



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESPE - LATACUNGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE EJECUCIÓN EN
MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN ENTRENADOR DEL SISTEMA
DE INYECCIÓN DIESEL CUMMINS PT ”**

MAURICIO RAÚL GARCÉS NÚÑEZ

MARCELO GUILLERMO CANDELEJO GALLEGOS

LATACUNGA - ECUADOR

2004

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Sres. MAURICIO RAUL GARCES NÚÑEZ y MARCELO GUILLERMO CANDELEJO GALLEGOS, bajo nuestra dirección y supervisión.

Ing. Germán Erazo

.....
Director de Tesis

Ing. Luis Mena

.....
Codirector de Tesis

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos permitido culminar una etapa más de nuestra vida, por darnos la oportunidad de vivir y seguir siempre adelante con nuestros sueños y esperanzas.

Nuestra gratitud a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO, porque de sus aulas nos llevamos conocimientos y recuerdos que jamás olvidaremos.

De igual manera el reconocimiento imperecedero a nuestros profesores, quienes con tesón y confianza contribuyeron a nuestra formación, de manera especial a los Ingenieros Germán Erazo y Luis Mena que con su apoyo colaboraron a la realización de este proyecto.

A las personas que en todo momento estuvieron ayudándonos para poder lograr esta meta.

DEDICATORIA

A mis padres Víctor y Martha que con todo su afán y sacrificio me permitieron llegar a la cumbre de mi etapa estudiantil, a ti Marco hermano que has sido mi guía en todo momento, a mi sobrina Lizbeth que se ha convertido en el propósito de mi superación.

A mis familiares y amigos que siempre confiaron en mí.

Mauricio.

Mi grado lo dedico con todo entusiasmo y alegría a los seres que un día me dieron la vida , mis padres. Enrique e Inés, porque ellos sin escatimar esfuerzos me apoyaron en todo momento para llegar a conseguir la meta propuesta.

A mis hermanos que siempre me han brindado su apoyo cuando más lo he necesitado.

Marcelo.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRACEDIMIENTO

I.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL CUMMINS PT

1.1. Introducción	1
1.2. Sistema PT Básico	3
1.3. Componentes del sistema de combustible	4
1.4. Tanque de combustible	4
1.5. Filtros de combustible	5
1.6. Bomba de engranes	14
1.7. El amortiguador de pulsaciones	14
1.8. Acelerador	15
1.9. Válvula de control de aire-combustible	16
1.10. Gobernador	18
1.11. Impulsor del tacómetro especial	26
1.12. Acoplamiento impulsor	26
1.13. Válvula de paro	27
1.14. Inyectores	28
1.15. Sistema completo	31

II. BOMBA PT CUMMINS

2.1. Generalidades	33
2.2. Identificación de la bomba	34
2.3. Interpretación de la placa de la bomba	34
2.4. Componentes de la bomba de combustible PT	37
2.5. Piezas internas de la bomba PT	38
2.6. Operación de la bomba y flujo de combustible	39
2.7. Desensamble e inspección de la bomba de combustible	46
2.8. Procedimiento para la inspección de las partes de la PTG AFC	52
2.9. Ensamble y calibración de la bomba	54

2.10. Procedimiento para la calibración de la bomba	61
2.11. Procedimiento para la instalación de la bomba Cummins en el motor	70

III. INYECTORES

3.1. Generalidades	71
3.2. Identificación del inyector	71
3.3. Partes componentes	76
3.4. Operación del inyector y flujo de combustible	76
3.5. Desensamble, limpieza e inspección del inyector	79
3.6. Procedimientos para limpiar los inyectores PT de pestaña, PTB, PTC, PTD y PTD tope superior	81
3.7. Procedimiento para la inspección de partes (PT de pestaña)	82
3.8. Procedimiento para la inspección de las partes de PTB y PTC	83
3.9. Procedimiento para la inspección de partes (PTD y PTD tope alto)	85
3.10. Ensamble y calibración del inyector	87
3.11. Procedimiento para la prueba y calibración del inyector	92
3.12. Procedimiento para la instalación y el ajuste del inyector (PTD)	94
3.13. Ajuste de la sincronización del inyector Cummins	99
3.14. Sincronización mecánica variable	105
3.15. Ciclo de inyección del combustible	106
3.16. Localización de averías en el inyector Cummins	110

IV. REQUISITOS PARA EL SERVICIO

4.1. Servicio a los inyectores	113
4.2. Servicios a los filtros	114
4.3. Posiciones para ajuste de válvulas e inyectores	115
4.4. Alineación de las marcas	116

4.5. Ajuste de válvulas	117
-------------------------	-----

V.- UTILIZACIÓN DEL ENTRENADOR

5.1. Introducción	118
5.2. Componentes del entrenador	119
5.2.1. Depósito de combustible	119
5.2.2. Filtros de combustible	120
5.2.3. Bomba de inyección PT Cummins	120
5.2.4. Inyector	121
5.2.5. Conjunto de accionamiento del inyector	123
5.2.6. Motor eléctrico	126
5.2.7. Variador de velocidad	128
5.2.8. Mangueras y neoplos	133
5.2.9. Medidor de presión	133
5.2.10. Cables, conectores y dispositivos eléctricos	134
5.2.11. Estructura de simulador	135
5.3. Funcionamiento del simulador	136
5.4. Cuadro de mantenimiento del simulador	139

VI PRÁCTICAS EN EL SIMULADOR

6.1. PRACTICA 1	140
6.2. PRACTICA 2	144
6.3. PRACTICA 3	147
6.4. PRACTICA 4	151
6.5. PRACTICA 5	155
Conclusiones	
Recomendaciones	
Bibliografía	
Anexos	

I.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL CUMMINS PT

1.1.- INTRODUCCIÓN

El sistema de combustible diesel PT es fabricado por Cummins Engine Company, para usarse en sus motores. Este sistema no se utiliza en ningún otro motor, el sistema de combustible PT fue incorporado a los motores Cummins en 1951, sustituyendo a otro sistema Cummins que se denominaba de disco doble. El nuevo sistema PT es mucho más sencillo en su diseño y en su aplicación, cuenta también con menos piezas móviles. Desde su aparición, ha sido el sistema estándar para todos los motores Cummins en uso.

El sistema de combustible Cummins PT (pressure time, en inglés) estaba compuesto en su primer modelo, por el inyector PT tipo pestaña y la bomba de tipo PTR (reguladora del tiempo de presión).

Este sistema de combustible PT, utilizado en los motores Cummins se basa en la presión y el tiempo, es decir, en la presión del combustible entregado a los inyectores y el período de tiempo durante el cual el combustible entra a los inyectores. Estos factores influyen en la cantidad de combustible que entra a los inyectores para atomizarlo en la cámara de combustión.

La presión suministrada al inyector procede de una bomba de engranes de baja presión. El tiempo utilizado para medir el combustible es controlado por el émbolo inyector, que abre y cierra el orificio de medición. Este tiempo es regulado por la velocidad del motor, ya que el émbolo inyector es impulsado por el árbol de levas.

Si tanto la presión en los inyectores como el período durante el cual penetra en ellos el combustible son constantes, se inyectará cierta cantidad

fija de combustible durante cada accionamiento de cada inyector. Sin embargo, si varían la presión o el tiempo, también variará la cantidad de combustible que se inyecta.

En el sistema de combustible PT se utilizan las variaciones en la presión y el tiempo para medir la carga de combustible a fin de inyectar la correcta, de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor.

