudiar los manuales técnicos de las máquinas. Hay que saber si se trata de un sistema abierto o un sistema cerrado, así como cual es el ajuste correcto del motor y sus elementos.

Hay que ponerse al día leyendo los últimos boletines de servicio que se van recibiendo. Estos boletines deben archiversarse después donde se tenga a mano para volverlos a consultar. El problema de la última máquina que acaba de aparecer en el mercado puede estar descrito en el último

boletín recibido, con la indicación de su causa y la manera de resolverlo.

Conociendo el sistema estará usted preparado para resolver cualquier problema.

IV.1.a2) Preguntar al operador:

Al igual que un buen periodista, el mecánico se informa detalladamente preguntando a un testigo - el operador.

El es quien le puede decir cómo trabaja la máquina cuando empezó a fallar y cual es la anomalía en el funcionamiento que observó.

En este momento es muy conveniente averiguar si el operador de la máquina realizó en ella alguna reparación. Pregunte también como se emplea la máquina y en particular el motor y qué cuidados recibe. Muchos problemas tienen por causa el descuido del motor o el mal trato que se le da.

IV.1.a3) Probar la máquina:

Sientese en la máquina y pruébela. Caliéntela realice con ella todos los ciclos de trabajo. No se fíe por completo de lo que le cuenta el operador - compruébelo usted mismo.

¿Marcan bien los instrumentos de medida? (podrán marcar mal por el mal funcionamiento del sistema o por falla del propio instrumento).

¿Como funciona la máquina?. Puede trabajar con pereza, a saltos o no actuar siquiera.

¿Se percibe algún olor?, ¿Sale humo de alguna parte?, ¿Se perciben ruidos extraños?. ¿Dónde?, ¿A que velocidades y en que ciclos de trabajo?.

IV.1.a4) Revisar la máquina:

Bajar de la máquina para examinarla de cerca con los ojos, los oídos y la nariz en busca de señales de falla.

Empezar por revisar el nivel de aceite en el cárter. ¿Esta bajo? ¿Tiene espuma el aceite? ¿Parece demasiado espeso y demasiado fluido? ¿Está muy sucio?.

Si el aceite estuviera muy sucio, se tendrán que revisar también los filtros, que podrán estar obstruidos.

Examinar el radiador de aceite. ¿Está cubierto de barro?.

Examine de cerca los componentes. Busque soldaduras partidas, grietas finas, tornillos de fijación flojos o varillajes o uniones rotas.

IV.1.a5) Enumerar las fallas:

En este momento está usted preparado para relacionar las causas posibles de las fallas encontradas.

¿Que señales ha encontrado usted en la inspección del motor? ¿Cual es la causa más probable de éstas?.

¿Hay otras posibilidades? Recuerde que es frecuente que una falla cause, a su vez, otra más.

IV.1.a) Sacar una conclusión:

Consulte la relación de fallas y de causas posibles que acaba usted de hacer para seleccionar las más probables y fáciles de comprobar.

Las tablas para la localización de fallas pueden ser una buena guía que proporciona el fabricante del motor.

Decida cuales son las causas principales más probables y disponga a comprobar estas primero.

IV.1.a) Comprobar que la conclusión vale

Se llega así al último punto: antes de empezar a reparar los sistemas del motor se hacen las pruebas necesarias para ver si es correcta y valida la conclusión que usted ha sacado.

Algunas de las fallas y causas probables que usted ha relacionado son fáciles de comprobar sin más pruebas. Analice detenidamente toda la información que usted posea ya acerca del motor y por las especificaciones que indica el fabricante en las pruebas de banco utilizando la instrumentación en las distintas regiones del motor donde existe partes que se deben lubricar y de esta forma se verifica si la presión de la bomba de aceite es lo suficientemente adecuada para servir a todas las venas de lubricación y en su caso ya por medio de la observación se tiene un punto más en el criterio de localizar una posible falla al no cumplir con lo marcado en la especificación y esto se podrá comprender como un ejemplo en el que se comprueba la conclusión en el diagnóstico.

IV.2 DIAGNOSTICO EN OPERACION EN EL MOTOR DIESEL

Una de las actividades de más importancia, en el funcionamiento del motor es la operación del mismo, las circunstancias o el ambiente en que éste va a funcionar y por esta causa, se puede encontrar que las fallas se manifiestan en forma repentina causando con esto, que el motor no describa un funcionamiento como debe ser normalmente y, es por esto que esta parte de la operación que se diagnostica se ve envuelta en una serie de recomendaciones desde el momento en que se arranca al motor o, en su régimen normal al alcanzar su temperatura de operación o en el instante en que se suspende su funcionamiento todos estos ciclos de operación pueden estar expuestos a una determinada falla.

De esta condición en la operación se ha desarrollado una serie de recomendaciones para facilitar la localización del elemento o sistema del motor que se encuentre fallando, este se compone de dos significativas características: una de ellas es la causa misma de la falla; y la otra es la posible corrección ya sea de una forma en la cual solamente se acondiciona o se hacen calibraciones y ajustes o una

corrección parcial que se puede tener ya en el plano de algún sistema del motor.

De tal modo que se proporciona el esquema y estructura del motor detallando todos los sistemas que lo componen los cuales son: sistema de combustible, sistema de aceite lubricante, lubricación para el turbocargador, lubricación para los componentes de potencia, lubricación de la cabeza, sistema de enfriamiento, sistema de aire, sistema de aire de admisión y sistema de escape.

Una vez localizadas esquemáticamente esos sistemas se pasa a una codificación que representa la parte o las partes del motor ya descritas, que con este número se va a ir relacionando con la falla de operación la corrección y la región en la que ésta puede estar localizada para que de esta forma se tomen medidas y se acondicione de tal forma que el motor funcione adecuadamente.

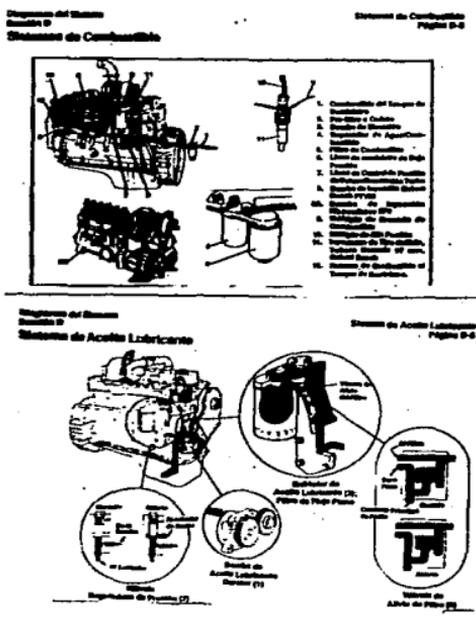
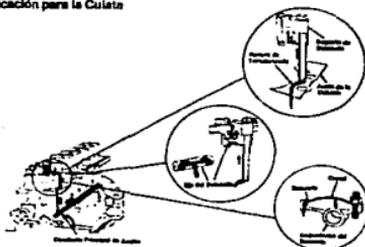


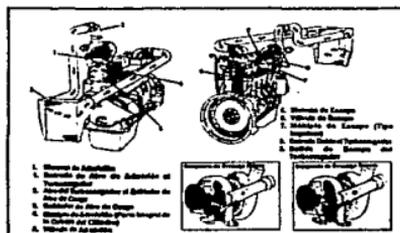
FIG. IV.1 sistemas de combustible y de aceite lubricante.

Lubricación para la Cabeza
Página D-6
Lubricación para la Culeta



Air System
Página D-10
Air System

Section D - System Diagrams
D Series



Lubricación para el Turbocompresor
Página D-6

Lubricación para el Turbocompresor

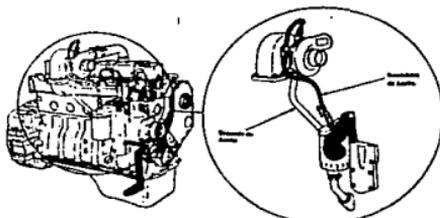


Diagrama del Sistema
Sección D
Sistema de Enfriamiento

Sistema de Enfriamiento
Página D-6

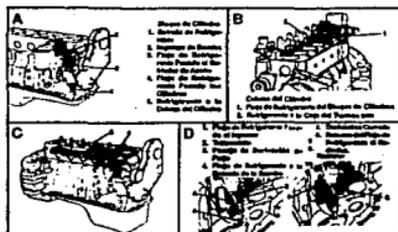


FIG. 10.2 sistemas de enfriamiento y aire; lubricación en la cabeza y turbocompresor

Tabla de codificaciones:

Los dígitos 10. representan la parte motor de la máquina.

1000 Grupo motor

1010 Sistema de combustible

1011 Combustible del tanque de suministro

1012 Pre-filtro o cedazo

1013 Bomba de elevación

1014 Separador agua/combustible

1015 Filtro de combustible

1016 Línea de suministro de baja presión

1017 Línea de control de presión de sobrealimentación turbo

1018 Bomba de inyección

1018 (a) bomba de inyección

- 1019 Múltiple de drenado de combustible
- 1010 Múltiple de alta presión
- 1011 Inyectores de tipo orificio tobera cerrada 17 mm
- 1012 Retorno de combustible al tanque de suministro
- 102A Sistema de aceite lubricante
- 1021 Bomba de aceite lubricante (Rotor)
- 1022 Válvula reguladora de presión
- 1023 Enfriador del aceite lubricante filtro de flujo pleno
- 1024 Válvula de alivio de filtro
- 102A_r Lubricación para el turbocargador
- 1021_r Suministro de aceite
- 1022_r Drenado de aceite
- 102A_p Lubricación para los componentes de potencia
- 1021_p Al cojinete de biela
- 1022_p Muñón de biela
- 1023_p Muñón principal del cigüeñal
- 1024_p Del enfriador de aceite
- 1025_p Al tren de válvulas
- 1026_p Conducto principal de aceite
- 1027_p Del conducto principal de aceite
- 1028_p Al árbol de levas
- 1029_p A la tobera de enfriamiento del pistón
- 102A_c Lubricación para la cabeza
- 1021_c Ranura de transferencia
- 1022_c Soporte de balancín
- 1023_c Junta de la cabeza
- 1024_c Eje de balancín
- 1025_c Balancín
- 1026_c Alojamiento de balancín
- 1027_c Canal
- 1028_c Conducto principal de aceite
- 103E Sistema de enfriamiento

Bloque de cilindros

- 1031 Entrada de refrigerante
- 1032 Impulsor de bomba
- 1033 Flujo de refrigerante pasado al enfriador de aceite
- 1034 Flujo de refrigerante
- 1035 Refrigerante a la cabeza cilindro

Cabeza de cilindro

- 1036 Flujo de refrigerante del bloque de cilindros
- 1037 Refrigerante a la caja del termostato
- 1038 Flujo de refrigerante pasado al inyector
- 1039 Termostato
- 1030_a Pasaje de derivación de flujo
- 1031_a Flujo de refrigerante a la entrada de la bomba
- 1032_a Derivación cerrada
- 1033_a Retorno del flujo

1034 Radiador

104T Sistema de aire (Turbocargador)

I. Sistema de admisión

1041 Entrada de aire de admisión al turbocargador

1042 Aire del turbocargador al enfriador de aire de carga

1043 Enfriador de aire de carga

1044 Múltiple de admisión

1045 Válvula de admisión

II. Sistema de escape

1046 Válvula de escape

1047 Múltiple de escape (tipo impulsor)

1048 Entrada doble al turbocargador

1049 Salida de escape del turbocargador

IV.2.a) Localización y reparación de fallas

¿El motor no arranca? Causa eléctrica	Codg	Corrección Eléctrica
1E.- Carga de acum. baja		1E. Inspeccionar cables y conexiones, checar voltaje del acumulador
2E.- No hay corriente elec.		2E. Revise la corriente-solenoides de la bomba
3E.- La marcha no funciona tiene defecto el solenoide		3E.- Cambie el motor de arranque
4E.- El alambrado o el interruptor		4E. Sustituir elementos
5E.- Tratándose de motor que necesita bujías de calentamiento para la puesta en marcha en frío puede haber un defecto en el circuito		5E. Sustituir elementos

¿El motor no arranca? Causa Combustible	Codg	Corrección Combustible
1C. No hay combustible en el tanque	1012	1C. Poner combustible y purgar el tanque
2C. Sistema de alimentación (bombas, filtros y tuberías) no funcionan correctamente	1016	2C. Revise y repare sistema de alimentación
3C.- Agua en el combustible	1012	3C.- Retire combustible contaminado, limpie el tanque, restituya combustible

¿El motor no arranca? Causa Mecánica	Codg	Corrección Mecánica
1M.Unidades del motor enganchadas		1M.Desenganche unidades y revise por carga de los accesorios funcionando incorrectamente
2M.- Rotación del cigüeñal restringida		2M.Lo mismo que 1M
3M.- El motor de arranque funciona pero el motor no gira		3M.Lo mismo --
4M.- Problemas interiores que impiden el viraje		4M.Lo mismo
5M.- Válvulas de admisión o escape se pegan sus guías		5M.Con varilla se moverán hasta que deslicen bien; se pueden lubricar con un poco de aceite. En válvulas con depósitos de carbonizaciones que se apoyan en sus asientos. - será preciso limpiarlas - y rectificarlas
6M.El pistón presenta fugas y hace falta compresión en los cilindros.		6M.Rectificar y Anillar los elementos del pistón

¿Cabecea el motor? Causa Combustible	Codg	Corrección Combustible
1C.-Filtro obstruido o sucio	1015	1C.Limpiar el filtro. Emplear combustible sin impurezas
2C.-Aire en el sistema de - combustible	1016	2C.Purguar el sistema y revisar fugas de succión
3C.Suministro de combustible restringido	1012	3C.Limpie o cambie los prefiltros y revise las líneas
4C.-Combustible contaminado		4C.Verifique, operando el motor desde un tanque de suministro temporal
5C.Sincronización incorrecta de la bomba de inyección	1018	5C.Revisar sincronizar - ción de la bomba de inyección
6C.Inyectores desgastados o funcionando incorrectamente	1011	6C.Revisar/cambiar los inyectores

¿Cabeceas el motor? Causa Mecánica	Codg	Corrección Mecánica
1M.Velocidad del viraje del motor demasiado baja 2M.Válvulas incorrectamente ajustadas 3M.Sistema de aire de admisión restringido	1041	1M.Revisar RPM de viraje del motor 2M.Ajustar válvulas 3M.-Revise el sistema de admisión

¿Falla al acelerar? Causa Combustible	Codg	Corrección Combustible
1C.-Aire en el sistema de combustible	1016	1C.Purguar el sistema de combustible y revisar por fugas de succión
2C.-Filtro de combustible tapado o parafinado del combustible debido al frío	1015	2C.Drenar el separador de agua/combustible; cambiar filtro, revisar por parafinado en clima frío
3C.-Combustible contaminado		3C.-Verifique operando el motor desde un tanque de suministro temporal

¿Falla al acelerar? Causa Mecánica	Codg	Corrección Mecánica
1M.-Velocidad de marcha en vacío demasiado baja		1M.Ajuste la velocidad de marcha en vacío (gobernador)
2M.Funcionamiento incorrecto del dispositivo de cierre de motor		2M.Asegurese que el cierre no ocurre demasiado pronto

¿Falla en la inyección? Causa Combustible	Codg	Corrección Combustible
1C.-Aire en el sistema de combustible	1016	1C.Purgue el sistema de combustible y revise por fugas de succión
2C.-Toberas del inyector tapadas o inoperantes	1011	2C.Cambie los inyectores

¿Falla de calibración? Causa Mecánica	Codg	Corrección Mecánica
1M.Velocidad de marcha en vacío baja		1M.-Revise/ajuste el ajuste del tornillo de marcha en vacío
2M.Soportes rotos del motor		2M.Cambiar soportes
3M.Mal funcionamiento o desgaste de la bomba de inyección		3M.Cambiar la bomba