Si la presión aumenta y el tiempo se mantiene constante (r.p.m), se inyectará más combustible a los cilindros. De la misma manera, cuando aumenta el tiempo de carga del motor y la presión se mantiene constante, se entrega más combustible y el motor experimenta un aumento en el par de torsión¹.

A lo largo de los años han cambiado los inyectores y las bombas, a la vez que han cambiado los requerimientos en cuanto a la potencia de los motores y los relativos y a las emisiones de los escapes. Con base en el tipo inicial de inyector de pestaña se han creado otros tipos diferentes.

1.2.- SISTEMA PT BÁSICO

En la figura 1.1 se ilustra un diagrama del sistema de combustible para un motor del tipo en V y se señalan las partes básicas, que son:

- 1) El tanque de combustible
- 2) El filtro de combustible
- 3) La bomba de combustible
- 4) Los tubos y conductos a los inyectores
- 5) Los inyectores
- 6) Los conductos y tubos para retorno de combustible al tanque.

¹ ED MAY, MECÁNICA PARA MOTORES DIESEL TOMO II.

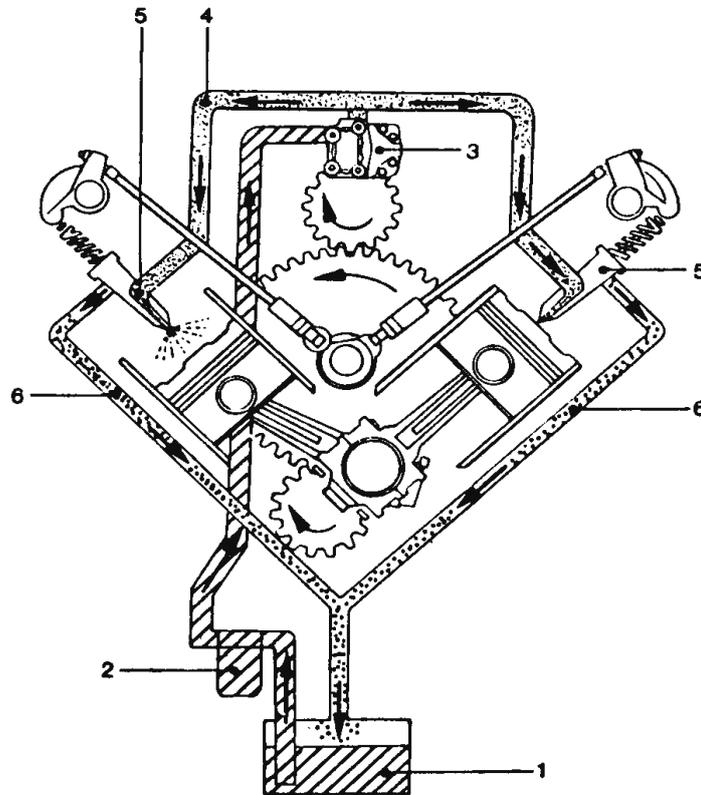


FIGURA 1.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE PT BÁSICO

Una bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible, absorbe el combustible del tanque y lo entrega a los inyectores. El combustible de la bomba, que está a baja presión, no acciona los inyectores, pues éstos son de accionamiento mecánico en el momento preciso por medio de las levas y con los seguidores de leva, varillas o tubos de empuje y balancines.

La acción de las levas y los otros componentes hacen que los émbolos de los inyectores se muevan hacia abajo y produzcan alta presión en el combustible que se atomiza en las cámaras de combustión. La bomba se impulsa mediante engranes desde el cigüeñal. Por tanto, la

velocidad y el volumen de la bomba van en relación con la velocidad del motor.

1.3.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

En el sistema real, algunos componentes son independientes, pero otros están dentro de la bomba de combustible PT y son parte de ella.

Ahora se describirá por separado la función de cada componente, empezando por el tanque de combustible hasta llegar a los inyectores. En esta forma se puede estudiar el sistema completo y establecer la relación entre los componentes.

1.4.- TANQUE DE COMBUSTIBLE

En la figura 1.2 se ilustra el tanque de combustible para un camión, que está sujeto a un larguero del bastidor con soportes y tiene un tubo de suministro y otro de retorno de combustible.

En la mayor parte de los tanques de combustible se utiliza lámina de acero negra; en algunos vehículos grandes son de aluminio, para reducir el peso.

No se deben utilizar tanques de acero galvanizado para el combustible Diesel, pues se produce una reacción química con el zinc del galvanizado y se forma polvo y escamas que obstruirán con rapidez los filtros y dañarán la bomba de inyección y los inyectores.

Es recomendable llenar el tanque de combustible al final de la jornada de trabajo. Si el tanque está lleno, no habrá condensación en las superficies del tanque, que contaminará el combustible.

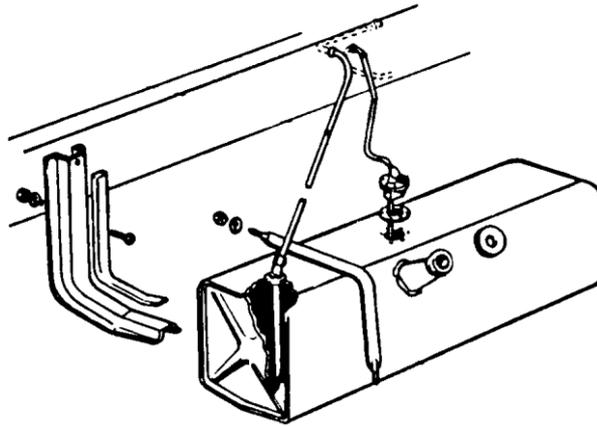


FIGURA 1.2 TANQUE DE COMBUSTIBLE

1.5.- FILTROS DE COMBUSTIBLE

Debido a las holguras tan pequeñas que hay en la bomba de inyección y en los inyectores, el combustible para los motores diesel debe estar limpio. Se deben tomar precauciones para que el combustible que se pone en el tanque esté libre de cuerpos extraños, incluso agua. El sistema de combustible tiene una serie de filtros que, a veces, empiezan con una tela metálica en el llenador del tanque y, el último, es otro filtro pequeño de malla en el inyector. Los filtros se deben considerar como una protección para los componentes para la inyección de combustible y no sólo como un medio para eliminar los contaminantes en el mismo.



1.Carcasa

De acero de aleación, diseñada para trabajar en ciclos de fatiga por pulsos de presión y vibración.

2.Partes internas

Metálicas, de mayor resistencia y con recubrimientos anticorrosivos.

3.Medio filtrante

Excede los requisitos de filtración y vida útil, prolongando la vida de la bomba y del sistema de inyección.

4.Empaquetaduras

Garantizan total hermetismo y una real resistencia a hidrocarburos

FIGURA 1.3 PARTES DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE

1.5.1.- FILTRADO

La necesidad de utilizar filtros muy finos se apreciará al tener en cuenta las holguras entre las piezas móviles del equipo para inyección de combustible. La holgura entre los barriles y émbolo de la bomba de inyección es entre 2 y 4 micras.

La eficiencia del filtro va en relación con el tamaño de sus aberturas y con la cantidad de partículas que retiene. El tamaño de aberturas en el tamaño máximo de partículas que pueden pasar por el elemento; las partículas de un tamaño mayor quedan retenidas.

Además de retener partículas sólidas, los filtros también impiden el paso del agua por el sistema. El agua no se puede desintegrar en partículas diminutas y por ello queda retenida en el filtro.

1.5.2.- TIPOS DE FILTROS

Los filtros de combustible se pueden dividir en dos grupos generales: los que producen filtrado profundo y los que trabajan por filtrado en los bordes. Para el filtrado profundo se utiliza algún tipo de elemento que permite la acumulación de partículas sin que se obstruya el elemento. En los filtros de bordes se acumula en una capa de partículas que puede restringir el paso del combustible por el filtro.

La denominaciones anteriores se relacionan con el método de filtrado y los filtros de tipo profundo se denominan por el material que se emplea en el elemento.

a.- Papel plegado

El elemento hecho con un papel con tratamiento especial es muy eficaz y de una gran superficie. Puede retener partículas de unas 5 micras, el elemento no se puede limpiar y se reemplaza a intervalos periódicos. El filtro de papel es quizá, el más común.



FIGURA 1.4 FILTRO DE PAPEL PLEGADO

b.- Algodón y fieltro

Estos materiales se utilizaban mucho, pero han sido sustituidos casi por completo por elementos de papel que son más eficientes. El filtro de tela retiene partículas de unas 25 micras; el de fieltro, de alrededor de 17 micras. Por lo general, estos elementos se pueden lavar.

c.- Metal sinterizado

Son elementos porosos de aleaciones metálicas sinterizadas, por ejemplo bronce. Se sinteriza el metal en polvo para formar un material poroso que deja pasar el combustible pero retiene partículas de 10 a 20 micras. Una variante de este elemento es una malla metálica comprimida.

d.- Filtros de borde

Estos filtros tienen discos laminados de metal o compuestos. Los bordes de los discos, aunque tienen una ligera separación entre sí para dejar pasar el combustible, están lo bastante cercanos para actuar como filtro.

En algunos inyectores se utiliza un filtro de borde; es para alta presión y está montado dentro del inyector. Consta de una barra metálica pequeña que se instala en una cavidad en su caja; la barra tiene muy poca holgura en la cavidad. Los extremos de las barras son circulares y el resto es de sección cuadrada; ésta forma cuatro bordes en la barra que, debido a su ajuste muy preciso en la cavidad, forman un filtro de borde.

1.5.3.- INSTALACIÓN DE FILTROS

Hay diversos diseños de filtros, para retener partículas de cuerpos extraños y pequeñas cantidades de agua. Los filtros instalados en el sistema antes de la bomba elevadora se llaman filtros primarios; los instalados después de la bomba se conocen como filtros secundarios o, a veces, principales y pueden ser filtros de succión y de presión. El sellado deficiente de los filtros en el lado de succión de la bomba elevadora permitirá la entrada de aire al sistema; el sellado deficiente en los filtros de presión permitirá fugas de combustible.

En la figura 1.5 se ilustran los componentes de abastecimiento de combustible. Incluyen un filtro primario (sedimentador) para separar el agua y los sólidos del combustible, un cebador manual para purgar el aire del sistema después de darles servicio a los filtros, una bomba elevadora que funciona cuando el motor está en marcha para enviar combustible a la bomba de inyección. Además, hay un filtro secundario para el combustible antes de que llegue a la bomba de inyección y una bomba de inyección tipo distribuidor.

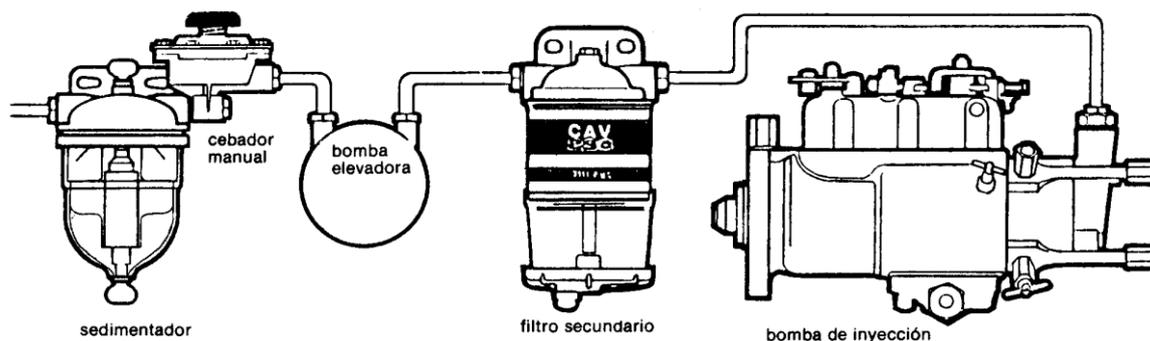


FIGURA 1.5 INSTALACIÓN DE FILTROS DE COMBUSTIBLE

1.5.4.- SEDIMENTADOR

A parte del daño causado por las partículas sólidas, recientes estudios de desgaste en las piezas del sistema de inyección han determinado que la presencia de agua en el sistema de combustible es de suma preocupación, ya que ocasiona corrosión en las distintas partes, desgaste abrasivo entre las piezas rozantes, sobrepresión en los inyectores, y además, provoca un mayor consumo de combustible.

La humedad del ambiente implica que en el aire hay cierta cantidad de agua en estado de vapor a una determinada temperatura. Este vapor ingresa a los tanques de almacenamiento diesel en la estación de distribución, en los surtidores de combustible y en los tanques de los vehículos. Durante las noches, con un enfriamiento de la temperatura, el vapor se condensa y cae como gotas de agua sobre el petróleo, asentándose en el fondo del tanque.

El agua puede entrar en forma accidental al tanque del vehículo o se puede condensar. Se ha calculado que en un tanque de almacenamiento de 5000 litros, se pueden condensar en un año hasta 20 litros de agua provenientes de la humedad del aire.

Un separador o filtro primario diseñado para eliminar el agua y las partículas de sólidos del combustible. Su nombre proviene de su acción, que ocasiona que el agua y las partículas de sólidos caigan en el fondo del vaso o cámara para sedimentos, el sedimento es materia que cae o se asienta en el fondo del líquido; en el sedimentador ocurre porque el agua y las partículas de sólidos son más pesadas que el combustible.



1.Carcasa

De acero aleado, resiste presiones estáticas y dinámicas, así como la fatiga por vibración.

2.Medio filtrante impermeable

Separa el agua y además retiene los contaminantes.

3.Vaso de recolección incorporado

Totalmente metálico, a diferencia de peligrosos vasos de plástico, que pueden ocasionar incendios.

4.Niple para sensor de agua

Para instalar sensores de presencia de agua, para un adecuado monitoreo desde la cabina del piloto.

5.Válvula de ventilación

Elimina la necesidad de ventilar el sistema antes de realizar el drenaje del agua.

6.Válvula de drenaje de agua

Requiere 80% menos de torque para abrir y drenar el agua proveniente de condensaciones.

FIGURA 1.6 PARTES DE UN SEDIMENTADOR



- 1- Soporte manual de cierre
- 2- Tapa servicio
- 3- Elemento **HIDROBLOK®**
- 4- Cuerpo
- 5- Abrazadera soporte
- 6- Base
- 7- Deflector coalescente
- 8- Válvula de retención
- 9- Depresor cónico
- 10- Recipiente transparente
- 11- Válvula de drenaje

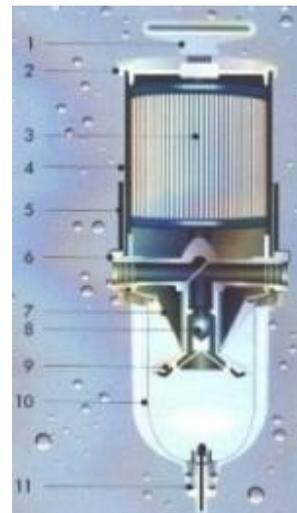


FIGURA 1.7 CORTE TRANSVERSAL DEL FILTRO SEPARADOR DE AGUA

1.5.5.- ALARMA DE AGUA EN EL SEDIMENTADOR

Los sedimentadores pueden incluir un sistema que produce una alarma cuando el nivel del agua en el vaso se eleva al grado de que pueda dejar de funcionar. El vaso tiene una sonda para detectar el nivel del agua, cuando se necesita vaciar el sedimentador, la sonda produce una señal eléctrica que hace que se encienda una luz de alarma o suene un zumbador en el compartimiento para el conductor.