¿Contaminación de aceite? Causa Aceite	Codg	Corrección Aceite
1A.Nivel de aceite incorrecto		1A.-Agregue o drene el aceite del motor
2A.-Aceite diluido con combustible pero la operación es normal	1013	2A.Quite y revise el sello del embolo de la bomba de elevacion.Cambie la bomba que fuga. Cambie el aceite.
3A.Aceite diluido con combustible, acompañado por operación irregular del motor o potencia baja	1011 1018	3A.Revise por una tobera del inyector pegada si los inyectores están correctos cambie la bomba de inyección. Cambie el aceite
4A.Aceite diluido con agua		4A.Revise los tapones para lluvia tapones para el llenado de aceite, etc., faltantes. Cambie el aceite
5A.Mal funcionamiento del manómetro de presión		5A.-Revise el manómetro de presión de aceite
6A.Válvula reguladora pegada o resorte abierto o pegado	1022	6A.-Revisar y limpiar. Cambie el resorte si esta roto.
7A.Filtro de aceite tapado	1023	7A.-Cambie el aceite y cambie el filtro

¿Aceite inadecuado? Causa Aceite	Codg	Corrección Aceite
1A. Mal funcionamiento del manómetro de presión de aceite 2A. Motor funcionando demasiado frío 3A. Especificaciones de aceite incorrecta 4A. -Válvula de alivio de presión pegada o cerrada	1022	1A. Revise el manómetro de presión de aceite 2A. Consulte lógica de análisis de fallas para temperatura del refrigerante por debajo de lo normal 3A. Revisar la especificación de aceite 4A. Revisar/cambiar la válvula

¿Fugas de Aceite? Causa Aceite	Codg	Corrección Aceite
1A. -Fugas extremas 2A. Cáster llenado en exceso 3A. Fuga del enfriador de aceite 4A. El escape alto de gases del cilindro fuerza al aceite fuera del respiradero 5A. -El turbocargador fuga aceite a la admisión o escape de aire	1022 1021 1022	1A. Inspeccionar visualmente por fugas de aceite (cáster) 2A. Verificar que la bayoneta esté correctamente marcada 3A. Revise si hay indicio de fuga del refrigerante 4A. Revisar el área del tubo respiradero por señales de pérdida de aceite. Mida el escape de gases del cilindro y realice las reparaciones requeridas 5A. Inspeccione la entrada y la salida del turbocargador por evidencia de transferencia de aceite

¿fallas por refrigerante? Causa Refrigerante	Codg	Corrección Refrigerante
1R. Bajo nivel refrigerante	1034	1R. Agregue refrigerante 2R. Inspeccione las aletas del radiador, limpie o repare si es necesario
2R. Aletas del radiador dañadas o obstruidas por impurezas		
3R. Manguera del radiador colapsada	1031	3R. Observar mangueras; cambie si es necesario
4R. Nivel incorrecto de aceite		4R. Agregue o drene aceite del motor
5R. Tolva del ventilador de enfriamiento dañada		5R. Inspeccione la tolva, cambie o repare
6R. Banda motriz del ventilador floja		6R. Revise la tensión de la banda
7R. Ventilador no enganchado		7R. Revise el censor del ventilador
8R. Tapón del radiador funciona incorrectamente	1034	8R. Revise el tapón del radiador, o cambie si es necesario
9R. Mal funcionamiento del indicador de temperatura		9R. Probar el indicador reparar o cambiar si es necesario
10R. Termostato incorrecto	1039	10R. Cheque/reemplace el termostato
11R. Bomba de inyección con exceso de combustible	1018	11R. Revisar/cambiar bomba
12R. Mal funcionamiento de la bomba de agua	1032	12. Mida la presión del refrigerante del bloque del cilindro

¿Fugas del Refrigerante? Causa Refrigerante	Codg	Corrección Refrigerante
1R. Fuga del calentador del radiador o de la cabina	1037	1R. Inspección visual del calentador del radiador, mangueras y conexiones para localizar la fuga
2R. Fuga externa del motor	1034	2R. Inspección visual del motor y los componentes por fuga del sello-junta
3R. Gases de compresión recalentados o con fuga, resultando en pérdida a través de: sobre flujo del radiador		3R. Revise la operación por sobre calentamiento o potencia baja
4R. Fuga del enfriador del aceite	1033	4R. Revise/cambie el enfriador del aceite. Busque refrigerante en el aceite

¿Fallas en Válvulas? Causa Válvulas	Codg	Corrección Válvulas
1V. Daños en los resortes de las válvulas	1022	1V.-Haga reemplazo de las partes dañadas
2V. Daños en el árbol de levas	1028	2V. Reemplace el árbol de levas y limpie el motor completamente
3V. Daños en el mecanismo elevador de la válvula	1022 1024 1025	3V.-Limpie completamente el motor, hacer reemplazo del árbol de levas y del mecanismo elevador de las válvulas. Observe que las válvulas no tengan movimiento libre. Hacer la calibración en el ajuste de abertura de válvula de acuerdo a lo especificado
4V.-Daños en la válvula		4V.-Hacer reemplazo de las válvulas y hacer los ajustes necesarios
5V.-No hay bastante lubricación	1028	2V.-Verifique la lubricación en los compartimientos de la válvula. Tiene que haber un fuerte flujo en el motor a altas RPM y únicamente debe ser pequeño el flujo a bajas RPM. Los pasajes del aceite deben estar limpios especialmente los conductos de la transmisión de aceite hacia la cabeza
6V. Desgaste en el brazo del balancín	1025	3V. Si es mucho el desgaste instalar nuevos brazos de balancín hacer ajustes en la abertura de la válvula de acuerdo a lo especificado

¿Fallas en la Bomba? Causa Bomba	Codg	Corrección Bomba
1B.-Presencia de aire en la bomba	1018	1B. Purgar el aire de la bomba de inyección
2B.-Suciedad acumulada en la válvula de presión		2B. Limpiar la válvula de presión

¿Fallas en Gobernador? Causa Gobernador	Codg	Corrección Gobernador
1G.Los muelles o resortes situados encima de cada contrapeso están desajustados 2G.-La varilla cremallera de la bomba que va conectada a la palanca del regulador está atascada 3G.-Uno o más muelles de los contrapesos están rotos		1G.Ajustar o regular los muelles 2G.-Limpiar la varilla 3G.-Cambiar el muelle o muelles que estén en mal estado

¿Fallas mecánicas del motor? Causa Mecánica	Codg	Corrección Mecánica
1M.Suporte del motor flojos o rotos 2M.Ventilador dañado funcionamiento incorrecto 3M.Cojinete del alternador desgastado o dañado 4M.Rechinido de la banda motriz, tensión insuficiente o carga alta anormal 5M.Ruido del turbo cargador 6M.Ruido en el tren de engranes 7M.Fallas en el sello de aceite del turbocargador 8M.Guías de válvula gastadas 9M.Anillos de pistón gastados		1M.Revise/cambie los soportes del motor 2M.Revise/cambie el componente 3M.Revise/cambie cojinete 4M.Revise el tensor e inspeccione la banda motriz. Asegurese que la bomba de agua, la polea tensora, el cubo del ventilador y el alternador giran libremente 5M.Revise el impulsor del turbocargador y la rueda de la turbina por contacto en la caja 3M.Revise/cambie el amortiguador de vibración 1021 3A.Verifique si hay entrada de aceite por el múltiple de admisión y hacer reparación en el turbocargador si es necesario 1024 8M.Reacondicionar el cilindro de la cabeza si es necesario 9M.Instalar nuevos anillos

¿Fallas mecánicas del motor? Causa Mala Combustión	Codg	Corrección Mala Combustión
1C.No hay suficiente aire en la combustión	1041	1C.Verifique la restricción del aire limpio. - Checar la presión de admisión del múltiple y verifique que el turbocargador opere correctamente
2C.-Válvulas de inyección en malas condiciones	1010	2C.Instalar nuevas válvulas de inyección de combustible
3C.-Incorrecta distribución de encendido en la inyección de combustible		3C.Ajustar la distribución

¿Fallas mecánicas del motor? Causa Eléctrica	Codg	Corrección Eléctrica
1E.Pérdida por la mala tensión de la banda de la polea del distribuidor		1E.Hacer el ajuste de la banda y poner la tensión correcta
2E.-El regulador del alternador defectuoso		2E.Hacer ajustes o cambiar el regulador
3E.Diodo rectificador tiene defecto		3E.Hacer reemplazo del diodo rectificador que esté defectuoso

IV.3 DIAGNOSTICO POR VISUALIZACION:

Una vez que se recibe la máquina se toman las precauciones de verificar si esta llega según como la bitácora de la obra lo indica, es decir, se hace una descripción de las partes del motor y en general de los conjuntos que lo constituyen. De tal forma que también se describe la causa por la que la máquina es llevada al departamento de diagnóstico y el tipo de reparaciones que ésta tuvo durante su servicio en la obra.

Habiéndose leído la bitácora y al haber establecido que si es en cierta forma veraz la información recibida, se acondiciona la máquina, es decir, se le hacen reparaciones mínimas para que por lo menos esta pueda funcionar y se hace un recorrido parcial de las condiciones de cómo llegó la máquina al departamento de diagnóstico. Al realizar dicha conservación, se procede a arrancar el motor y por medio de la operación de éste que debe ser mínimo de dos horas se prueba en condiciones aproximadas de operación por lo que en

el apartado anterior y conforme a las recomendaciones que se anotaron, se puede tener una primera evaluación por medio del diagnóstico de fallas por operación que completa la primera de las fases en la metodología de encontrar las posibles fallas que tiene el motor, que es complementario con la información de la bitácora. En la bitácora se sobreentiende que el operador hizo un reporte de operación junto con el mecánico de obra. Con esta prueba de operación se corrobora la información de la bitácora.

Para comprender mejor como se realiza esta prueba y todas las que componen el diagnóstico se pondrá como ejemplo el caso de un cargador sobre orugas el cual se le practicó el diagnóstico y para este caso se le denomina por un número económico, el cual estará siempre en los registros, y hojas de servicio que se utilizan en el reporte que en su conclusión, demostrará las causas que han motivado a que esta máquina esté fallando o, las posibles fallas potenciales que se pueden prever en caso de ser localizadas. También se considerará el caso de un camión de volteo fuera de carretera con motor diesel de dos tiempos de 16 cilindros con sopladores y turbocargado. El número económico del cargador es D53S del grupo 222⁽¹⁾ marca Komatsu y el del volteo es Euclid de la General Motors con motor Detroit Diesel grupo 152 modelo R50⁽²⁾. La visualización cubre entonces tres aspectos: primero una revisión en el momento de recibir la máquina⁽³⁾, la operación que ya involucra el ejercicio de los demás sentidos (al sentirla, escucharla y observarla), inmediatamente al estar operando se deja de accionar los demás sistemas de la máquina y se revisa nuevamente visualmente los niveles del aceite de lubricación, la instrumentación en el tablero de la máquina como son: manómetros de presión de aceite, medidores de temperatura y los filtros de aire y combustible, así como visualmente las características del aceite de lubricación. Una de las partes más importantes que se revisa son las fugas de aceite ya sea trabajando el motor, así como también se revisa el radiador si éste no tiene fugas; además otro elemento que es importante es el enfriador de aceite y los lugares donde se tienen juntas o empaques como son los del cárter y el reten de la distribución de engranes o el reten que va acoplado al convertidor de la transmisión. Todo esto se realiza en una fosa en la cual permite al mecánico ponerse por debajo de la máquina para cumplir con la visualización de todos los conjuntos del motor en el momento que trabaja. Se observa el funcionamiento del ventilador y las bandas de la bomba de agua, el alternador y el ventilador y para finalizar por medio de un termómetro con un sensor infrarrojo se toman las temperaturas en operación de la salida del agua de la bomba así como en la región

1 apéndice A, fig. 1

2 apéndice A, fig. 2

3 apéndice A, fig. 3

donde se encuentran los termostatos para finalizar esta prueba.

IV.4 DIAGNOSTICO EN EL BANCO DE PRUEBAS

Ya realizada la inspección que en el caso de las máquinas que se están analizando son prácticamente iguales, en relación a los motores, primero se explicará como se prepara el cargador para después pasar al camión.

La preparación de la máquina antes de iniciar la prueba consiste en limpiar las zonas donde se conectarán los acoplamientos que unirán a las mangueras de presión que estarán conectadas a los manómetros, éstos se encuentran en un arregio en el que muestran su carátula son de tipo analógicos con un mecanismo típico de los manómetros de Bourdon y además donde se muestra la carátula que esta sumergida en parafina para evitar que la aguja de marca no se perturbe tanto por la vibración, del motor y así la lectura tenga más precisión y exactitud. Estas conexiones se hacen al monoblock, para medir por medio de una vena de lubricación en el caso del cargador la presión del aceite, en la parte donde se introduce la bayoneta que mide el nivel de aceite de lubricación se acopla otra manguera y el manómetro que registra esta lectura la da en columna de mercurio aquí se va a registrar la presión de los gases que salen de la cámara de combustión hacia el cárter, por medio de los anillos, es decir, el escape de compresión en el motor; y por último tratándose de medir la presión de la bomba de alimentación a la salida del filtro de combustible y la restricción del aire en el múltiple de admisión por ser de aspiración natural o en su caso dentro de la cabina en el tablero se encuentra un indicador de restricción del filtro de aire que tiene como funcionamiento, una derivación que conecta al conducto que sale del filtro de aire por medio de un Venturí que hace el vacío que succiona al émbolo del indicador, y que además está tensado por un resorte, que lo trata de regresar, este émbolo tiene unas marcas de régimen de trabajo del filtro, y si éste se está obstruyendo se pierde la succión y el resorte va regresando al émbolo, por la que éste, al ir entrando a las marcas del indicador alertará que es necesario un cambio de filtro, este dispositivo es muy confiable, por lo que muchas de las veces no es necesario hacer la prueba con el manómetro. Otro instrumento que se conecta al motor es el tacómetro, el cual registra las RPM en las variaciones de velocidad del motor que exige la prueba para ver si éste cumple con lo que demanda la operación, una de la característica de este instrumento es que es digital y una de sus terminales va a la batería y la otra adaptación se atornilla a la transmisión de engranajes de la bomba de inyección donde se coloca el horómetro instrumento que mide el tiempo de

operación de la máquina, el cual se retira para poner la adaptación o censor a la vez que por medio del giro mecánico y el transductor que convierte la señal que es procesada por una diferencia de potencial se obtiene la lectura de las revoluciones.

Al tener todo el motor conectado a la instrumentación, se buscan los datos de prueba, es decir, la especificación que marca los rangos a los cuales, el motor debe trabajar y esta información se anota en la hoja de registro para comparar y ver si entran las lecturas dentro del rango de operación. Esta información se encuentra en una hoja la cual se anexa conforme al grupo y modelo del motor que tiene la máquina y ahí también se detalla el tipo de prueba a realizar.

Es importante señalar que a partir de este momento se toma registro de lecturas y de la inspección visual del estado del motor después de esta prueba, es cuando se comienza al llenado de las hojas de registro y observaciones así como la hoja de inspección visual y de operación, para que se tenga toda la información en conjunto y se proceda a resaltar los puntos importantes que se obtuvieron en el diagnóstico y de esta manera poder llenar los reportes en las hojas correspondientes.

Una vez explicado que se hace con la información que se toma de los instrumentos, se arranca el motor y en primer lugar se toma las lecturas del tacómetro y las pruebas a realizar son: velocidad en *baja o ralenti* velocidad en alta aceleración a fondo o en *neutral*, velocidad en *stall* o *plena carga*, metiendo velocidad, frenando y acelerando a fondo.

Simultáneamente se toma la lectura de los manómetros en el caso de presión de aceite se toma por lo regular en *plena carga* y marcando un rango específico de revoluciones, así como también en el caso de la presión de combustible y para el caso del escape de compresión se hace en un rango de revoluciones aproximadamente al que se tiene en velocidad en *plena carga* o a lo que marque la prueba, que son modelos que el fabricante señala según a su banco de pruebas y al diseño del motor.