Además, algunos sedimentadores tienen un flotador y válvula en el vaso. El flotador sube conforme se acumula el agua en el vaso hasta que la punta cónica en la parte superior de la válvula penetra en su asiento y corta el paso de combustible; a este sedimentador se le da el nombre de corte por agua.

1.5.6.- FILTROS DOBLES

En ocasiones se utilizan dos o más filtros. Se pueden instalar dos filtros en serie o en paralelo. Cuando están en serie, todo el combustible pasa primero por un filtro y luego por el otro. Cuando están en paralelo se divide el flujo de combustible y pasa la mitad por cada filtro. Este método es adecuado para motores grandes en los que fluye mucho combustible en el sistema.

Con este sistema, el primer filtro puede ser del tipo aglomerador con vaso para sedimentos en la base para ayudar a eliminar el agua del combustible.

En la figura 1.8 se puede observar el tapón de sujeción del filtro (1), y el tapón para purga (2).

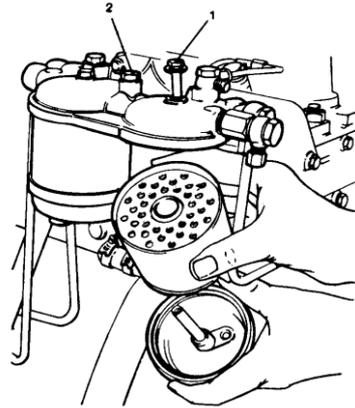


FIGURA 1.8 FILTROS DOBLES

1.5.7.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS FILTROS DIESEL

Las especificaciones técnicas de un cierto grupo de filtros de combustible se resume en la tabla 1.1.

Especificaciones técnicas	Modelos	
	L 900 H	L 1000 H
Caudal	340 LPh	680 LPh
Potencia hasta	250 HP	500 HP
Altura	440 mm	560 mm
Ancho	152 mm	152 mm
Profundidad	158 mm	158 mm
Peso	3 kg	4 kg
Orificios entrada / salida	7/8x14 UNF	7/8x14 UNF
Pérdida de carga con elemento limpio	0.35 PSI	0.50 PSI
Presión de ensayo	100 PSI	100 PSI
Elemento HIDROBLOK® N°	PF 2040	PF 2020
Capacidad de partículas	150 gr (AC fino)	350 gr (AC fino)
Eficiencia	96% @ 3 micr	96% @ 3 micr
Temperaturas máximas de prueba	-40/105° C	-40/105° C
Espacio libre para cambio de elemento	127 mm	254 mm

TABLA 1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS FILTROS

1.6.- BOMBA DE ENGRANES

La bomba de engranes 1 (figura 1.9) está en la parte trasera de la bomba de combustible y la impulsa al eje de impulsión de ésta. El combustible que viene del filtro entra a la bomba de engranes por el conducto A. El combustible derivado desde el gobernador también entra a la bomba de engranes, por el conducto C.

El combustible pasa a lo largo de la bomba y los dientes de los engranes lo mueven en torno a la cubierta. Con esto se envía el combustible a baja presión al filtro magnético 3, y después, por el conducto B hasta la sección del gobernador de la bomba de combustible.

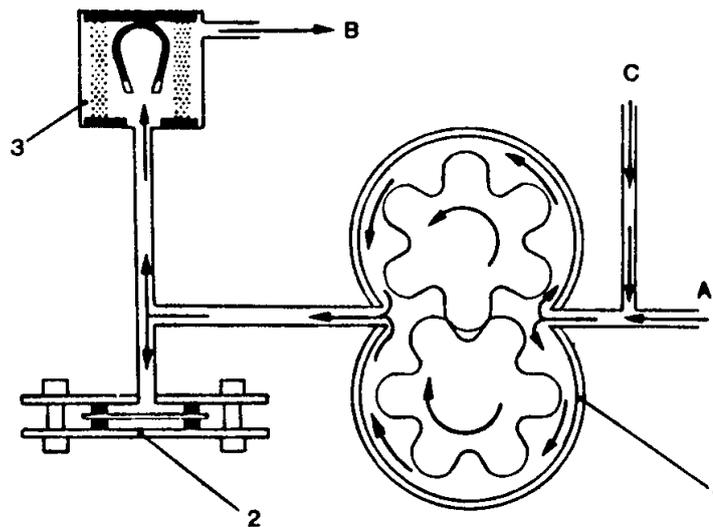


FIGURA 1.9 BOMBA DE ENGRANES

1.7.- EL AMORTIGUADOR DE PULSACIONES

Montado en la bomba de engranes tiene un diafragma delgado de acero 2 (figura 1.9), el movimiento del mismo absorbe las pulsaciones de los engranes por su movimiento en el espacio de aire que hay detrás del diafragma. Con esto se suaviza el paso del combustible por el sistema.

1.8.- ACELERADOR

El acelerador permite que el operador controle la velocidad del motor entre la marcha mínima y las rpm gobernadas, de acuerdo con las condiciones variables de velocidad y carga.

En marcha mínima, el acelerador no produce efecto porque el gobernador es el que la controla. El combustible que viene del orificio marcha mínima del gobernador llega al acelerador por el conducto D (figura 1.10), pero pasa alrededor del eje del acelerador hasta el conducto F y a los inyectores. A velocidades más altas, el combustible pasa desde el orificio principal del gobernador hasta el acelerador por el conducto E y, luego, a lo largo del eje del acelerador, hasta el conducto F.

El eje del acelerador está instalado en una cavidad en el cuerpo de la bomba de combustible y el conductor lo hace girar por medio del varillaje conectado con la palanca o pedal del acelerador. El tiene un orificio de acelerador taladrado en sentido diametral que alinea con dos orificios para combustible en el cuerpo de la bomba. El movimiento de la palanca del acelerador varía la abertura del orificio para aumentar o reducir el paso de combustible y, por tanto, aumentar o reducir, la presión en los inyectores. Esto, a su vez, modifica la cantidad de combustible que se inyecta y así se controla la velocidad y la potencia del motor.

Cuando se cierra el acelerador, se corta el paso del combustible por el acelerador y por los conductos de marcha mínima sólo pasa combustible, a los inyectores para marcha mínima. Cuando se abre el acelerador, aumenta el paso de combustible y hay un incremento inmediato en la presión de combustible para los inyectores.