De esta forma, se puede concluir las pruebas realizadas en el banco y además se tiene una información muy valiosa que amplía más los criterios que nos llevarán a concluir el tipo de fallas que el motor presenta.

Las pruebas que se llevan a cabo en el motor de dos tiempos son prácticamente iguales, pero aquí existe la posibilidad de inspeccionar dentro del motor por medio de unas tapas, que comunican a las lumbreras de alimentación de aire y al quitarlas permiten ver en que estado se encuentran los anillos del pistón, esta prueba consiste en checar si los anillos muelleen, es decir, si estos todavía se expanden y no permiten que escape la compresión, esto se realiza por medio de una hoja de acero que se introduce y se pone en contacto con los anillos, tratando de hacerlos girar y

presionandolos se ve si no están quebrados o ya demasiado fatigados y desgastados.

Otra de las comprobaciones que se pueden hacer, en el estado del motor es observar por medio de una zonda que contiene una lente y un foco iluminador, que al introducirnos muestra el estado de las válvulas de escape, con lo cual se ve si no están flameadas u obstruidas, lo que pueden ocasionar pérdidas muy importantes de compresión y como consecuencia la caída en la potencia del motor: todos estas inspecciones también se reportan en las hojas y se anotan en ellas como observaciones que en el caso de este motor refuerzan el diagnóstico y, de forma más rápida y contundente, se puede concluir si es oportuno prever un daño más grande y más costoso en la reparación que ya en estos momentos se puede recomendar.

Una de las variantes que se muestra en la prueba del tacómetro, es la forma en que se toman las RPM del motor, esto se hace por medio de una cinta que es adherida a la polea que está acoplada directamente con el cigüeñal, y esta tiene características de ser la que mande la señal a un sensor que es colocado por medio de su base que es imantada y permite colocarse en la posición más apropiada para tener alcance en la cinta, es algo parecido a lo que se hace cuando se pone a tiempo un motor de gasolina, por medio de la lampara de luz estroboscópica, que manda pulsos de luz que conforme aumenta la velocidad se detiene la marca en donde se señala el tiempo de atraso o de adelanto del motor, pero en este caso la banda manda la señal por medio del sensor que apunta a la polea, que a su vez, es conectado al tacómetro digital, que antes de la prueba se selecciona a esta modalidad, en el registro de las RPM y como se había descrito se conecta a la batería del motor para que éste tenga, la energía para funcionar, al igual que el motor de la cargadora se hacen las mismas pruebas. También otra prueba que se maneja y es importante es la presión del aire de admisión que por el barrido del pistón será llevado a la cámara de combustión en la parte del ciclo de compresión y a la vez el encendido del combustible, es por esta razón que los sopladores y el turbocargador, deben suministrar el aire para garantizar una adecuada relación aire-combustible, que aprovechando un respiradero que comunica directamente en la cámara de descarga de los sopladores, y que tiene como función liberar el aire que no alcanzó a entrar por la lumbrera hacia el medio ambiente, es aquí, donde se adapta un acoplamiento para después por medio de la manguera, al manómetro que mide la presión en columna de mercurio.

IV.5 DIAGNOSTICO DE FALLAS POR ANALISIS DE ACEITE LUBRICANTE

Para tener un exacto conocimiento, de los componentes generales de un aceite de motor a fin de obtener información de referencia sobre la dispersión, detergencia número básico de aceite y contenido de metales, así como las características antioxidante y antidesgaste del aceite de lubricación.

Es importante comprender las que se emplean para medir ciertos parámetros de los aceites de motor diesel nuevos y usados. Considerando las de medición de viscosidad, contenido de agua, contenido de insolubles y contenido de metales, y sobre las impresiones espectrográficas del aceite. Al analizar el significado de datos analíticos numéricos relativos a aceites nuevos y usados, se puede comprender mejor el contenido aditivo de los aceites, la cantidad de degradación del aceite y que materiales extraños pueden haber ingresado al motor. El estudio de los datos proporcionará la información sobre el desgaste de las piezas críticas del motor, tales como anillos del pistón y cojinetes de biela y bancada.

IV.5.a) Contaminación del aceite lubricante

La función primaria del aceite lubricante es brindar una lubricación adecuada y proteger los componentes durante la vida del motor. Además de los sistemas de enfriamiento de agua y aire, el aceite también actúa como medio de transferencia de calor: ayuda a eliminar el calor de la zona de combustión del motor.

Otra función importante del aceite es actuar como medio de barrido y colector de desechos e impurezas derivados del funcionamiento del motor.

La combustión completa de un combustible de hidrocarburo puro en exceso de aire (mezcla oxígeno/nitrógeno) producirá dióxido de carbono, agua y restos de óxido de nitrógeno. La presencia de azufre en todos los grados de combustible comercial conduce a la formación de óxidos de azufre. Estos óxidos se combinan con el subproducto agua de la combustión produciendo ácidos de azufre inorgánicos corrosivos.

En la práctica la combustión tiende hacer incompleta, excepto posiblemente en los motores de gas natural. La combustión incompleta produce monóxido de carbono y ácidos orgánicos solubles en aceite. Estos ácidos pueden producir lacas ligeras. Los componentes no saturados del combustible pueden reaccionar polimerizándose, produciendo lacas pesadas y material resinoso que pueden ser más o menos solubles en aceite. También puede producirse material insoluble en aceite, generalmente en la forma de carbono u hollín. El carbono u hollín no es carbono puro sino que está compuesto por sustancias ricas en carbono y contiene cantidades

menores de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y agua, junto con otros desechos sólidos.

La mayor parte de estos productos de la combustión son expulsados a través del múltiple de escape del motor. Una porción menor, sin embargo pasa como una filtración entre los anillos y las camisas internas. Esta filtración entra en contacto con el aceite en el cárter y es recogido y absorbido por el aceite lubricante.

Un índice elevado del consumo de aceite disminuirá el nivel de contaminación general del aceite, debido al agregado de aceite limpio. A la inversa si el índice de consumo de aceite es bajo aumenta el nivel de contaminación del aceite del cárter porque los contaminantes no son eliminados ni diluidos por el aceite limpio.

En el funcionamiento de motores turboalimentados, el aceite se desvía para lubricar el compresor. La elevada temperatura de los gases de escape, combinada con la fuga de oxígeno a través de las juntas, pueden aumentar notablemente el nivel de oxidación del aceite produciendo mayores cantidades de materiales ácidos y de laca.

En condiciones normales el aceite puede contaminarse en motores diesel razonablemente bien mantenidos. Puede considerarse como regla general que los motores sometidos a un mantenimiento deficiente tendrán características peores de combustión y por lo tanto, tendrá un nivel de contaminación de aceite superior al de los motores que tienen mantenimiento correcto.

El fallo de las juntas o las grietas en los monoblocks ocasionan niveles altos de contaminación por refrigerante. El refrigerante puede ser agua o puede ser glicol anticongelante. Esta contaminación forma anormalmente altos grados de sedimento y laca.

El bloqueo de los filtros de aceite y el desvío del aceite a través del filtro de derivación permitirá circular libremente a las partículas en el motor. Esto puede ocasionar un desgaste excesivo en los cojinetes. Las partículas más grandes de hollín también permanecen en el aceite y esto contribuirá a la formación temprana de depósitos de sedimento en el motor.

Los filtros de aire ineficientes permitirán el ingreso en el aceite de polvo de sílice abrasivo a través de los gases de filtración. Esto causa un desgaste excesivo en el motor. El comienzo del desgaste excesivo puede observarse en el aceite por un nivel creciente de metales de desgaste, tales como el hierro. El fallo mecánico puede ocurrir en forma extremadamente rápida a menos que se tomen medidas correctivas de inmediato.

Una sincronización incorrecta en la inyección puede conducir al sobrecalentamiento y a la formación de niveles excesivos de laca en el aceite. El mantenimiento defectuoso del equipo de inyección de combustible puede producir niveles excesivos de hollín y niveles mayores de humo negro.

IV.5.b) Aditivos del aceite de motor

Un aceite de motor es una mezcla de materia básica y aditivos:

Los aditivos en todos los aceites de motor pueden clasificarse de acuerdo con tres componentes básicos:

- 1.- Dispersantes
- 2.- Detergentes
- 3.- Antiagentes

Además de estos tres tipos de materiales, la mayoría de los aceites de motor también contienen un depresor de temperatura de descongelación. Los aceites de motor multigrado hacen uso de propiedades inusuales de sustancia química llamadas mejoradores de viscosidad.

IV.5.b.) Dispersantes

Los dispersantes son componentes aditivos que no contienen ningún elemento metálico. Si se queman en el motor no dejan ningún residuo o ceniza. Átomos de nitrógeno y oxígeno o una combinación de ambos, orientados en formas especiales, forman parte funcional de la molécula dispersante. Estos dispersantes se usan para mantener el hollín y otros contaminantes sólidos finamente dispersos o finamente diluidos. Los dispersantes reducen la formación de sedimentos y también la tendencia al bloqueo prematuro del filtro de aceite. Los dispersantes comprenden del 50 al 60% de la mayoría de los aditivos modernos de aceite de motor.

IV.5.b.) Detergentes

Los detergentes son moléculas que contienen átomos metálicos. Estos átomos metálicos pueden ser calcio, sodio, magnesio o bario. Si los detergentes se queman en el motor pueden producir un residuo o ceniza. La ceniza se origina en el contenido de metal. Ayudan a reducir el nivel de laca y otros depósitos en la zona de los anillos del pistón. También reduce la tendencia al agarrotamiento y a que se peguen los anillos. Con frecuencia los detergentes son altamente alcalinos. Por tal razón pueden neutralizar o reducir los efectos corrosivos de los contaminantes ácidos orgánicos e inorgánicos. Como ejemplo estos contaminantes ácidos pueden producirse por la combustión de azufre en el combustible diesel. Cuando el azufre se quema forma óxidos de azufre y en contacto con el agua subproducto de la combustión, forman ácidos que pueden ser muy corrosivos en el motor.

IV.5.b.) Antiagentes

Hay, por lo menos seis categorías de los llamados antiagentes que pueden hallarse en la mayoría de los aceites.

Los anticorrosivos son componentes muy importantes en los aditivos de los aceites lubricantes. Los anticorrosivos sirven para minimizar la corrosión que pueda producirse en

el motor por la acción del agua sobre las superficies metálicas frías.

Los agentes *antidesgaste* son extremadamente importantes, pues ayudan a mejorar la lubricación límite, en condiciones rigurosas de carga. Estos compuestos químicos ayudan principalmente a prevenir el desgaste del tren de válvulas.

Los *antioxidantes* minimizan la oxidación del aceite. Terminan reacciones en cadena que pueden producir una mayor oxidación de los contaminantes reactivos. Estos contaminantes reactivos podrán formar lacas y resinas si se les permitiera continuar el proceso de oxidación.

Los *antiespumantes* y los *antiemulsificantes* también son de importancia porque previenen el arrastre de aire y agua en el aceite. Este arrastre puede conducir a la ausencia de una película efectiva de aceite viscoso en condiciones rigurosas de carga.

IV.5.b₄) Depresores de temperatura de congelación

Los depresores de la temperatura de congelación son compuestos químicos especiales que efectivamente en la gama de trabajo de los aceites en condiciones de baja temperatura ambiental, inhiben el crecimiento de cristales de cera de aceite. Estos cristales podrán finalmente formar una red que impida el flujo de aceite.

IV.5.b₅) Mejoramiento de la viscosidad

Los mejoradores de viscosidad que se usan para preparar los aceites multigrado de motor son polímeros especiales de peso molecular alto. Los mejoradores de viscosidad permiten que el aceite tenga la viscosidad adecuada a una amplia gama de temperaturas.

IV.6 METODOS ANALITICOS DE ACEITE EN EL LABORATORIO

El análisis de un aceite de motor usado en teoría es bastante simple, pero, en la práctica, es una operación muy compleja. Es esencial utilizar un laboratorio plenamente calificado. La cooperación y la coordinación correctas en el laboratorio y los usuarios que suministran las muestras son muy importantes.

- Obtención de la muestra de aceite de un motor usado

Esta comienza desde el momento en que se terminan de hacer las mediciones en el banco de pruebas. Para tener una muestra significativa del aceite se utilizan dos formas de obtención:

- Método del tapón de drenaje (Cárter)
- Método de la pistola de muestreo

El tapón de drenaje está ubicado en la parte inferior del colector de aceite. La forma más común de obtener una muestra usando este método es tomándola mientras se drena el motor que está siendo investigado. Las muestras tomadas de esta manera del fondo del colector puede contener partículas metálicas o contaminación y pueden no tener relación con la condición real de la unidad. El muestreo de flujo de aceite drenado debe hacerse con cuidado para evitar quemaduras producidas por el aceite caliente.

Debe usarse pinzas para sostener la botella de la muestra. Si se toma una muestra del flujo de aceite drenado se le debe tomar después de haber drenado entre un tercio y la mitad del aceite. Esto garantiza que la muestra sea representativa del aceite que circula en el compartimiento del motor. Nunca debe tomarse una muestra del tapón del drenaje cuando el motor este frío.

El motor debe calentarse hasta la temperatura de operación y la muestra debe tomarse tan pronto como sea posible después de la parada de funcionamiento del motor.

Método de la pistola de muestreo

Básicamente, la pistola de muestreo tiene tres partes: una pistola de succión, una botella para la muestra y un tubo de plástico. La pistola se introduce en el lugar que ocupa la bayoneta que mide el nivel de aceite, se produce un vacío en la botella y la muestra fluye a través del tubo de plástico directamente hacia la botella. Para cada muestra se usa una botella nueva. Según el diseño las pistolas de muestreo puede tener la ventaja de que el tubo de muestreo debe ser limpiado o reemplazado después de cada toma para prevenir la contaminación cruzada de una muestra a la otra.

IV.6.a) Pruebas analíticas de laboratorio

IV.6.a.) Análisis de desgaste

El análisis de desgaste se realiza mediante un *espectrofotómetro de absorción atómica* (4) opera bajo el principio de que todos los átomos absorben luz, solamente de una longitud de onda característica de cada uno de ellos.

Modo de operación.-El equipo se calibra por cada una de los elementos que se pretenden analizar, ajustando la longitud de onda característica, seleccionando una lámpara de cátodo hueco y usando una solución estandar de acuerdo al elemento que se va a cuantificar.

La muestra previamente diluida con xileno, que actúa como solvente, en una proporción 1:4, se aspira al interior de una cámara de nebulización y se hace pasar a través de una flama para obtener átomos libres, los cuales absorben parte de la luz emitida por la lámpara de cátodo hueco. La cantidad de luz absorbida en la flama es proporcional a la cantidad del elemento presente en la muestra de aceite.

Finalmente, el equipo despliega en una pantalla el resultado expresado por partes por millón (ppm), estas unidades se usan debido a que el aparato solo cuantifica partículas microscópicas.

El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con tierra.

IV.6.aa) Análisis de número de base total

El proceso de combustión en los motores genera una cierta cantidad de agua como subproducto, la cual al combinarse con el azufre que contiene el combustible diesel, forma ácidos corrosivos que dañan las partes internas del motor. Por esta razón, los aceites cuentan con aditivos alcalinos que neutralizan a los ácidos. Esta reserva alcalina se conoce como el TBN y su valor en aceite nuevo oscila entre 8 y 20 unidades.

Modo de operación.- En el laboratorio, el TBN se mide de acuerdo con las normas ASTM 2896, la cual consiste en disolver el aceite usando una mezcla de clorobenceno (C_6H_5Cl) y ácido acético (CH_3COOH) en proporción 1:2, esta disolución se titula con una solución de ácido perclórico ($HClO_4$) en ácido acético glacial usando un titulador potenciométrico.

El aparato mide una variación de potencial que se registra en una gráfica con relación al volumen del titulante agregado hasta encontrar un punto de inflexión en la curva, el cual se toma como punto final de la valoración.

En este punto, el aparato indica el valor TBN de la muestra expresada en miligramos de KOH (hidróxido de potasio) por gramo muestra (mgKOH/gr).

De manera general, se considera que el límite TBN para que un aceite se pueda seguir usando, sea por lo menos la mitad del valor que tenía cuando era nuevo ya que cuando el aceite está en servicio, el TBN disminuye gradualmente debido a que los aditivos que lo imparten se van consumiendo al neutralizar a los ácidos que se van formando.

IV.6.as) Determinación de la viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades importantes del aceite. Se refiere a la resistencia que presenta al movimiento. La viscosidad esta en relación directa a la capacidad del aceite a lubricar y proteger las superficies que tienen contacto entre si.

El sistema de clasificación de aceite standard de SAE, clasifica a los aceites de acuerdo a su calidad y a su viscosidad como SAE 10, SAE 20, SAE 40 y SAE 15W40 (en el caso de aceites multigrados).

Modo de medición.- La viscosidad se mide en un viscosímetro de baño cinemático de Ostwald modificado, el cual consta de un sistema de tubos comunicantes de vidrio con tres depositos A, B y C, sumergidos en un baño de aceite caliente.

Se aplica la norma ASTM 445, la cual consiste en medir el tiempo en segundos que tarda en pasar una muestra de aceite del nivel A al nivel B bajo temperaturas preestablecidas de 40° C o 100° C. El tiempo resultante se convierte en centistokes (Cst), valor que depende de la constante de cada tubo del viscosímetro. (5)

IV.6.a4) Determinación por la dilución de combustible.

La dilución de combustible diesel en el aceite lubricante para motor, se determina aplicando la norma ASTM D3828-87 de prueba para temperaturas de inflamación por copa cerrada "seteflash".

Modo de aplicación.- Esta prueba consiste en medir los grados de flamabilidad de una muestra bajo condiciones controladas. Una temperatura de inflamación anormal, indica la posible presencia de sustancias altamente volátiles y flamables. Un aceite lubricante tiene un punto de inflamación característico, el cual se mide colocando la muestra dentro de la copa (6) y calentando a temperatura cercana a su punto de inflamación, si esta inflamación espontánea ocurre antes de lo esperado, significa que existe contaminación por combustible y su porcentaje se determina mediante una gráfica de calibración experimental.

IV.6.a5) Contaminación por agua

Esta prueba, totalmente cualitativa, consiste en colocar una muestra de aceite en una plancha (7) caliente a 110°C aproximadamente, si se observa una erupción en la superficie de la plancha, esto indicara que la presencia de agua es positiva. Igualmente esto indicara que la presencia de agua va acompañada de valores anormales de viscosidad.

IV.7 CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL ACEITE

Contaminante: Sodio

Efecto: Un aumento imprevisto de sodio señala fugas de inhibidor desde el sistema refrigerante. El inhibidor puede ser indicio de que hay anticongelante en el sistema de lubricación que hace que el aceite se espese y forme sedimentos que ataque los anillos de pistón y obstruya el filtro.

Contaminante: Hollín.

Efecto: Por lo general, el alto contenido de hollín no es una causa directa de fallas pero como partícula insoluble, el hollín puede obstruir los filtros y disipar

5 apéndice B, fig . 2

6 apéndice B, fig . 3

7 apéndice B, fig . 4

los aditivos dispersantes. El hollín indica un filtro de aire sucio, sobrecarga del motor, entrada excesiva de combustible o una aceleración repetida con ajuste inadecuado del limitador de la cremallera (limitador de humo). También puede indicar combustible de baja calidad.

Contaminante: Productos de oxidación

Efecto: La oxidación es una reacción química entre el aceite y el oxígeno, tal como la herrumbre es una reacción química entre el hierro y el oxígeno. La oxidación se controla mediante aditivos inhibidores. Pero siempre que el aceite este en contacto con el aire, se produce oxidación; los agentes de oxidación en los gases de combustión de los motores, la temperatura y ciertos contaminantes (como el cobre y el glicol), aceleran la oxidación.

Al aumentar la oxidación del aceite, disminuyen las propiedades lubricantes del mismo. se espesa el aceite, se forman ácidos orgánicos y se obstruyen los filtros conduciendo por último al atascamiento de los anillos, formación de incrustaciones y barnizado en los pistones.

Contaminante: Agua

Efecto: El agua combinada con el aceite crea una emulsión que obstruye el filtro. El agua y el aceite también pueden formar un ácido peligroso que corroe al metal. Casi siempre la contaminación del agua es el resultado de condensación en el cárter. Se producen contaminaciones más serias cuando hay fugas en el sistema de enfriamiento que permiten que el agua entre desde el exterior al sistema lubricante del motor.

Contaminante: Combustible

Efecto: La contaminación con combustible disminuye las propiedades lubricantes del aceite. La película de aceite pierde la firmeza necesaria para impedir el contacto de metal contra metal y puede llevar al deterioro de los cojinetes y al agarrotamiento del pistón.

Contaminante: Azufre

Efecto: La presencia de azufre es peligrosa para todas las piezas del motor. El tipo de desgaste corrosivo atribuido a un alto contenido de azufre también puede acelerar el consumo de aceite. Además, cuando más combustible se consume durante un intervalo entre cambios de aceite, más óxidos de sulfuro se forman y estos pueden producir ácidos. Por lo tanto, un motor que trabaja bajo cargas pesadas se debe inspeccionar con más frecuencia y su TBN se debe verificar con frecuencia. Los daños producidos por el azufre en el combustible pueden hacer que los anillos se atasquen y que haya desgaste corrosivo en la superficie metálica de las guías de las válvulas, de los anillos del pistón y de las camisas del cilindro.

Las condiciones de operación del motor también juegan un papel importante en el tipo y grado de contaminación del aceite.

IV.8 OBJETIVO DE ANALISIS DE ACEITE

El principal objetivo es realizar el análisis periódico de los diferentes conjuntos de la maquinaria, para implementar acciones que permitan mantenerla en condiciones de trabajo y determinar la vida útil del aceite.

Determinar el estado del aceite para ampliar los periodos de muestreo y establecer parámetros de desgaste.

Apoyar el mantenimiento predictivo-preventivo, monitoreando regularmente el nivel de partículas metálicas microscópicas, polvo, agua y combustible suspendidas en el aceite; para determinar el estado en que se encuentra la máquina.

Advertir con anticipación los problemas en los conjuntos antes que estos originen una falla mayor.

Identificar los conjuntos que presentan problemas para poder programar con anticipación las reparaciones necesarias.

IV.9 APLICACION DEL DIAGNOSTICO POR ANALISIS DE ACEITE

El proceso comienza con un programa mensual de envío de muestras que la obra manda al laboratorio, la papelería, frascos, mangueras y bombas de succión de acuerdo al programa mensual de envío por medio de memorándum.

La obra envía las muestras al laboratorio para su análisis, perfectamente documentadas: etiquetado del frasco, hoja de reporte de muestra y hoja de envío de muestras. La papelería debe empacarse en una bolsa de plástico y debe chequearse que las muestras estén perfectamente selladas y empacadas. El laboratorio recibe las muestras y las organiza en lotes por obra y número económico, sometiénolas a pruebas ya descritas anteriormente.

Los resultados se capturan en el sistema de computo para su interpretación y procesamiento estadístico donde se genera un reporte que se envía a obra, el cual contiene sugerencias correctivas que analizará el ingeniero de maquinaria y aplicará de acuerdo a su criterio y experiencia.

IV. 9.a) Identificación de las muestras

Después de tomar correctamente la muestra^(*) se debe escribir en la etiqueta del frasco toda la información necesaria para una adecuada interpretación de resultados.

- 1.-Añote el mismo folio de la hoja de muestra.
- 2.-Indique claramente la filial y el número de la obra.
- 3.-Añote la lectura del horómetro a la hora de tomar la muestra.
- 4.-Fecha en que se tomo la muestra.
- 5.-Número económico completo de la máquina.
- 6.-Describa el tipo d máquina, marca y modelo.
- 7.-Compartimiento muestreado. En caso del motor marca y modelo. Las muestras deben ser enviadas lo antes posible al laboratorio, por el medio más rápido, nunca se almacena la muestra por períodos mayores de 8 días, porque si se presenta un atraso considerable no se analizaran ya que puede ser demasiado tarde para detectar un problema de desgaste o contaminación en forma oportuna.

IV. 9.b) Como llenar el reporte de muestra^(*)

- 1.-Indicar claramente la filial, el número de obra y el nombre completo de acuerdo al listado de obra vigente.
- 2.-Fecha en que se tomo la muestra.
- 3.-Condiciones especiales de trabajo: ambiente polvoso, húmedo, sobrecargas, conjunto recién reparado, etc.
- 4.-Anotar el número económico completo, sin que falten números o letras, para lo cual se sugiere consultar el inventario de la máquina.
- 5.-Indicar la marca y clasificación del aceite empleado.
- 6.-Anotar la lectura del horómetro al momento de tomar la muestra.
- 7.-Cantidad de aceite de relleno que se le agrega al conjunto al checar el nivel durante el periodo de trabajo.
- 8.- Anotar la marca y modelo del motor.

IV. 9.c) Compartimiento que se debe muestrear y períodos recomendados

Motor.- La toma de muestra se debe realizar cada cambio de aceite, a las 150 o 175 horas aproximadamente.

En el caso de que el conjunto se haya reparado recientemente o se trate de un equipo nuevo, se debe tomar y enviar la muestra a las 50 horas de trabajo.

El muestreo se efectúa a las temperaturas de operación a través del tubo de verificación de nivel, utilice la bomba de succión.

8 apéndice B, fig . 1

9 apéndice B, fig . 2

IV.9.d) Reporte e interpretación de resultados (10)

Radiograma.— Es un reporte exclusivo para resultados urgentes, es decir, aquellos resultados que requieren una acción inmediata ya sea por detectarse un severo desgaste en las piezas o una elevada contaminación de tierra, agua o combustible. En este documento, además de mencionar los problemas se dan sugerencias correctivas de campo.

Reporte normal.— Este reporte, impreso por computadora, contiene la información de las muestras más recientes e indica los resultados del estado del aceite y del conjunto así como también, el posible origen de los problemas detectados y las correspondientes acciones correctivas.

Las lecturas de los elementos de desgaste (cobre Cu, hierro Fe, cromo Cr, aluminio Al y silicio Si), se clasifican de la manera siguiente:

Nivel aceptable (A).— Cuando las lecturas están dentro del límite permitido, se reportan como aceptables. Hay ocasiones que se esperan lecturas relativamente altas, por ejemplo, en el primer análisis de equipo reparado. Esto se debe a los contaminantes formados durante el reensamble o rebabas producidas durante el armado de las piezas.

Nivel reportable (R).— Cuando la lectura se incrementa ligeramente fuera del límite aceptable, se clasifica como reportable.

Dependiendo de las circunstancias, puede requerirse muestras más frecuentes. Deben revisarse y vigilarse los procedimientos de mantenimiento y corregir la fallas menores. En esta etapa no se recomienda las reparaciones mayores.

Nivel urgente (U).— Cuando las lecturas alcanzan niveles inaceptables, debe programarse una revisión o reparación para corregir el problema y acortar el periodo de muestreo para confirmar los resultados. En los casos extremos, se debe parar la máquina ya que los niveles urgentes de desgaste indican una falla inminente. Parando la máquina se reduce la severidad de la falla y, en consecuencia, el costo de la reparación.

Generalmente el tiempo de respuesta del laboratorio oscila entre 3 y 4 días a partir de la fecha de recepción. Los resultados urgentes se reportan vía telefónica o por radiogramas con un tiempo de 1 a 2 días como máximo.

IV.10 DIAGNOSTICO ESTADISTICO POR BITACORA

Este consiste en realizar una revisión de los mantenimientos preventivos, y del análisis de la operación de la máquina mientras ésta desarrolla las actividades que se requieren en la obra. Toda esta información se registra en la bitácora.

La bitácora es un libro que muestra el informe de las condiciones en que la máquina se recibe al ser transportada a los distintos lugares en los cuales se requiere de sus servicios, el control de mantenimientos, reparaciones y análisis de diagnóstico efectuados en los sitios de trabajo. El índice general de la bitácora ¹¹ consiste en:

- 1.-Fotografías de la máquina.
- 2.-Control de mantenimiento preventivo.
- 3.-Copias de los controles de envío y recepción de la máquina.
- 4.-Copias de los controles de calidad envío-recepción.
- 5.-Control de mantenimiento predictivo.
- 6.-Copias certificadas de la factura de la máquina.
- 7.-Copias de otros reportes o informes de la máquina.

El análisis estadístico corresponde a revisar la información, que se maneja en el conteo de las horas acumuladas de operación.

De esta información se puede tener un exacto control del tiempo en que se desarrolla el período de trabajo, fecha, mes, lugar, turnos y una muy detallada relación por medio de las lecturas hechas en el horómetro de las horas de trabajo de la máquina. Este aparato es una forma muy confiable de tener el conteo de horas de operación, se adapta como ya se ha mencionado en el sistema de engranajes de transmisión de la bomba de inyección. Para poder tener un registro de este aparato y de las previas revisiones de los formatos que contiene la bitácora los cuales son: ¹²

- Control general de horas por máquina.
- Control de servicios.
- Control general de servicios.
- Control de horómetro.
- Control mensual.

Control general de horas por máquina

Este control describe las lecturas tomadas desde el momento en que, la máquina va a iniciar su operación y ésta se toma con la lectura con la cual llegó a la obra o se consulta en este mismo control, con qué lectura se quedó en la última lectura registrada, está desde luego también nos da referencia del día y mes, así como de el lugar donde se realiza el trabajo de la máquina. Al tener cuenta exacta de la información del horómetro se toma al final, la lectura y se anota en la hoja de control e inmediatamente se saca la diferencia desde que comenzó hasta el momento en que se paró la máquina, con la finalidad de tomar junto con el tiempo anterior las horas acumuladas que ésta lleva trabajando. También se hacen observaciones de las lecturas en las cuales el horómetro marca al llegar a un determinado destino o

¹¹ apéndice D, fig . 4

¹² apéndice D, fig . 5, 6, 7, 8.

localidad de las horas acumuladas. Esto se hace con el fin de indicar que no es muy adecuada en ocasiones la lectura que registra el horómetro con la que está anotada en la bitácora.

- Control de servicios

Aquí se lleva el control de horas por mes de la máquina, durante los días que ésta dura, para llevar a cabo este control se toman las lecturas del horómetro al final de la jornada de trabajo de la máquina. Teniendo las lecturas acumuladas se ve la continuidad en el trabajo de la máquina así como se lleva la relación del tiempo en que se debe aplicar el control de mantenimiento preventivo, según el cúmulo de horas de servicio.

- Control general de servicios

Una vez que se cumple, con las horas de servicio se recomienda una conservación o, un programa de control de mantenimiento preventivo, éste se describe según las horas cumplidas ya sea que estas se fueron acumulando, y tomando en cuenta el lugar donde se hizo este servicio junto con la lectura del horómetro en el momento en que se realizó esta actividad y la fecha, para tener una idea exacta de como se está llevando a cabo el mantenimiento preventivo, es importante hacer la observación si en el transcurso de estos servicios no ocurrió alguna falla que rompiera con el control de servicios o por alguna causa se determinó atrasar o adelantar alguna reparación por criterio y decisión de la persona que lleva a cabo el mantenimiento para saber el estado de la máquina.

- Control de horómetros

En este control se revisa la continuidad de la operación de la máquina al hacer la cuantificación total de horas de trabajo en el día el turno en que se efectúa la operación para ver si por causa de fallas se detiene la continuidad del trabajo, el tiempo que se toma en reparar esta falla y los tiempos ociosos, que por causas fuera del control de la máquina hacen que esta detenga su labor. La importancia de este control es hacer resaltar la falla o circunstancia que detiene el trabajo de la máquina y ver si se usa en forma adecuada el horómetro y no existe una omisión en las lecturas de este instrumento.