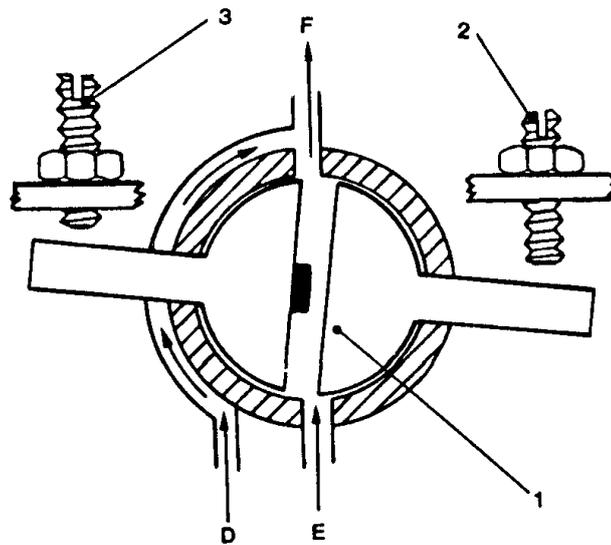


FIGURA 1.10 ACELERADOR

1.9.- VÁLVULA DE CONTROL DE AIRE-COMBUSTIBLE

La válvula de control de aire-combustible (AFC por sus siglas en inglés) se utiliza en los motores turbocargados para restringir el flujo y la presión del combustible durante la aceleración. La AFC limita la cantidad de combustible suministrado a los inyectores de acuerdo con la cantidad de aire que envía el turbocargador. El control del flujo y presión del combustible para los inyectores, en esa forma, produce mejor combustión, menor consumo de combustible y menos humo negro en el escape y mayor torsión (par) a bajas velocidad durante la aceleración.

En realidad, la AFC está en la parte superior de la cubierta de la bomba. Consta, básicamente, de una cubierta pequeña en la que hay un émbolo controlado por un diafragma que se desliza dentro de un barril. Un lado de la cubierta está conectada por un tubo con el múltiple de admisión de aire, de modo que el diafragma responda a los cambios en la presión en el múltiple.

El combustible del sistema circula desde el acelerador a la AFC antes de pasar por la válvula de paro. La AFC tiene dos conductos: uno de ellos es por una válvula de aguja “sin aire” y el otro por el barril hasta más allá del émbolo. El flujo de combustible en los conductos se determina por la presión en el múltiple de aire y por su efecto en el diafragma de la AFC.

Durante el arranque, en marcha mínima, con carga liviana o siempre que la velocidad del turbocargador y la presión en el múltiple de aire sean bajas, el resorte de AFC que actúa contra el diafragma, sostiene al émbolo de modo que impida el paso del combustible por el barril de AFC como se muestra en la figura 1.11.

En estas condiciones, el único combustible que va a los inyectores es la cantidad que pasa alrededor de la válvula de aguja “sin aire”.

Cuando aumenta la presión en el múltiple de aire, ésta se transmite al lado de presión del diafragma de AFC; esto vence la fuerza del resorte de AFC y hace que el émbolo se mueva en el barril. Con esto quedan descubiertas las perforaciones en el barril que dejan que el combustible pase por el émbolo y el barril hasta la válvula de paro y a los inyectores.

Conforme sigue en aumento la presión en el múltiple de aire, al diafragma y el émbolo se mueven más, con lo cual descubren en forma progresiva una mayor superficie de las perforaciones. Se deja pasar más combustible, se eliminan todas las restricciones y se llega a la condición de “con pleno aire” que permite flujo sin restricción con acelerador abierto por completo y con plena carga.

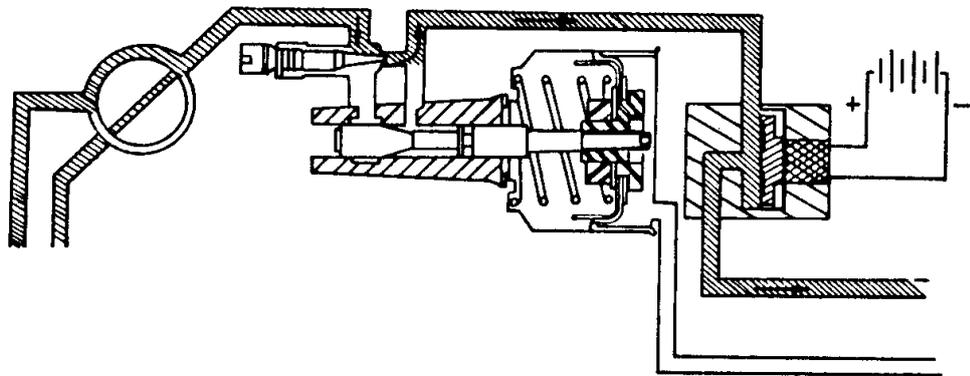


FIGURA 1.11 VÁLVULA DE CONTROL DE AIRE – COMBUSTIBLE AFC

1.10.- GOBERNADOR

Son dos los tipos de básicos de gobernador, el limitador de velocidad y el de velocidad variable, ambos se usan en las bombas de combustible Cummins. En ocasiones se les denomina gobernador tipo automotriz y gobernador mecánico de velocidad variable (MVS). El tipo automotriz se usa en los motores Cummins de camiones, mientras que el gobernador MVS se utiliza en cualquier aplicación en que se requiera la acción del gobernador a todo el rango de velocidades del motor. Los dos gobernadores son del tipo mecánico. En cualquier caso, el gobernador va montado en el interior o va directamente conectado en el alojamiento de la bomba principal².

El gobernador está formado por las siguientes partes (figura 1.12):

- B) Combustible del filtro magnético al émbolo del gobernador.
- C) Derivación a la entrada de la bomba.

² DAGEL JOHN, MOTORES DIESEL Y SISTEMAS DE INYECCIÓN TOMO III.

- D) Combustible para marcha mínima al acelerador.
 E) Combustible principal al acelerador.
 1) Engrane de impulsión.
 2) Contrapesos.
 3) Embolo del gobernador.
 4) Botón.
 5) Resorte del gobernador.
 6) Ajuste de marcha mínima.
 7) Resorte de marcha mínima.
 8) Manguito del gobernador.

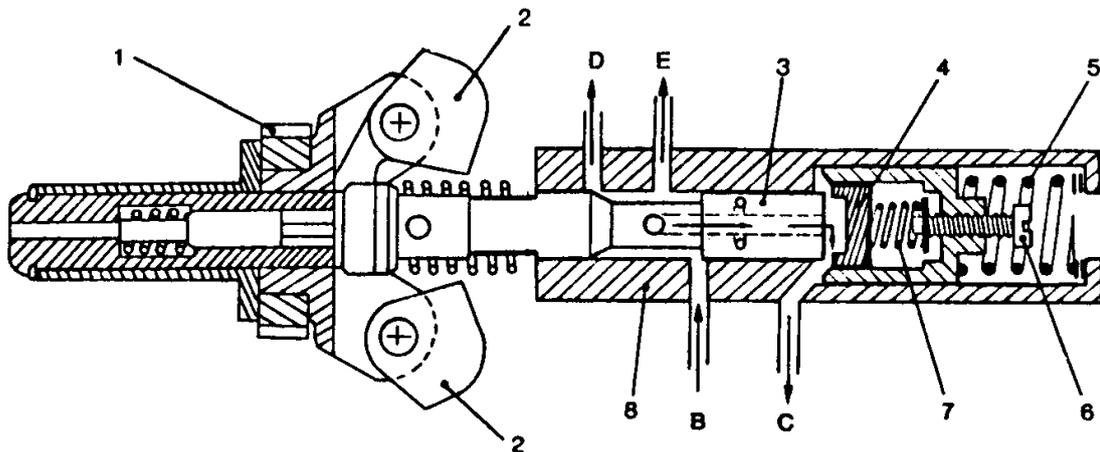


FIGURA 1.12 GOBERNADOR

1.10.1.- FUNCIONAMIENTO DEL GOBERNADOR

El gobernador mecánico estándar efectúa dos funciones de regulación:

- Mantiene suficiente combustible para marcha mínima cuando la palanca del acelerador está en esa posición.

- Corta el combustible cuando se exceden las rpm gobernadas y así limita la velocidad máxima del motor.

El gobernador también permite una presión sin restricciones a fin de tener un máximo combustible en los inyectores para el arranque. Además, una parte del gobernador funciona como válvula reguladora de presión de la bomba en relación con la velocidad y carga del motor³.