- Control mensual

Este reporta casi exactamente lo que se hace en el de control de horómetros pero, aquí se registran en forma más detallada los tiempos marcados por el horómetro de los tres turnos a los cuales en alguno de ellos la máquina realiza sus operaciones, haciendo también observaciones de las causas o fallas que detuvieron la jornada de trabajo.

Una vez que se cuenta con esta información, las horas cumplidas al irse acumulando nos permitirá programar el mantenimiento preventivo para que así, se lleve a cabo las

actividades y recomendaciones, todo esto se incluye en la bitácora, además de los diagnósticos ya anteriormente analizados que es información que se anexa a la bitácora y los controles de envío que es el informe físico del estado de las partes de la máquina y en que condiciones se recibe si esta funciona o esta totalmente inutilizada como ya se ha descrito al comienzo del diagnóstico por operación y visualización. Y para completar esta información también se cuenta con las reparaciones efectuadas en el tiempo que esta trabajando, pueden ser de tipo parcial o general que se pueden dar por alguna falla imprevista y esto nos indica las regiones más sensibles a fallar ya que son el antecedente de un problema que por su naturaleza no se ha eliminado totalmente y esto da una clara señal de que es probable que si esta falla persiste ya se tiene un antecedente y reforzándolo con los demás elementos se puede establecer que la bitácora recapitula todas las partes que forman el mantenimiento predictivo y preventivo, cuya característica es dar los datos estadísticos de reparaciones, fallas y actividades del tiempo de operación en detalle para que, junto con los demás datos arrojados por un diagnóstico en obra o en el campo de pruebas permita prever y dar una serie de recomendaciones que complementen los programas de mantenimiento preventivo.

IV.11 RESULTADO DEL DIAGNOSTICO (13)

Desarrollando toda la información que arroja el diagnóstico, se pueden tomar consideraciones más cercanas a la determinación, de las recomendaciones más adecuadas y observaciones de cada uno de los resultados y pruebas en las cuales, se destacan las fallas más sensibles, a las que pueden ocasionar que el motor o la máquina se inutilice. Para tener ya un criterio definido es necesario entender que la técnica que se empleó para lograr todos los resultados posibles es, en su forma general el indicativo de las decisiones que se tendrán que tomar para que se lleve a cabo una acertada reparación y sobre todo que esta sea efectiva y oportuna para poder cumplir los objetivos de un mantenimiento predictivo que es el que define, los controles de mantenimiento preventivo, el cual se puede ir afinando de tal forma que tenga, en toda su aplicación, la más rigurosa vigilancia y, sobre todo, tener siempre presente que el control del tiempo de operación mostrará la efectividad en la aplicación de los mantenimientos. Como reflejo, la continua operación del motor y la máquina, los elementos que complementan el diagnóstico como los análisis de aceite las visualizaciones en la operación y el estado en que la máquina es tratada de esta manera, se sabrá si es adecuada

la forma en que ésta es manejada, según lo marca las especificaciones y los diseños del fabricante; cosa que es fundamental porque esto ayudará a que la vida útil se prolongue, como mínimo, el tiempo que por el cumplimiento de horas de trabajo debe tener el motor que a fin de cuentas es la planta generadora de potencia que acciona los demás conjuntos de la máquina. Esto determina los procedimientos en las conservaciones, como son, los cambios de aceites y filtros, con las respectivas muestras al realizar el cambio de aceite, corregir las fugas de combustible, agua y aceite, verificar la tensión de las bandas etc., todo esto, muestra ya el tipo de reparación al cual habrá de someterse a la máquina.

Como es algo inevitable hay algunos elementos que por el resultado del diagnóstico, ya sea en la operación, la visualización, las pruebas de banco y el análisis de aceite nos indican que ya los elementos o partes del motor tienen una descalibración o desgaste y, por esta razón, se recomienda que la reparación sea un poco más compleja y se le denomina de tipo parcial, que puede ser por ejemplo una descalibración de la bomba de inyección o los inyectores están ya muy sucios o alguna válvula ya esta flameada, o alguna fuga que sea de considerable magnitud y pueda precipitar una falla prematura, que en este caso, si no se lleva acabo la recomendación oportuna del diagnóstico se tendrá una falla de consecuencias de orden mayor y por lo tanto la reparación será más costosa y su tiempo detendrá la actividad de la máquina. En la obra, este tipo de falla se puede traducir en un quebradura en las bielas por falta de lubricación, por lo que se tendrá que hacer una reparación general del motor, que se tendrá que desarmar en su mayoría todas las partes internas que se encuentran en el monoblock, y se tendrá que rectificar cada elemento que se desarme o en su caso de falla total se deberá reemplazar. Otro resultado que el diagnóstico muestra es por medio de las horas de operación y el análisis de aceite, estos dos resultados indicarán que el motor ya cumplió con su vida útil y es necesario hacer los reemplazos y rectificaciones de cada uno de sus elementos por lo que el diagnóstico anticipa el tiempo en que el motor va llegar a su fin como elemento útil en la producción, por lo tanto, se llega el momento adecuado para programar una reparación general y esto dará el tiempo exacto para detener la operación y mandar al motor a los talleres. La importancia del diagnóstico radica, en los oportunos datos que este detalla para que de esta forma, se explote toda la información. Los recursos de manera adecuada y en el menor tiempo posible procurando que el costo de reparación sea lo más bajo posible marcando una línea, que tenga la tendencia a mejorar los mantenimientos y el estado de operación de el motor dando por consecuencia una eficiencia mas alta o por lo menos mantenerla. Un conocimiento muy amplio de su funcionamiento que en una investigación como parte de la información que el diagnóstico proporciona, se puede alcanzar metas en las

cuales el diseño puede tener tambien valiosas aportaciones ya que todo equipo puede tener la potencialidad de ser modificado en su diseño o rediseñar en alguna forma. Causas que por condiciones ambientales o características de operación, no se han podido solucionar y por este motivo la ingeniería puede incursionar en campos que permitan contemplar alternativas en los equipos pesados de construcción.

Siempre es importante comprender la naturaleza de las fallas, el entender el mecanismo de avance de éstas, su complejidad y, sobre todo, de realizar una labor que conjunte la experiencia, la información técnica, para lograr en forma creciente una movilización de datos que permita ampliar los criterios, partir en su apoyo para que las recomendaciones se apeguen a un programa ordenado y sencillo para que éste logre llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos.

IV.11.a) interpretación final de la hoja de diagnóstico

Esta hoja resume todo el desarrollo del diagnóstico, debe ser sencilla y objetiva, esta hoja marca las recomendaciones de los conjuntos en los que se detectaron posibles fallas, las cuales se tienen que corregir, esto indica el tiempo en que el motor ha estado trabajando bajo estas condiciones de potenciales fallas que por medio del horómetro, reportó el instante en que se realizó el diagnóstico que se encuentra en el reporte de esta hoja. También se detalla por medio de observaciones los sitios en los cuales se va a designar una reparación, especificando de que tipo va a ser, para que las personas que realicen la reparación la efectúen directamente en donde marca el diagnóstico y también se programe oportunamente. El análisis de reparación que se describe a continuación es de un cargador s/orugas, marca Kumatsu de motor diesel de aspiración natural y por medio de la hoja que se incorpora a continuación. Se da la relación de las conclusiones del diagnóstico realizado.

CAPITULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

V.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este trabajo se ha planteado las fases, que en su conjunto, forman parte del diagnóstico, este es el medio más funcional para poder determinar las posibles fallas por deficiencias en sus respectivos mantenimientos o por causas de una naturaleza tal que quedan fuera del control humano. Es por esta causa, que es muy importante comprender que una de las más notables características de la aplicación del diagnóstico es tener en cuenta oportunamente los riesgos potenciales a los que el motor puede ser sometido. Los alcances de éste en su rendimiento y sobre todo para tener presente que se debe aprovechar dentro de las especificaciones de diseño y operación. Su capacidad de proporcionar la energía que se requiere, de esta forma los conocimientos y criterios que provienen de las distintas fuentes de información especializadas en la fabricación, su aplicación y el tiempo aproximado de duración, que es una de las finalidades del diagnóstico, de acuerdo a las diferentes condiciones, como pueden ser el medio ambiente, tipo de suelo, la calidad de los combustibles, las refacciones que sustituyeron a un determinado conjunto, si ésta fue oportuna, si fue adecuada la reparación, esto depende mucho de un gran conocimiento del motor, de sus características de operación, la funcionalidad, la resistencia de sus materiales, las partes que lo conforman, y también tiene que ser apoyada con una larga experiencia, que es sin duda es la que aporta más elementos de decisión. En el caso de que se recomiende un determinado tipo de reparación que es en su forma general, la conclusión del diagnóstico, ésta se clasifica de acuerdo a la magnitud de la falla o de posibles problemas que se pueden corregir oportunamente, en el motor, se clasificaran de la siguiente manera:

V.1.a) *Conservación:*

Motor en condiciones de trabajo y especificaciones dentro de lo normal.

Si se efectúan únicamente cambios de aceite y filtros (aire, combustible y aceite), ajuste de bandas o sustitución de algunas de ellas, corrección de fugas de aceite por tapas de punterías, retén del cigüeñal, tomas de fuerza y por cárter. Corrección de fugas de combustible por líneas, algunos cambios de mangueras del sistema de enfriamiento y de admisión, algunas calibraciones pequeñas como punterías, combustible, revoluciones y apriete de tornillería en general.

V.1.b) *Afinación:*

En este aspecto el motor en condiciones normales de trabajo, presenta baja potencia y fuera de especificaciones (RPM, con carga baja, presión de turbo alta, alta densidad de humo, paso de aceite a la admisión por el turbo.

escurrimiento de inyectores, exceso de combustible, paso de aceite por el soplador, contaminación del aceite del motor por paso de combustible, arranque difícil.)

Se efectuará revisión de la bomba de inyección, inyectores, tuberías, turbocargador, bomba de alimentación, bomba de cebado, se realizarán ajustes en el laboratorio, calibraciones de inyectores y ajustes en el gobernador, en este tipo de reparación se incluye todo lo que involucra una conservación o servicio.

V.1.c) Reparación parcial

Cuando se presentan los siguientes problemas en el motor, puede estar dentro o fuera de las especificaciones y algunos detalles como los siguientes:

- Calentamiento
- Baja potencia
- Exceso de paso de compresión al cárter
- Compresiones bajas en pistones
- Fallas de inyección
- Consumo excesivo de aceite
- Humo azul en exceso
- Arranque difícil
- Baja presión de lubricación
- Cabezas figuradas
- Golpeteo de válvulas
- Paso de agua al aceite
- Paso de aceite al agua

Algunos de estos problemas se resuelven no necesariamente desarmando todo el conjunto, sino únicamente revisando y reparando algún o algunos subconjuntos y así obtener más horas de vida útil en el conjunto.

Para lograr esto, se tiene como punto de partida la realización de un buen diagnóstico por la razón de que en base a esta actividad da la suficiente información para una reparación rápida buena y económica.

Los problemas antes mencionados son frecuentes en la gran variedad de la maquinaria que ingresa a la planta Cuautitlán que es a su vez mediante el diagnóstico (motor, análisis de aceite, historia, horas acumuladas y bitácoras), se dictamina qué es lo que se debe hacer y qué tipo de reparación se debe realizar.

Corrección de fugas, incluyendo retenes, sustitución de partes de desgaste como: anillos, metales de biela, bancada, reparación de cabezas, además de lo incluido en una afinación y conservación, según sea el caso, prueba de potencia (cambio de bomba de aceite, cuando el caso lo exija).

V.1.d) Reparación general:

Cuando el conjunto presente los siguientes problemas:

- Excesiva baja potencia
- Baja presión de lubricación
- Horas de uso excesivas

- Exceso de paso de compresión al cárter
- Humo azul y consumo de aceite
- Desbielamiento
- Golpeteo metálico

Este tipo de fallas se presenta simultáneamente y es relativamente sencillo dictaminar el tipo de reparación después de un previo análisis.

Reparación en la cual es desarmado todo el motor, y se sustituyen partes de desgaste como son: pistones, anillos, camisas, reparación de cabezas, e incluye afinación (prueba de potencia).

V.1e) Sustitución

Será en los casos en los cuales el motor sea muy incosteable su reparación, esto quedará a juicio.

Una vez que se han planteado las reparaciones que se deben llevar a cabo conforme a la información que arroje el diagnóstico se debe considerar que estas ya traen implícitamente las recomendaciones a las cuales, se debe apegar la persona que finalmente se ocupará de hacer las correcciones en el motor, al presentar este una determinada característica de falla, que adicionalmente se complementa con los siguientes:

- Tener una relación exacta de las partes que conforman al motor, con el fin de esquematizar y localizar los distintos conjuntos.
- Asimilar la funcionalidad de los conjuntos, es decir, tener el conocimiento de cada uno de los sistemas que forman el motor y los principios físicos que fundamentan sus bases de funcionamiento, con el fin de identificar si se trata de un principio puramente mecánico o se auxilia con sistemas híbridos.
- Tener el razonable control estadístico de reparaciones y las horas de operación.
- Reportar con detalle la naturaleza de la falla o de la posible falla de algún elemento, esto realizando meticulosa revisión del motor en la cual intervengan todos los sentidos.
- Si el motor no arranca consultar el apartado de recomendaciones de la cual se puede tomar como guía en la localización de la falla, así como la ubicación de la misma para poder hacer funcionar el motor.
- Una vez que arranque por medio de una inspección visual y auditiva reportar el estado del motor en operación.
- Realizar los respectivos análisis de aceite después de cada cambio y aplicar los controles de servicio correspondiente según el tiempo acumulado de operación.
- Apegarse dentro de lo posible a las recomendaciones que surjan del diagnóstico y efectuar rápida y oportunamente las reparaciones señaladas.
- Programar en forma adecuada las reparaciones en caso de que surja una falla imprevista, respetando el límite

de tolerancia admitida en el diseño del elemento que está fallando, para detener el problema y no dañar a otros elementos en iteración o contacto con la pieza dañada.

V.2 CONCLUSIONES

- Se debe tener conocimiento exacto de la finalidad del diagnóstico, como una herramienta de apoyo a la localización de averías.
- Se debe capacitar al personal que está en constante contacto en la operación y manejo de la máquina para que su aprovechamiento sea más redituable en el tiempo de trabajo y sus características de operación a la cual se diseñó su capacidad.
- Fomentar la comunicación entre el personal que opera la máquina y el centro de diagnóstico de tal forma que se procure no omitir detalles con respecto al desempeño del motor.
- Hacer hincapié en lo vital e importante que es el aplicar y tener los servicios de mantenimiento preventivo oportunamente.
- Las recomendaciones que son el resultado del diagnóstico, son la planeación de cómo evitar futuros problemas, además de una creciente aportación de solución de fallas y una actualización técnica e innovadora de recursos humanos y materiales en la aplicación correcta de métodos altamente calificados para ir superando deficiencias de diseño y operativas del motor.
- Dar mayor acceso a los instrumentos de medición en los desarrollos de los diagnósticos, para tener la confiabilidad de los resultados obtenidos para dictaminar criterios más lógicos y precisos.
- Demostrar lo práctico y sencillo que es el aplicar el diagnóstico y los beneficios que este trae en la reducción de tiempos muertos por reparaciones y el abatimiento de los costos por refacciones, mano de obra y discontinuidad en la producción.
- Eliminar vicios y descuidos, que por medio del diagnóstico son reconocidos y permiten alertar las desviaciones y errores al reparar u operar el motor.
- Seguir las recomendaciones del fabricante en el mantenimiento y no dejar al azar el acondicionamiento del motor.