1.10.2.- REGULACIÓN EN MARCHA MÍNIMA

Con el motor en marcha mínima, los contrapesos del gobernador se moverán hacia fuera para colocar el émbolo en el sitio en que envíe la cantidad correcta de combustible al orificio D de marcha mínima que, a su vez, se envía a los inyectores para tener la marcha correcta. Esta es la posición del gobernador ilustrado en la figura 1.12.

El rebajo del émbolo 3 abre en forma parcial el orificio D de marcha mínima con lo cual pasa una cantidad restringida del combustible al acelerador y a los inyectores.

Si aumenta la carga del motor, éste perderá velocidad y el gobernador responderá a ese cambio para mantener la marcha mínima determinada. Cuando se reduce la velocidad del motor, disminuirá la fuerza centrífuga que actúa en los contrapesos y éstos se moverán hacia adentro para mover al émbolo hacia la izquierda y dejar pasar más combustible para el orificio de marcha mínima a los inyectores. Con esto se restaurará la marcha mínima.

³ ED MAY, MECÁNICA PARA MOTORES DIESEL TOMO II.

Cualquier reducción en la carga permitirá que aumente la velocidad del motor y que se muevan otra vez los contrapesos, para mover al émbolo a la posición que restrinja el orificio de marcha mínima. Esto reducirá el paso de combustible a los inyectores y se restaurará la marcha mínima.

Un resorte 7 pequeño para marcha mínima se opone al movimiento hacia fuera de los contrapesos. Estos, en marcha mínima, siempre estarán en un posición en la cual están balanceados entre la fuerza centrífuga y la fuerza del resorte para mantener la marcha mínima graduada.

Para ajustar la marcha mínima se gira el tornillo 6. Al apretarlo se aumenta la tensión del resorte y las rpm de marcha mínima. Al aflojarlo, se reducen la tensión del resorte y las rpm.

1.10.3.- REGULACIÓN A VELOCIDAD MÁXIMA

Cuando el motor llega a su velocidad máxima gobernada, los contrapesos se habrán movido hacia fuera lo suficiente para colocar al émbolo del gobernador en el lugar en que ésta a punto de cerrar el conducto E principal de combustible (figura 1.12).

Cualquier aumento adicional en la velocidad del motor producirá más movimiento del émbolo, el cual cerrará en forma parcial el conducto E para reducir el suministro de combustible y disminuir la velocidad del motor. En esta forma, el gobernador actúa para limitar la velocidad máxima del motor a las especificadas por el fabricante.

El resorte 5 principal del gobernador se opone al movimiento del émbolo a velocidades más altas que la marcha mínima. El aumento en la fuerza del resorte incrementa la velocidad máxima del motor; el ajuste se hace con suplementos (lainas) colocados detrás del resorte. Para reducir la velocidad máxima se quitan suplementos de detrás del resorte y viceversa.

1.10.4.- REGULACIÓN A VELOCIDADES NORMALES

El único control que el gobernador automotriz estándar tiene en el motor, entre marcha mínima y velocidad máxima, es el de la presión de combustible. Durante el funcionamiento normal entre marcha mínima y rpm máximas, el acelerador controla la velocidad del motor.

Cuando se utiliza gobernador de velocidad variable en motores para ciertas aplicaciones, se puede emplear el gobernador para controlar las velocidades intermedias.

1.10.5.- REGULACIÓN CON SOBREVELOCIDAD

Si se tiene la transmisión en una “velocidad” incorrecta o si en una bajada la carga “empuja” el vehículo y las rpm aumentan hasta el punto de sobrevelocidad, el gobernador cortará todo el combustible para los inyectores.

La fuerza centrífuga de los contrapesos aumentará al grado de que el resorte gobernador principal se comprimirá más y permitirá que el émbolo cierre el conducto E principal para combustible y desvíe el combustible por los orificios de descarga en el émbolo hacia el conducto C de derivación, esos orificios son agujeros radiales en el émbolo, que es hueco (figura 1.12).

Con el acelerador cerrado, pasa por el mismo una pequeña cantidad de combustible, que se llama escurrimiento por el acelerador. Con esto se mantiene los conductos llenos para tener aceleración rápida cuando se desee y para lubricar los inyectores.

1.10.6.- REGULACIÓN DE LA PRESIÓN

La presión que produce una bomba sin regulación y el volumen de combustible que bombea está en relación con su velocidad. A alta velocidad, la bomba de engranes puede producir dos o tres veces más que la presión requerida; por tanto, se debe regular de acuerdo con las necesidades del sistema.

La bomba de engranes entrega mucho más del combustible requerido al émbolo 3 del gobernador (figura 1.12). A fin de evitar una presión excesiva, el excedente de combustible pasa por una perforación del émbolo del gobernador, que es hueco, para llegar al botón 4 del resorte de marcha mínima. La presión del combustible contra el botón lo separa del extremo del émbolo. Con esto se produce un espacio entre el extremo del émbolo y el botón por el cual el exceso de combustible llega al conducto C de derivación y retorna a la entrada de la bomba de engranes. La regulación de la presión en el sistema se logra al derivar el exceso de combustible en esa forma.

Los diferentes modelos de motor tienen distintos requisitos de presión y volumen de combustible, que se pueden satisfacer al variar la cantidad de combustible que se deriva en determinado motor, la cantidad derivada dependerá del tamaño del espacio o abertura entre el extremo del émbolo del gobernador y el botón.

La posición del botón y, en consecuencia, el tamaño de la abertura, se determinan por la fuerza de los resortes que tratan de cerrar la abertura, a la que se opone la fuerza del combustible a presión que trata de abrirla. El balanceo entre estas fuerzas produce la presión regulada.

La presión requerida en los inyectores en determinado modelo de motor se obtiene con el empleo de botones con rebajo de menor o mayor tamaño. La presión de combustible en el rebajo del botón determina la fuerza contra el mismo y también el tamaño de la abertura para derivar el combustible.

Se debe tener en cuenta que la cantidad de combustible derivado no será constante, sino que dependerá de la velocidad de la bomba y la resistencia al flujo por el émbolo del gobernador y por el conducto de marcha mínima o el conducto principal de combustible hasta el acelerador.

1.10.7.- RESORTES DEL GOBERNADOR

Ya se describieron las funciones del resorte de marcha mínima y del resorte principal del gobernador; en la figura 1.12 se muestran dos resortes adicionales que son : el resorte 8 auxiliar de los contrapesos y el resorte 9 de control de torsión.

El émbolo y el resorte auxiliares de los contrapesos ayuda a éstos durante el arranque y la marcha mínima porque aplican carga contra el émbolo del gobernador.

Esto asegura que los inyectores tendrán combustible adecuado en marcha mínima y baja velocidad. Esa carga también actúa para amortiguar los borboteos en marcha mínima.

El resorte de control de torsión está colocado sobre el émbolo del gobernador. Más allá de cierto punto, este resorte se opone a la acción de los contrapesos y al movimiento del émbolo del gobernador. Con el empleo del resorte de control de torsión se modifican las características de entrega del combustible de la bomba, de modo que se entregue más combustible a ciertas velocidades del motor para aumentarle su torsión.

1.10.8.- OTROS GOBERNADORES

Se ha descrito el gobernador estándar o automotriz, pero se emplean otros gobernadores para aplicaciones especiales. Incluyen una serie de gobernadores PT de velocidad variable con los mismos principios básicos que el gobernador estándar pero con mecanismos adicionales para el control variable de la velocidad. También se pueden utilizar gobernadores auxiliares mecánicos, eléctricos e hidráulicos en combinación con el gobernador PT para aplicaciones especiales.

1.10.9.- REGULADOR DE PRESIÓN (SOLO EN LAS BOMBAS TIPO R)

Regula la presión máxima suministrada a los inyectores por la bomba. Su función es importante, porque si se suministra una presión excesiva a los inyectores, el resultado será un exceso en combustible y daños. Este regulador de presión es una válvula de derivación que desvía cualquier exceso en el flujo de combustible. La bomba tipo PTG no utiliza un regulador de presión separado. La regulación de la presión en la bomba tipo PTG se ha incorporado al gobernador⁴ (figura 1.13).

⁴ DAGEL JOHN, MOTORES DIESEL Y SISTEMAS DE INYECCIÓN TOMO III.

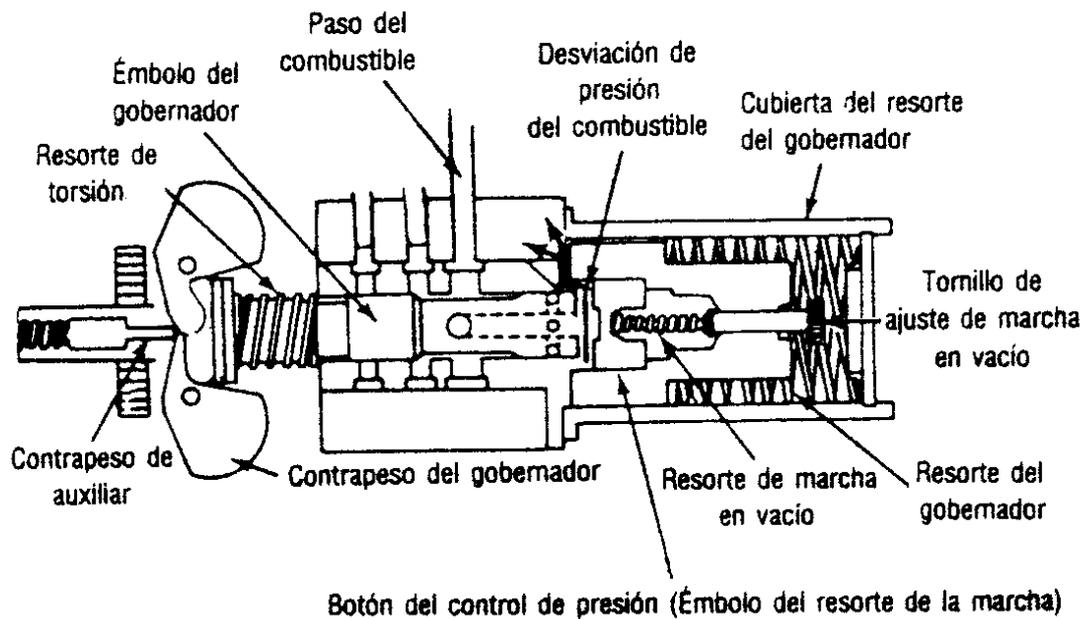


FIGURA 1.13 GOBERNADOR PTG

1.11.- IMPULSOR DEL TACÓMETRO ESPECIAL

Un impulsor del tacómetro especial se ha incluido en el alojamiento de la bomba. La unidad sensora por cable o eléctrica puede ir conectada directamente con el impulsor.

1.12.- ACOPLAMIENTO IMPULSOR

El acoplamiento impulsor va montado en el eje impulsor de la bomba principal. El acoplamiento cuenta con tres colas que van conectadas a una estrella de caucho o plástico, la cual, a su vez va conectada al motor; este último cuenta con un acoplamiento impulsor similar.

1.13.- VÁLVULA DE PARO

El combustible del acelerador se envía a través de la válvula de paro hasta el múltiple de combustible en la culata de cilindros y a los inyectores. La válvula de paro se emplea para cortar el combustible a los inyectores y hacer que se pare el motor; puede ser manual o eléctrica.

Cuando se gira el interruptor a la posición “ONN” se energiza el solenoide a través de los terminales 1 y levanta a la válvula de su asiento para que el combustible pase desde F combustible del acelerador, hasta G combustible a los inyectores. Con el interruptor en “OFF” se libera el solenoide y la válvula se recarga contra su asiento por medio de un resorte, con lo cual corta el paso de combustible por ella.

En caso de falla del sistema eléctrico, el tornillo moleteado 3 se puede girar con la mano para abrir la válvula y levantarla de su asiento. Cuando el motor está parado, la válvula 2 debe estar siempre en la posición cerrada⁵ (figura 1.14).

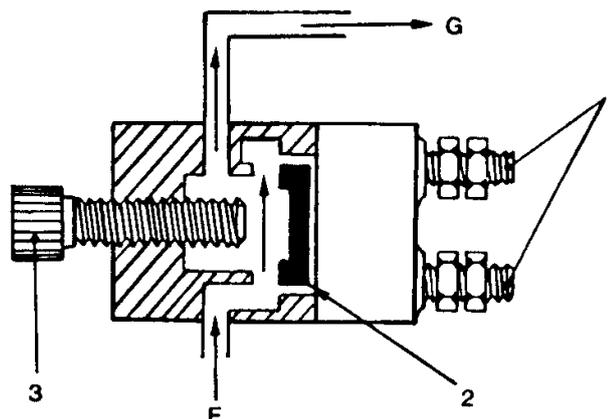


FIGURA 1.14 VÁLVULA DE PARO

⁵ ED MAY, MECÁNICA PARA MOTORES DIESEL TOMO II.

1.14.- INYECTORES

El inyector cilíndrico PT, presentados por primera vez con los motores de línea, era un inyector cilíndrico (redondo) que utilizaba el mismo principio básico el de tipo pestaña PT.