De esta forma se ha demostrado que después de este análisis y desarrollo del diagnóstico se tiene una nueva filosofía en la adecuación de técnicas que responderán a más exactos informes del estado de un motor, esto obliga a cambiar la actitud en el trato que se le da a un motor, la aplicación a la cual será sometido que en el caso de la

maquinaria pesada presenta una condición bastante severa, y es por esto que la utilidad de esta herramienta de diagnóstico simplifica el trabajo, que permite ya no dejar a la eventualidad y a la falta de iniciativa por solucionar los diversos tipos de fallas. Por lo que esto representa un origen bastante sólido para comenzar a implementar ordenadamente y bajo control los rediseños o modificaciones en los conjuntos del motor. De esta forma se puede contar con una constante retroalimentación en la investigación y el auxilio de recursos que apoyarán la detección cada vez más rápida y eficiente de fallas que de alguna manera siempre estarán presentes en el funcionamiento de un motor. El cambiar de actitud demostrará el mayor mejoramiento en el trato de los motores que se utilizan en la industria de la construcción por su condición de resistir las más severas condiciones de trabajo, lo que permite dar un enfoque más objetivo de la clase de máquinas que son y de los beneficios que aporta el tenerlas en condiciones siempre favorables en su trabajo.

APENDICE A

TRABAJO. - El trabajo es la energía mecánica de transición. El trabajo es igual al producto de la fuerza por el desplazamiento en la dirección de la fuerza.

La unidad de medida del trabajo es el Joule. Un Joule es igual al trabajo realizado por la fuerza de 1 N cuando su punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección y el sentido de la fuerza; $1 J = 1 Nm$.

POTENCIA. - Es el trabajo realizado en unidad de tiempo y se mide en Watt. El Watt (W) es la potencia que corresponde al trabajo de un Joule en un segundo; $1W=1J/s$. La unidad práctica para los motores es el kilowatt. De ésta se deriva otra unidad de trabajo o energía activa. El kWh que es igual al trabajo de 1000 J por la duración de una hora, es decir 3600 segundos.

$$1kWh = 3'600,000 J = 3,600 kJ$$

Aún se emplea frecuentemente como unidad de potencia el caballo; (CV o bien hp), correspondiente al trabajo de 75 kg/s.

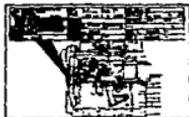
$$1Cv = 0.7355 kW$$

$$1kW = 1.3596 Cv$$

CALOR. - El calor es la energía térmica en transición a través de las superficies que limitan un sistema. Para que pueda producirse una transferencia de calor ha de existir una diferencia de temperaturas entre el sistema considerado y los adyacentes. La cantidad de calor se mide como las otras formas de energía en Joules, pero también se emplea a menudo la caloría (kCal).

Identificación del Motor
Página 2-1

Identificación del Motor



Sección E - Identificación del Motor y Compresores
Página 2

Placa de Datos del Motor

La placa de datos del motor muestra la información específica sobre el motor. El número de serie del motor (1) y el Logo de Placa de Datos (CPL) (2) proporcionan información para hacer el pedido del aceite y otros servicios de servicio.

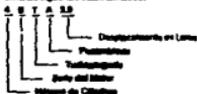
NOTA: La placa de datos del motor no debe cambiarse a menos que lo autorice Cummins Engine Company, Inc.

Modelo	Cilindros	Potencia (CV)	Potencia (kW)	Velocidad (RPM)	Consumo (litros/h)
4-112	4	112	82	1800	15.0
4-115	4	115	84	1800	15.5
4-118	4	118	86	1800	16.0
4-121	4	121	88	1800	16.5
4-124	4	124	90	1800	17.0
4-127	4	127	92	1800	17.5
4-130	4	130	94	1800	18.0
4-133	4	133	96	1800	18.5
4-136	4	136	98	1800	19.0
4-139	4	139	100	1800	19.5
4-142	4	142	102	1800	20.0
4-145	4	145	104	1800	20.5
4-148	4	148	106	1800	21.0
4-151	4	151	108	1800	21.5
4-154	4	154	110	1800	22.0
4-157	4	157	112	1800	22.5
4-160	4	160	114	1800	23.0
4-163	4	163	116	1800	23.5
4-166	4	166	118	1800	24.0
4-169	4	169	120	1800	24.5
4-172	4	172	122	1800	25.0
4-175	4	175	124	1800	25.5
4-178	4	178	126	1800	26.0
4-181	4	181	128	1800	26.5
4-184	4	184	130	1800	27.0
4-187	4	187	132	1800	27.5
4-190	4	190	134	1800	28.0
4-193	4	193	136	1800	28.5
4-196	4	196	138	1800	29.0
4-199	4	199	140	1800	29.5
4-202	4	202	142	1800	30.0
4-205	4	205	144	1800	30.5
4-208	4	208	146	1800	31.0
4-211	4	211	148	1800	31.5
4-214	4	214	150	1800	32.0
4-217	4	217	152	1800	32.5
4-220	4	220	154	1800	33.0
4-223	4	223	156	1800	33.5
4-226	4	226	158	1800	34.0
4-229	4	229	160	1800	34.5
4-232	4	232	162	1800	35.0
4-235	4	235	164	1800	35.5
4-238	4	238	166	1800	36.0
4-241	4	241	168	1800	36.5
4-244	4	244	170	1800	37.0
4-247	4	247	172	1800	37.5
4-250	4	250	174	1800	38.0
4-253	4	253	176	1800	38.5
4-256	4	256	178	1800	39.0
4-259	4	259	180	1800	39.5
4-262	4	262	182	1800	40.0
4-265	4	265	184	1800	40.5
4-268	4	268	186	1800	41.0
4-271	4	271	188	1800	41.5
4-274	4	274	190	1800	42.0
4-277	4	277	192	1800	42.5
4-280	4	280	194	1800	43.0
4-283	4	283	196	1800	43.5
4-286	4	286	198	1800	44.0
4-289	4	289	200	1800	44.5
4-292	4	292	202	1800	45.0
4-295	4	295	204	1800	45.5
4-298	4	298	206	1800	46.0
4-301	4	301	208	1800	46.5
4-304	4	304	210	1800	47.0
4-307	4	307	212	1800	47.5
4-310	4	310	214	1800	48.0
4-313	4	313	216	1800	48.5
4-316	4	316	218	1800	49.0
4-319	4	319	220	1800	49.5
4-322	4	322	222	1800	50.0
4-325	4	325	224	1800	50.5
4-328	4	328	226	1800	51.0
4-331	4	331	228	1800	51.5
4-334	4	334	230	1800	52.0
4-337	4	337	232	1800	52.5
4-340	4	340	234	1800	53.0
4-343	4	343	236	1800	53.5
4-346	4	346	238	1800	54.0
4-349	4	349	240	1800	54.5
4-352	4	352	242	1800	55.0
4-355	4	355	244	1800	55.5
4-358	4	358	246	1800	56.0
4-361	4	361	248	1800	56.5
4-364	4	364	250	1800	57.0
4-367	4	367	252	1800	57.5
4-370	4	370	254	1800	58.0
4-373	4	373	256	1800	58.5
4-376	4	376	258	1800	59.0
4-379	4	379	260	1800	59.5
4-382	4	382	262	1800	60.0
4-385	4	385	264	1800	60.5
4-388	4	388	266	1800	61.0
4-391	4	391	268	1800	61.5
4-394	4	394	270	1800	62.0
4-397	4	397	272	1800	62.5
4-400	4	400	274	1800	63.0
4-403	4	403	276	1800	63.5
4-406	4	406	278	1800	64.0
4-409	4	409	280	1800	64.5
4-412	4	412	282	1800	65.0
4-415	4	415	284	1800	65.5
4-418	4	418	286	1800	66.0
4-421	4	421	288	1800	66.5
4-424	4	424	290	1800	67.0
4-427	4	427	292	1800	67.5
4-430	4	430	294	1800	68.0
4-433	4	433	296	1800	68.5
4-436	4	436	298	1800	69.0
4-439	4	439	300	1800	69.5
4-442	4	442	302	1800	70.0
4-445	4	445	304	1800	70.5
4-448	4	448	306	1800	71.0
4-451	4	451	308	1800	71.5
4-454	4	454	310	1800	72.0
4-457	4	457	312	1800	72.5
4-460	4	460	314	1800	73.0
4-463	4	463	316	1800	73.5
4-466	4	466	318	1800	74.0
4-469	4	469	320	1800	74.5
4-472	4	472	322	1800	75.0
4-475	4	475	324	1800	75.5
4-478	4	478	326	1800	76.0
4-481	4	481	328	1800	76.5
4-484	4	484	330	1800	77.0
4-487	4	487	332	1800	77.5
4-490	4	490	334	1800	78.0
4-493	4	493	336	1800	78.5
4-496	4	496	338	1800	79.0
4-499	4	499	340	1800	79.5
4-502	4	502	342	1800	80.0
4-505	4	505	344	1800	80.5
4-508	4	508	346	1800	81.0
4-511	4	511	348	1800	81.5
4-514	4	514	350	1800	82.0
4-517	4	517	352	1800	82.5
4-520	4	520	354	1800	83.0
4-523	4	523	356	1800	83.5
4-526	4	526	358	1800	84.0
4-529	4	529	360	1800	84.5
4-532	4	532	362	1800	85.0
4-535	4	535	364	1800	85.5
4-538	4	538	366	1800	86.0
4-541	4	541	368	1800	86.5
4-544	4	544	370	1800	87.0
4-547	4	547	372	1800	87.5
4-550	4	550	374	1800	88.0
4-553	4	553	376	1800	88.5
4-556	4	556	378	1800	89.0
4-559	4	559	380	1800	89.5
4-562	4	562	382	1800	90.0
4-565	4	565	384	1800	90.5
4-568	4	568	386	1800	91.0
4-571	4	571	388	1800	91.5
4-574	4	574	390	1800	92.0
4-577	4	577	392	1800	92.5
4-580	4	580	394	1800	93.0
4-583	4	583	396	1800	93.5
4-586	4	586	398	1800	94.0
4-589	4	589	400	1800	94.5
4-592	4	592	402	1800	95.0
4-595	4	595	404	1800	95.5
4-598	4	598	406	1800	96.0
4-601	4	601	408	1800	96.5
4-604	4	604	410	1800	97.0
4-607	4	607	412	1800	97.5
4-610	4	610	414	1800	98.0
4-613	4	613	416	1800	98.5
4-616	4	616	418	1800	99.0
4-619	4	619	420	1800	99.5
4-622	4	622	422	1800	100.0

Sección E - Identificación del Motor y Compresores
Página 2

Identificación de Motor Industrial

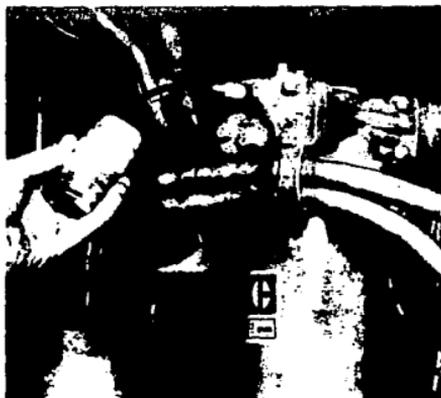
El tamaño del motor puede variar entre 1/2 HP y 100 HP.



Identificación del Motor Automotriz

El tamaño del motor puede variar entre 1/2 HP y

APENDICE B



Toma de muestra de aceite



La presencia de agua en el aceite se verifica y se mide mediante la prueba del chisporroteo

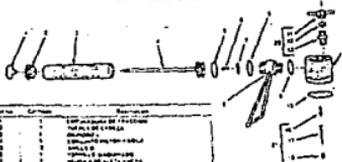


Mediante el protocolo del sistema se verifica la presencia de agua por el ruido que produce al frotarse en el aceite



El análisis microscópico es un método excelente para determinar el estado del aceite usado.

LISTA DE PIEZAS BOMBA DE MUESTRO DE ACEITE
VAMPINA MODELO 39-47



Nº	Descripción	Material
1	1.000	ALUMINIO
2	1.000	ALUMINIO
3	1.000	ALUMINIO
4	1.000	ALUMINIO
5	1.000	ALUMINIO
6	1.000	ALUMINIO
7	1.000	ALUMINIO
8	1.000	ALUMINIO
9	1.000	ALUMINIO
10	1.000	ALUMINIO
11	1.000	ALUMINIO
12	1.000	ALUMINIO

SAE-VAC COMPANY
NEWARK, N. J. U.S.A.
BRANCO, 1940, 1942

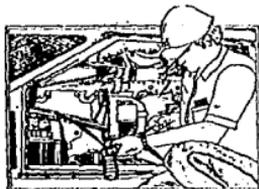


Fig. 6

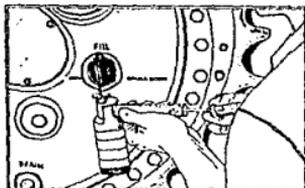
VISCOMETRO CUMMETSCH



Fig. 10



Toma de muestra de aceite del motor



Toma de muestra de aceite de un mando final

REPORTE DE MUESTRA
LABORATORIO DE ANALISIS DE ACEITE C.A.

Form. 11550

OBRA _____ FECHA _____
 CONDICIONES DE TRABAJO _____ No. ECO _____
 MARCA Y TIPO DE ACEITE _____ MONOMETRO _____
 NOMBRES DEL ACEITE _____ LT. ACEITE AGRGADO _____

MUESTRA TOMADA DE

<input type="checkbox"/> MOTOR	<input type="checkbox"/> PLANETARIO DELANTERO CARGADO
<input type="checkbox"/> CONVERTIDOR	<input type="checkbox"/> PLANETARIO DELANTERO EQUIETRO
<input type="checkbox"/> TRANSMISOR	<input type="checkbox"/> DE ANCLADO EN ALEA DE ALUMINIO
<input type="checkbox"/> SI SE HA REDUCIDO	<input type="checkbox"/> PARA EL TRABAJO EN CARGA
<input type="checkbox"/> MANDO FINAL (MOTOR)	<input type="checkbox"/> PARA EL TRABAJO EN CARGA
<input type="checkbox"/> MANDO FINAL (EQUIETRO)	<input type="checkbox"/> PARA EL TRABAJO EN CARGA
<input type="checkbox"/> OPERACIONAL DELANTERO	<input type="checkbox"/> UNIDAD DE MANDO FINAL
<input type="checkbox"/> OPERACIONAL TRASERO	<input type="checkbox"/> MOTO EN CARGA EN EL MANDO FINAL
<input type="checkbox"/> CAVENA ALTERNAN	<input type="checkbox"/> EN EL MOTOR DE ALTERNAN



EQUIPOS NACIONALES, S. A. DE C. V.
DEPARTAMENTO TECNICO DE DIAGNOSTICO.

MAQUINA: CARGADOR S/PI. ORUGAS MARCA: CATERPILLAR MODELO: 913
SERIE: 764 GRUPO: 222 AÑO DE FABRICACION:

M O T O R

MARCA: CATERPILLAR MODELO: 3204 H-110SERIE: 10X

.....

PRUEBA	UNIDADES	ESPECIFICACIONES
VELOCIDAD EN BAJA	R.P.M.	775 ⁺⁷⁵
VELOCIDAD EN ALTA	R.P.M.	2566 ⁺⁵⁰
VELOCIDAD CON CARGA	R.P.M.	2400
PRESION DE REFUERZO	PULG. HG	20 ⁺²
RESTRICCION DE FILTRO DE AIRE	PULG. H2O	10 MAX.
PRESION DE COMBUSTIBLE	P.S.I.	30 ⁺⁵
PRESION DE LUBRICACION	P.S.I.	20-50
TEMPERATURA DEL MOTOR	°F	160-185
CONTRAPRESION DE ESCAPE	PULG. HG	
PRESION AL CARTER	PULG. H2O	2-4
TIEMPO DE INYECCION	G.P.S.	165 ⁺¹
ORDEN DE ENCENDIDO		1-3-4-2
NIVEL DE HUMO	E.B.	6 MAX.
CALIBRACION DE VALVULAS	MILESIMA DE PULG.	0.015" ADM. 0.025" ES

RECOMENDACIONES: LAS ESPECIFICACIONES DE PRESION AL CARTER, SON TOMADAS CON EQUIPO KOMATSU, DE ACUERDO AL CABALLAJE DEL MOTOR.

LAS ESPECIFICACIONES CON EQUIPO CATERPILLAR SON DIRECTAS

110-240 PIE 3/HR. 52-110 L/MIN.

EQUIPOS NACIONALES, S. A. DE C. V.
 DEPARTAMENTO TECNICO DE DIAGNOSTICO.

MAQUINA: CAEROL 4 1111 ORUGAS MARCA: FIMAT MODELO: D535-10
 SERIE: 65 GRUPO: 222 AÑO DE FABRICACION:

M O T O R

MARCA: KOMATSU MODELO: 4D 130 1E-F HF110 SERIE:

PRUEBA	UNIDADES	ESPECIFICACIONES
VELOCIDAD EN BAJA	R.P.M.	600-650
VELOCIDAD EN ALTA	R.P.M.	2050-2150
VELOCIDAD EN STALL	R.P.M.	1410-1560
PRESION DE REFUERZO	PULG H.G.	
RESTRICCIÓN FILTRO DE AIRE	PULG. H2O	12-25
PRESIÓN DE COMBUSTIBLE	P.S.I.	
PRESION DE LUBRICACION	P.S.I.	14-65
TEMPERATURA DEL MOTOR	°F	160-180
CONTRAPRESION DE ESCAPE	PULG. HG	
PRESION AL CAPTE	PULG. H2O	2
TIEMPO DE INYECCION	G.P.S.	
ORDEN DE ENCENDIDO		1-3-4-2
NIVEL DE HUMO	E.B.	6 MAX.
CALIBRACION DE VALVULAS	MILESIMA DE PULG.	0.011" ADM. 0.019" ESC
PRESION DE OPERACION DE RADIADOR	P.S.I.	10-11

C O N J U N T O S

CAUDAL DE LA BOMBA
 PRESION VALVULA DE ALIVIO PRINCIPAL 2030-2131 P.S.I.

*Presión de Entrada 101-130 P.S.I.
 ✓ ✓ Salida 43-58 P.S.I.*

T R A N S M I S I O N

PRESION PRINCIPAL 261-319 P.S.I.

PRESION DE ENLACE 261-319 P.S.I.

1.º TRANSPORTADO EN: LINEA S ALAS GUERRERO-OAXACA S.A. DE C.V. TRACTOR WHITE BRIT	Recibido en Opra No. ... Nombre ... EQUIPOS NACIONALES Por ... Fecha ... 12 FEBRERO DE 1993.
	Carro Marca Placa Chasis: VICTOR N. DE LA VECA MENDOZA Fecha: 09 FEBRERO 1993

LORENZO BECERRA M.

No. de Entrada	Serie	DESCRIPCIÓN
<p>171</p> <p>SE ENVIA CON DOCUMENTO QUE CONFIRMA EL CONTENIDO, SI AL ENTREGAR EXISTE ALGUN DAÑO, FALTA O DIFERENCIA CON LO ENTREGADO, SE DESCONTARÁN DEL VALOR A SU FLETE.</p>	<p>171</p>	<p>CARGADOR SOBRE DRUGAS. MARCA: KOMATSU MOTOR: DIESEL MODELO: D535 MARCA: KOMATSU MODELO: 4D 1301 SERIE: 25540</p> <p>MOTOR CON: RADIADOR CON TAPON, VENTILADOR, POLEAS, BANDAS, BOMBA DE AGUA, DE INYECCION, DE TRANSFERENCIA, DE ACEITE, TURBOCARGADOR, MARCHA ALTERNADORA, RIGIDIZADOR, PLANONETA, FILTRO DE ACEITE, DE COMBUSTIBLE, DE AIRE, BATERIA, MARCO DE BATERIA, LANGUERAS, Y CONEXIONES, HORRIBETRO, NUEVO, MARCANDO 000 Y SWITCH CON LLAVE, ASIENTO EN BUEN ESTADO, FAROS DELANTEROS, FAROS TRASEROS, PARRILLA, TANQUE DE COMBUSTIBLE CON TAPON, SILENCIADOR Y ESCAPE, ESTRIBOS, SISTEMA HIDRAULICO CON: BOMBA HIDRAULICA, BARRIL DE VALVULAS, PALANCAS Y PERILLOS DE OPERACION, DEPOSITO DE ACEITE CON TAPON, CILINDRO DE LEVANTE DE VOLTEO, ROTAS, LINEAS Y CONEXIONES, TRANSITOS, ZAPATAS.</p> <p>NOTA: SE ENVIA CITADORA, MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO, CATALOGO DE PARTES.</p>

ENTRADA No. 171

DEPARTAMENTO DE DIAGNOSTICO PLANTA

PROPIETARIO JCA Construcción Urbana FECHA: 28 de Abril de 1993
 Nº ECO 3E222E012 DESCRIPCION: Generador Gubernador OBRA PROCED: Huancayo
 MARCA Komatsu MODELO: D585-16 SERIE: 68187

MOTOR

MARCA Komatsu MODELO: 4D130 SERIE: 25540

RADIADOR	<u>Bien</u>	MARCHA	<u>Bien</u>
VENTILADOR	<u>Bien</u>	ALTERNADOR	<u>Bien</u>
BANDA VENT.	<u>mal estado</u>	GOBERNADOR	<u>Bien</u>
BANDA ALT.	<u>mal estado</u>	COMPRESOR	<u>Bien</u>
BANDA P. AGUA	<u>mal estado</u>	INT. ENCENDIDO	<u>Bien</u>
BOMBA DE AGUA	<u>Bien</u>	PARO AUTOMAT.	<u>Bien</u>
MANGUERAS AGUA	<u>Bien</u>	MANOM. ACEITE	<u>Bien</u>
ENF. ACEITE	<u>Bien</u>	MANOM. COMBUST.	<u>Bien</u>
BOMBA DE TRANF.	<u>Bien</u>	MANOM. AGUA	<u>Bien</u>
BOMBA DE ACEITE	<u>Bien</u>	IND. DE TEMP.	<u>Bien</u>
BOMBA DE INYECC.	<u>Bien</u>	IND. REST. AIRE	<u>Bien</u>
INYECTORES	<u>Bien</u>	FILTROS DE AIRE	<u>Buenos</u>
LIN. DE INYECC.	<u>Bien</u>	FILTROS COMBUST.	<u>Buenos</u>
TURBO-CARGADOR	<u>Bien</u>	FILTROS ACEITE	<u>Buenos</u>
SOPLADOR		FILTRO ANTIC.	
MANG. ADMISION			

PRUEBAS

PRUEBA	UNIDAD	ESP.	OBTENIDOS	UNIDAD	ESP.	OBTOS.
VEL. EN BAJA	R.P.M.	<u>600-650</u>	<u>620</u>	TEMPERATURA	<u>°F</u>	<u>160-180</u>
VEL. EN ALTA	R.P.M.	<u>2050-2150</u>	<u>1970</u>	REST. FILT. AIRE	<u>P.H.20</u>	<u>8</u>
VEL. CON CARGA	R.P.M.	<u>1410-1560</u>	<u>1501</u>	PRESION DE AGUA	<u>P.H.20</u>	
PRESION ACEITE	P.S.I.	<u>14-65</u>	<u>34-54</u>	DENSIDAD HUMO	<u>F-C</u>	<u>6 max</u>
PRESION DE COMBUST.	P.S.I.			PRESION SOPLADOR P.H.20		<u>4</u>
PRESION DE TURBO	P.H.G.			PRESION CARTER	<u>P.H.20</u>	<u>2</u>

COMPRESIONES P.S.I. ESP 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.
 CONCLUSIONES DE FALLAS: Corregir el suministro de aceite del retón frontal del
quebral, cambiar el manillar de filtracion y aceite

FECHA ULT. REPARACION: _____ TIPO DE REPARACION: _____ HORAS ACUM: _____
 RECOMENDACIONES: _____

SE ANEXA REPORTE DE LABORATORIO DE ANALISIS DE ACEITE SI NO

DIAGNOSTICO PLANTA
REPORTE DE OPERACION

PROPIETARIO ICA Construcción Urbana FECHA 28 de Abril de 1993
No. ECONOMICO: 352225012 DESCRIPCION Cargador S/orugas
MARCA Komatsu MODELO D535-16 SERIE 68187
MOTOR MARCA Komatsu MODELO 4D630 SERIE 25540
HOROMETRO ANTES 0 DESPUES 1 TIEMPO PRUEBA 1:00

-MOTOR

CAMB. DE ACEITE (SI) (~~SI~~) LITS AGREGADO CAMBIO DE FILTRO No
ARRANCA FACILMENTE (SI) (~~SI~~)
SE ESCUCHAN RUIDOS ANORMALES (SI) (~~SI~~)
SE APRECIA PASO DE COMPRESION No
SE CALIENTA: No MOTOR: 172°F TRANSMISION: 170°F S. HCO: 100°F.
PRESION DE ACEITE MOTOR INDICADORES FUNCIONAN BIEN (~~SI~~) (NO)
INDIQUE LOS DAÑOS Ninguno
Reten frontal del cigñal esta escuchando

OPERA BIEN (~~SI~~) (NO)
EMITE MAS HUMO DE LO NORMAL (SI) (~~SI~~) COLOR (NEGRO) (AZUL)

APPENDICE B

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MAGUINARIA

No. ECO.

77-72-309

CARACTERÍSTICAS	MADINA	MOTOR
CLASE	TRACTOR S/ORUGAS	DIESEL
MARCA	CATERPILLAR	CATERPILLAR
MODELO	D.B.K.	D-340-113
TIPO		
SERIE	77V8770	1752717
CAPACIDAD		800 HP
VELOCIDAD R.P.M.		1800

ADITIVOS

TIPO DE CUCHILLA: CATERPILLAR

TIPO DE CUCHILLA: RECTA 8 5

CONTROLES: VALVULAS

DIMENSIONES. LARGO _____ ANCHO _____ ALTO _____ MTS.

PESO DE LA UNIDAD COMPLETA EN KGS. _____

E).- SISTEMA HIDRAULICO

150 300 450

Dotar de muestra de aceite y enviarla al laboratorio cada 450 hrs.
 Poner a nivel de aceite. Limpiar reparedera y tapón de llenado.
 Eliminar fugas de aceite y verificar estado físico de manguearas.
 Limpiar vistapos y verificar su estado físico.



F).- SISTEMA ELECTRICO.

Poner a nivel el electrolito. Limpiar bornes y terminales.
 Verificar funcionamiento de instrumentos del tablero.
 Verificar funcionamiento del sistema de alumbrado en general.
 Verificar funcionamiento del sistema de protección (alarmas).



G).- CILINDRO.

Lubricar graseros de cojinetes de los cilindros y articulación del
 disparador.
 Lubricar graseros del tirante de inclinación de la boja Capedera.
 Verificar estado de cuchillas, gaviolares y punta del disparador así como
 correa de tornillo.



NOTA:.- CUANDO CAMBIE UNA BOMBA HIDRAULICA POR OTRA, LAVAR EL SISTEMA Y
 CAMBIE TOTALMENTE EL ACEITE Y CUANDO PONGA A NIVEL EL ACEITE DEBE SER
 DE LA MISMA MARCA Y VISCOSIDAD.

MATERIALES NECESARIOS PARA SERVICIOS DE 150, 300, Y 450 HRS.

A).- MOTOR.

FILTROS	CANTIDAD	No. PARTE	EQUIVALENTES	
			DONALDSON	FLEETGUARD
ACEITE	1	2P4005	LFPS5-9985	LF-691
COMBUSTIBLE	2	2K2134	FFPS5-5823	FF211
AIRE PRIMARIO	1	765495	SHF18-1118	AF875A
AIRE SEC.	1	1P7360	FFP15-8670	AF876
ANTICORROSIVO	1	9N3367	CFPS5-4744	WF2051

- 38 LITROS ACEITE MOBIL HELIX 1340
- UN BOTE DE ETHER

NOTA: PARA EL ENGRASE GENERAL DE LA MAQUINA SON NECESARIOS APROXIMAMENTE 5 KG. DE GRASA MOBIL EP3.

LIMPIE SIEMPRE ALREDEDOR DE LAS BOCAS DE LLENADO DE ACEITE ANTES DE QUITAR LAS TAPAS O TAPONES, LIMPIE CON UNA FRANELA TODAS LAS BOMBENAS ANTES DE LUBRICAR.
NUNCA EXCEDA LOS NIVELES RECOMENDADOS O INYECTE DEMASIADA GRASA, ESTO QUE AL MISMO TIEMPO QUE ES UN DESPERDICIO ES TAMBIEN PERJUDICIAL. APLIQUE GRASA UNICAMENTE HASTA QUE EMPIECE A FLUIR HACIA EL EXTERIOR DE LA PARTE QUE SE ESTA LUBRICANDO, EVITE QUE LA SUCIEDAD, POLVO, AGUA, O CUALQUIER OTRA MATERIA EXTRANA CONTAMINE LOS LUBRICANTES Y EL EQUIPO DE LUBRICACION.

FECHA: _____ MONITOREO: _____ SERVICIO DE: _____ MRS.

REALIZO: _____ REVISO: _____
SUPERSTANTE INGENIERO MECANICO.

VO. SO. : _____
INGENIERO SUPERINTENDENTE

OBRA: _____

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL

no MP 2

CONTROL DE SERVICIO

1992

22A-740-0369

JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
LECTURA HOROMETRO	TIPO DE SERVICIO										
2633		2828		3024		3138		3211	DOMINGO	3294	
2638		2831	DOMINGO	3034		3141		3219		3294	
2642		2837		3034		3144		3226		3294	
2656	DOMINGO	2850		3034		3144	DOMINGO	3232		3294	
2661		2864		3044		3147		3233		3294	
2661		2876		3044	DOMINGO	3158		3241		3294	DOMINGO
2673		2882		3044		3169		3248		3294	
2675		2890		3044		3173		3248	DOMINGO	3294	
2688		2890	DOMINGO	3030		3174		3259		3294	
2694		2896		3041		3174		3271		3294	
2696		2900		3046		3174	DOMINGO	3277		3294	
2696	DOMINGO	2907		3030		3174		3201		3294	
2697		2907		3030	DOMINGO	3174		3213		3294	DOMINGO
2700		2911		3035		3183		3211		3294	
2710		2923		3066		3170		3208	DOMINGO	3294	
2715		2913	DOMINGO	3066		3190		3227		3200	
2718		2929		3074		3194		3242		3212	
2725		2941		3078		3194	DOMINGO	3250		3250	
2725	DOMINGO	2946		3086		3206		3255		3512	
2734		2955		3026	DOMINGO	3220		3262		3512	DOMINGO
2747		2964		3095		3232		3272		3521	
2756		2969		3087		3240		3274	DOMINGO	3534	
2771		2982		3099		3251		3277		3537	
2778		2982	DOMINGO	3099		3258		3277		3541	
2784		2989		3103		3258	DOMINGO	3277		3541	
2784	DOMINGO	2990		3108		3270		3277		3541	
2793		3000		3108	DOMINGO	3278		2484		3541	DOMINGO
2797		3011		3117		3287		3494		3546	
2805		3017		3127		3293		3494	DOMINGO	3554	
2816		3017	DOMINGO	3135		3203		3494		3561	
2827		3024				3211				3560	

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO GENERAL

CONTROL DE SERVICIO

1992

2K-A 740-K0369

2KA-740-K0369

ENERO		FEBRENO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
LECTURA HORÓMETRO	TIPO DE SERVICIO										
		1330		1592	DOMINGO	1867		2148		2420	
		1333	DOMINGO	1594		1879		2148		2428	
		1337		1598		1882		2148	DOMINGO	2433	
		1345		1590		1900		2188		2439	
	DOMINGO	1353		1603		1900	DOMINGO	2192		2447	
		1366		1609		1917		2184		2453	
		1378		1614		1927		2192		2456	DOMINGO
		1388		1614	DOMINGO	1939		2206		2466	
	150 MAR.	1392	DOMINGO	1614		1948		2211		2466	
		1402		1628		1959		2211	DOMINGO	2488	
		1414		1643		1967		2218		2489	
	DOMINGO	1428		1655		1967	DOMINGO	2220		2490	
		1444		1662		1981		2229		2514	
		1457		1672		1997		2232		2514	DOMINGO
		1465		1672	DOMINGO	2004		2264		2521	
		1465	DOMINGO	1682		2008		2270		2532	
		1493		1689		2008		2294	DOMINGO	2544	
		1486		1702		2012		2283		2555	
	DOMINGO	1496		1715		2012	DOMINGO	2285		2555	
		1502		1724		2027		2302		2555	
		1510		1731		2040		2317		2555	DOMINGO
		1513		1731	DOMINGO	2048		2329		2562	
		1518	DOMINGO	1747		2058		2336		2573	
		1527		1763		2078		2336	DOMINGO	2585	
		1541		1779		2091		2349		2598	
	DOMINGO	1550		1775		2099	DOMINGO	2364		2598	
		1558		1809		2109		2378		2603	
		1567		1816		2125		2394		2603	DOMINGO
		1571		1816	DOMINGO	2140		2403		2614	
		—		1834		2148		2410		2629	
		—		1851		—		—	DOMINGO	—	

CONTROL DE HOROMETROS

ECONOMICO: 2K77-740-0369 OBRA: O.T. Petacaos Gre. MES: Enero AÑO: 1993

IA	HOROMETRO		HORAS TRAB.	TIEMPOS PERDILOS		FALLAS REPORTADAS
	INICIAL	FINAL		REP.	OCIOSO	
1	3566	3566	0	0	8	Dia festivo
2	3566	3566	0	0	8	
3						Domingo
4	3566	3580	14	0	0	Las Cuchillas y Gavilanes gastados
5	3580	3589	9	0	6	
5	3589	3599	10	0	6	
7	3599	3606	7	0	9	Anda roto el escape
3	3606	3611	5	0	10	
7	3611	3615	4	4	0	Revisando alternador
10	3615	3615				Domingo
1	3615	3630	15	0	0	
2	3630	3637	7	0	5	Escape roto
3	3637	3642	5	5	0	
4	3642	3647	5	5	0	De la bomba de los mandos
5	3647	3657	10	0	0	" " " " " "
6	3657	3661	4	6	0	Soldando escape
7	3661	3661	0			Domingo
8	3661	3665	4		4	
9	3665	3665	0	0	0	
0	3665	3670	5	0	3	Disponible en obra
1	3670	3672	2	0	6	
2	3672	3672	0		8	Disponible
3	3672	3672	0		8	
4	3672	3672				Domingo
5	3672	3672	0		8	Disponible
6	3672	3672	0		8	
7	3672	3672	0		8	Ds
8	3672	3672	0		8	Ds
9	3672	3672	0		8	Ds
0	3672	3672	0			Ds
TOTAL MEN.						Domingo.

CONTROL MENSUAL

JRM. MP.4

2CA-740-0369
JUNIO
1992.
 CT. METCALLO, 740.

HOROMETRO FINAL 7555
 HOROMETRO INICIAL 2270
 TOTAL DE HORAS 285

DIA	HORAS TRABAJADAS TURNOS				TIEMPOS PERDIDOS		OBSERVACIONES
	1	2	3	TOTAL	OCIOSO	REPARACION	
1	8	2	0	10	6	0	SE CALIENTA DETRASANDO EL MOTOR
2	5	3	0	8	8	0	FALTA DE NIVEL, CIERRO DE HUNTER
3	6	3	0	9	10	0	PARADA POR LLUVIA
4	4	2	0	6	10	0	PARADA HUNTER POR EL TERRENO
5	7	1	0	8	8	0	HUNTER EN EL TERRENO
6	4	2	0	6	8	0	
7	3	0	0	3	5	0	ROMA 90
8	8	1	0	9	7	0	
9	6	5	0	11	5	0	
10	7	5	0	12	4	0	
11	7	4	0	11	5	0	
12	7	4	0	11	5	0	
13	4	0	0	4	6	0	
14	0	0	0	0	0	0	DOMINGO
15	7	0	0	7	1	0	ROMA 90
16	5	3	0	11	5	0	
17	8	4	0	12	4	0	
18	7	4	0	11	5	0	
19	0	0	0	0	0	16	REPARACION DE POLEA DEL VENTILADOR
20	0	0	0	0	0	16	✓ ✓ ✓ ✓
21	0	0	0	0	0	0	DOMINGO
22	7	0	0	7	1	0	DOMINGO
23	6	0	0	6	2	0	
24	6	0	0	6	2	0	
25	8	5	0	13	3	0	
26	0	0	0	0	16	0	NO SE MARCHA DEBIDA A HUNTER
27	3	2	0	5	11	0	
28							DOMINGO
29	9	2	0	11	5	0	TERRENO HUNTER.
30	8	7	0	15	1	0	140 DE ALITE POR EL REPARADOR
31							

11-27-92
08:49:21

EDIFICIOS NACIONALES S.A. DE C.V.
LABORATORIO DE ANALISIS DE ACEITE

SISTEMA DE INTERPRETACION DE ANALISIS

COMPANIA: CA IND ECONOMICO ZARZARANDON MAQUINA: TRACTOR SOBRE RUEDAS
MOTOR: DIESEL

MARCA: CATERPILLAR MODELO: D6L
MARCA: CATERPILLAR MODELO: 6342

CONTRIBUYENTE: MOTOR

UNIDADES: PPM partes por millon

Viscosidad reportada en cSt (centistokes)

Temperaturas de inflamacion e ionizacion reportadas en grados centigrados

OPERA	FOLIO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ANALISIS	LTS MUESTRA	HORAS APROX	ACEITE TRAB. USADO	PPM Cu	PPM Pb	PPM Fe	PPM Cr	PPM Al	PPM Si	PPM Pb	PPM Fo	% DE AGUA	% DE TBN	vis 42	vis 100	ion inf	ion ign
ICN11854e	11452	03/19/92	04/21/92	1694	0	0 DELV1340	27 R	163 U	9 A	9 A	29 U	2 A	0.0	0.0	0.0	0.0	2 20.5	0	0	0
ICN11854b	11428	06/05/92	24/23/92	1677	0	0 DELV1340	22 R	91 R	2 A	11 R	17 R	0 A	0.0	0.0	0.0	0.0	2 17.0	0	0	0
ICN11854d	27a	04/30/92	05/21/92	2134	0	0 DELV1340	15 A	86 R	1 A	9 A	1 A	0 A	0.0	0.0	0.0	4.2	0 16.5	0	0	0
ICN11854h	1494b	05/21/92	06/15/92	2263	0	154 DELV1340	9 A	86 R	1 A	6 A	21 U	0 A	0.0	0.0	0.0	3.7	2 12.2	0	0	0
ICN11854i	4967	06/24/92	06/25/92	2437	0	144 DELV1340	16 A	49 A	1 A	7 A	3 A	0 A	0.0	0.0	0.0	5.5	0 11.5	0	0	0
ICN11854j	101	06/25/92	07/08/92	2592	17	153 DELV1340	7 A	48 A	1 A	9 A	6 A	0 A	0.0	0.0	0.0	4.7	0 15.1	0	0	0
ICN11854k	102	07/10/92	07/26/92	2730	2	150 DELV1340	6 A	47 A	1 A	4 A	1 A	0 A	0.0	0.0	0.0	5.7	0 12.2	0	0	0
ICN11854l	0925	05/13/92	06/21/92	2700	0	112 DELV1340	13 A	99 R	1 A	9 A	21 U	0 A	0.0	0.0	0.0	3.0	0 12.1	0	0	0
ICN11854m	17019	16/01/92	16/12/92	3250	0	0 DELV1340	12 A	117 U	1 A	5 A	10 A	0 A	0.0	0.0	1.5	3.5	0 10.8	0	0	0
ICN11854n	0534	10/22/92	11/24/92	3240	0	0 DELV1340	14 A	64 B	0 A	0 A	4 U	0 A	0.1	0.0	0.0	4.1	0 12.5	0	0	0
ICN11854o	4456	11/13/92	11/27/92	3401	0	0 DELV1340				2 A	2 A		0 A	0.0	0.0		0 11.7	0	0	0

INDICE DE VISCOSIDAD:
GRADO SAE : 30

POSIBLE DESGASTE DE VALVULAS DE ADMISION Y ESCAPE.

VERIFICAR TEMPERATURA DE OPERACION DEL MOTOR.
CHECAR PRESION DEL CAMTER (MAYOR POSIBLE) DESGASTE DE ENGRANES DE DISTRIBUCION.

APENDICE E

CONCLUSION - OBSERVACIONES DEL
DIAGNOSTICO

DESCRIPCION: Cargador Sobre Orugas OBRA DE PROCEDENCIA Huablaeo FECHA 28 de Abril de 1993
 No. ECONOMICO 3E 222 E012 MARCA Kumatsu MODELO D55-16 SERIE 68187
 MOTOR: Diesel MARCA Kumatsu MODELO 4D130 SERIE 25540
 EQUIPO Bote frontal MARCA _____ MODELO _____ SERIE _____

CONJUNTO	FALLAS	CAUSA	OBSERVACIONES
MOTOR	<u>Corrosión tipo de aceite sobre F.</u>	<u>Filtros sucios</u>	<u>Conservación</u>
CONVERTIDOR	<u>Ninguna</u>	<u>Ninguna</u>	<u>Conservación</u>
EMBRAJE	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
TRANSMISION	<u>aceite y filtro sucio</u>	<u>ninguna</u>	<u>Conservación</u>
M. DIFERENCIALES	<u>Corrosión mando de aceite</u>	<u>acerte suero</u>	<u>Parcial</u>
M. FINALES	<u>acorte suero</u>	<u>de trabajo</u>	<u>_____</u>
REDUCTOR	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
DIFERENCIAL	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
TREN DE FUERZA	<u>Arrosetas sin lubricar</u>	<u>ninguna</u>	<u>Conservación</u>
S. HIDRAULICO	<u>ninguna</u>	<u>ninguna</u>	<u>Conservación</u>
S. ENFRIAMIENTO	<u>ninguna</u>	<u>ninguna</u>	<u>Conservación</u>
S. ELECTRICO	<u>ninguna</u>	<u>bandas agrietadas</u>	<u>en buen estado de trabajo</u>
SUSPENSION	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>Parcial</u>
DIRECCION	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
NEUMATICOS	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
TRANSITOS	<u>Completa reparación de Camiles</u>	<u>ninguna</u>	<u>ninguna</u>
FRICCIONES	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
TORNAMESA	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
CAD. SILENCIOSA	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
CTRO. CASETA	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
TRINCO PLUMA	<u>reparar seguro</u>	<u>faltante</u>	<u>faltante</u>
RODILLOS	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
MECANISMOS	<u>ninguna</u>	<u>ninguna</u>	<u>con buen funcionamiento</u>
RUEDAS DENTALES	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
UNIDAD COMPRESORA	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
UNIDAD GENERADORA	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
HOJALATERIA	<u>lapas y pasillos dobladas</u>	<u>dobladas</u>	<u>de tallar.</u>
LAV. Y PINTURA	<u>Sucio</u>	<u>deteriorada</u>	<u>general</u>
	<u>en el estado original y desgastado</u>	<u>_____</u>	<u>parcial</u>
	<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>

FORMULO

Vo. Bc. sobrestante

Mecánico

EQUIPOS NACIONALES, S.A. DE C.V.
ANÁLISIS DE REPARACIÓN

DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO

NO. ECONOMICO: FE-A222-E012

DESCRIPCIÓN: Camión S/ARMAS TOTAL HRS. TRABAJADAS: 1391

PLACA: 29-IV-93

MARCA: KAMATSU

MODELO: D535

SERIE: 68187

MOTOR: Diesel

MARCA: KAMATSU

MODELO: 4D1301

SERIE: 25540

CONJUNTO	REP. RECOMENDADA	ULTIMA REPARACION		OBSERVACIONES
		TIPO REPARAC.	HRS. ACUM.	
MOTOR	Conservación	Conservación Abril 92	1521	En buen funcionamiento
ACCESORIOS MOTOR	Parcial		✓	Envío aceite RETA frontal del sistema
SIST. INYECCION	Conservación		✓	Con buen funcionamiento
TURBO Y/O SOPL.	- - -			
GOBERNADOR	Conservación		✓	Con buen funcionamiento
CONVERTIDOR	Conservación	Conservación Abril 92	1521	Con buen funcionamiento
TRANSMISION	Conservación	Conservación Abril 92	1521	Con buen funcionamiento
BOMBA TRANSM.	Conservación			Con buen funcionamiento
MANDOS DIREC.	Parcial	Parcial Abril 92	1521	Embrosje direccional derecho con paso de aceite
MANDOS FINALES	Conservación			Con buen funcionamiento
SISTEMA FRENDOS	Parcial	Conservación Abril 92	1521	Embrosje direccional derecho con paso de aceite al mando Final, Freno está integrado
SISTEMA HCO.	- - -			

[Handwritten Signature]
LIZO

DEPARTAMENTO DE DIAGNOSTICO
INSPECCION DE NIVELES

FECHA: 28-IV-93 ECG: 3EZZZAR DESCRIPCION: Enganche 1/6 MARCA: Komatsu MODELO: D53 S-1K
MOTOR: Diesel MODELO: 4D130-1 OBRA DE PROCEDENCIA: Huatuma HOROMETRO: 1

	NIVEL DE LLEGADA	LTRS. AÑEGADOS	NIVEL DESPUES DE LA PRUEBA	DESPUES DE OBSERVACIONES LA PRUEBA.
CONJUNTO MOTOR				
NIVEL DE ACEITE	A / Nivel	0	A / Nivel	Bien
NIVEL DE ACEITE	A / Nivel	0	A / Nivel	Bien
CONJUNTO TRAN DE FUERZA				
NIVEL DE ACEITE TRANSMISION	A / Nivel	0	Bajo	Pasa al mando final dar.
NIVEL DE ACEITE UNBERTIOP	A / Nivel	0	Bajo	
NIVEL DE ACEITE TRANSMISION	==	==	==	==
NIVEL DE ACEITE TRANSMISION	==	==	==	==
CONJUNTO MANDOS				
NIVEL DE ACEITE MANDOS LINEA				
NIVEL DE ACEITE MANDOS LINEA:	QUINTERO	A / Nivel	A / Nivel	
	DESECHO	Pasado	Pasado	
NIVEL DE ACEITE DIFERENCIALES	DELANTERO	==	==	==
	TRASERO	==	==	==
CONJUNTO SISTEMA HIDRAULICO				
NIVEL DEPÓSITO HIDRAULICO	A / Nivel	0	A / Nivel	Bien
NIVEL DEPÓSITO HIDRAULICO	==	==	==	==

MUNDO

BAJO
PASADO
S/ACEITE
A NIVEL

FORMULO

NIVI

Guillermo Lopez Guiz

BIBLIOGRAFIA

MOTORES ENDOTERMICOS.
Dr. Dante Giacosa.
Décimo cuarta traducción española.
Ed. Omega.
Barcelona, 1972.

BIBLIOTECA PRACTICA DEL AUTOMOVIL
PRACTICA Y REPARACION DEL MOTOR DIESEL.
Ing. A. L. Allue.
Ed. Bruguer.
Barcelona, 1972.

MANUAL DE SISTEMA Y OPERACION DEL VEHICULO 3406.
Manual de reparaciones de Caterpillar.