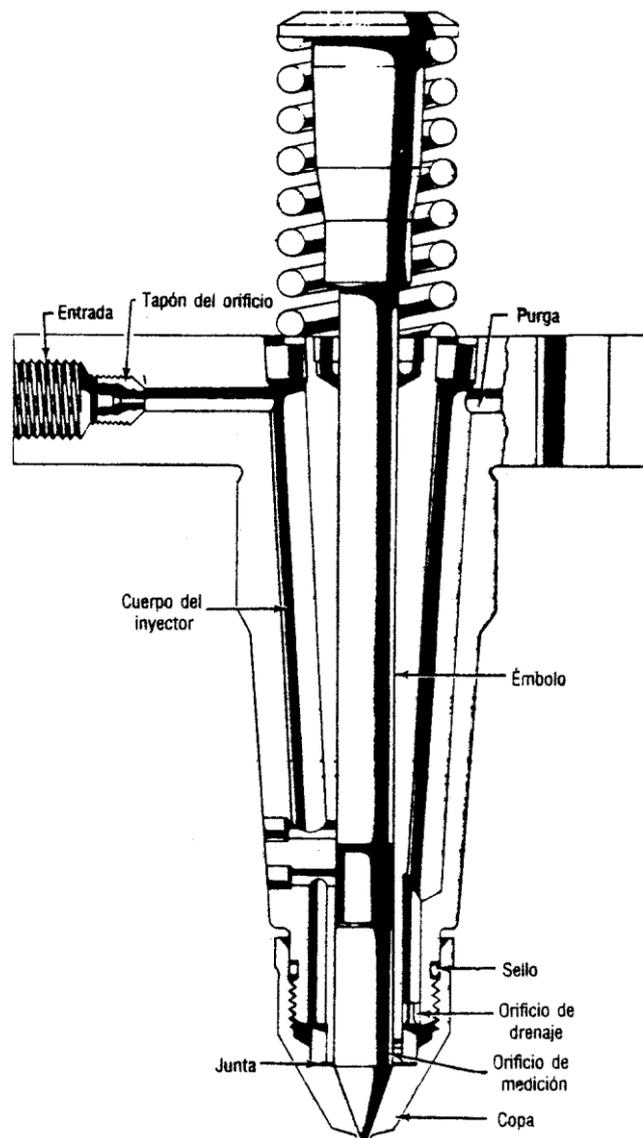


FIGURA 1.15 INYECTOR PT CON PESTAÑA

Si guiendo al cilíndrico aparecieron los inyector es PTB y PTC. El PTC supuso un avance en relación con el PTB, ya que usaba una copa o punta de inyección en dos partes que disminuyó el costo de la copa. Las copas usadas originalmente en los PT y PTB eran más grandes y de una pieza, requiriendo el reemplazo de toda la copa cuando los orificios estaban gastados o tapados. Para reducir aun más el costo del cambio ,se introdujo un inyector, el PTD, el cual contaba con el conjunto de barril y émbolo intercambiables. Sin la necesidad de cambiar todo el cuerpo del inyector, podía sustituirse él embolo y el barril, evitando lo que sucedía antes con los modelos anteriores. Además, el inyector PTD emplea una tuerca de ajuste que controla el viaje ascendente. Dicho inyector se llama inyector PTD con tope superior⁶.

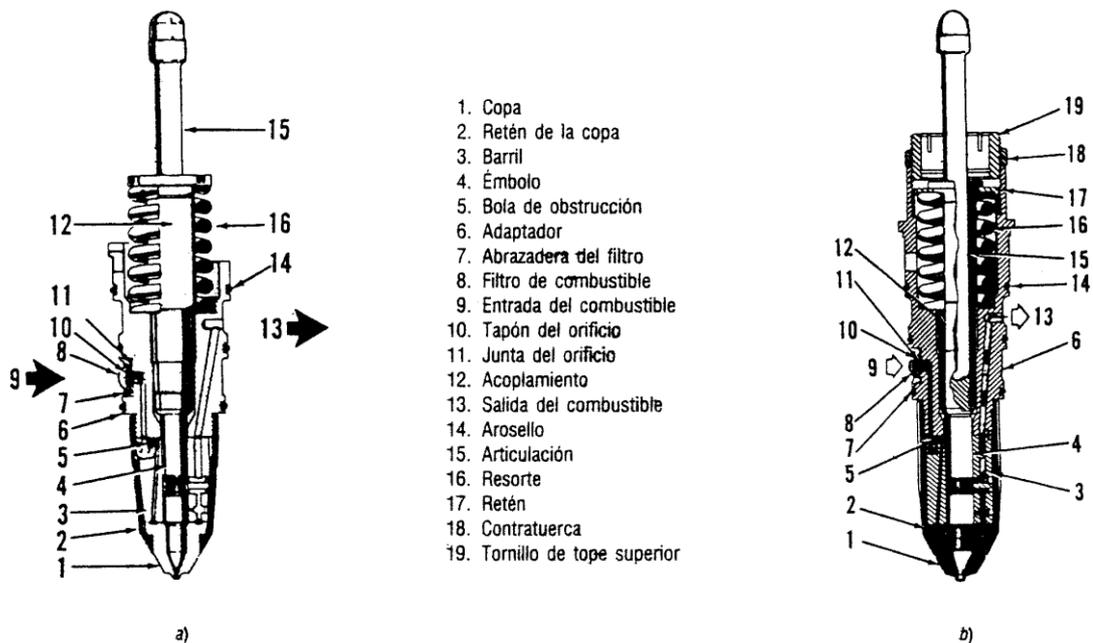


FIGURA 1.16 INYECTOR A) PTD Y B) PTD CON TOPE SUPERIOR

⁶ DAGEL JOHN, MOTORES DIESEL Y SISTEMAS DE INYECCIÓN TOMO III.

En la figura 1.17 aparece un inyector PT y su mecanismo de accionamiento, el inyector funciona como sigue:

El combustible se envía desde la válvula de paro a baja presión al inyector por el conducto G. Cuando el émbolo del inyector se mueve hacia abajo por la rotación del árbol de levas, se inyecta una cantidad medida de combustible a alta presión en la cámara de combustión, pero el resto circula por el inyector para enfriarlo y lubricarlo, antes de que retorne al tanque de combustible por el conducto H.

Cuando la leva 1 gira en el árbol de levas del motor, empuja hacia arriba al seguidor 2 y a la varilla de empuje 3; con esto, se acciona el balancín 4 que mueve al émbolo 5 en el barril 6. El combustible que hay en la copa del inyector 7 atrapado debajo del extremo del émbolo se expulsa por los orificios en la parte inferior de la copa y se inyecta en la cámara de combustión.

Después de la inyección, el resorte en la parte superior del inyector hace que suba el émbolo en su barril; el seguidor descansa contra la leva y penetra más combustible en la copa para la siguiente ciclo de inyección.

El combustible que viene de la válvula de paro se lleva a la culata de cilindros por una sola línea de combustible externa para baja presión. Un múltiple de combustible integral en la culata alimenta todos los inyectores. Por ello, la presión del combustible en todos los inyectores es igual y se inyectará la misma cantidad medida en cada cámara de combustión.

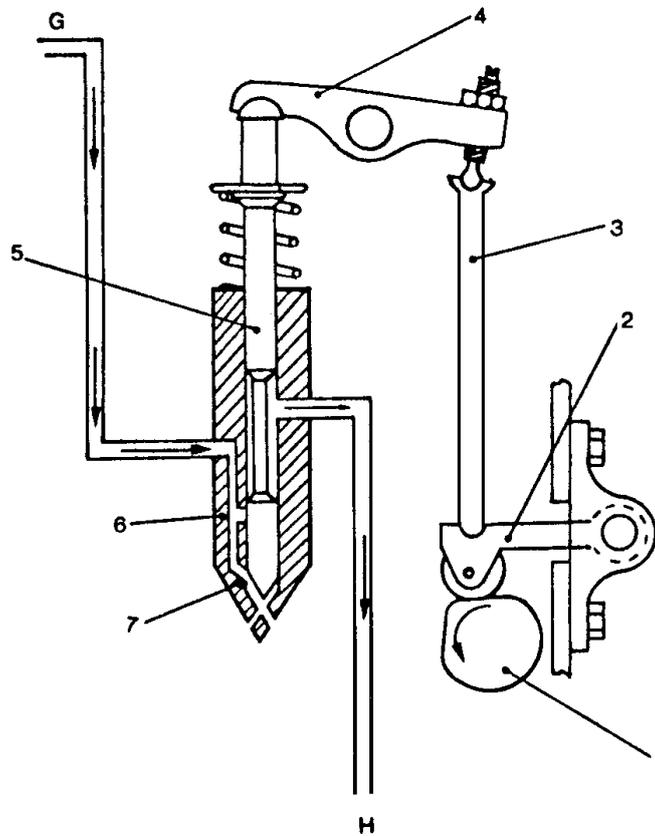


FIGURA 1.17 FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR PT

1.15.- SISTEMA COMPLETO

En la figura 1.18 se ilustra el sistema completo con todos los componentes conectados entre sí. Se puede seguir el paso de combustible desde el tanque y por el sistema hasta el inyector. De acuerdo con la posición ilustrada para el émbolo del gobernador, el motor estaría con aceleración parcial a una velocidad entre marcha mínima y velocidad máxima; la velocidad real dependería de la carga en el motor.

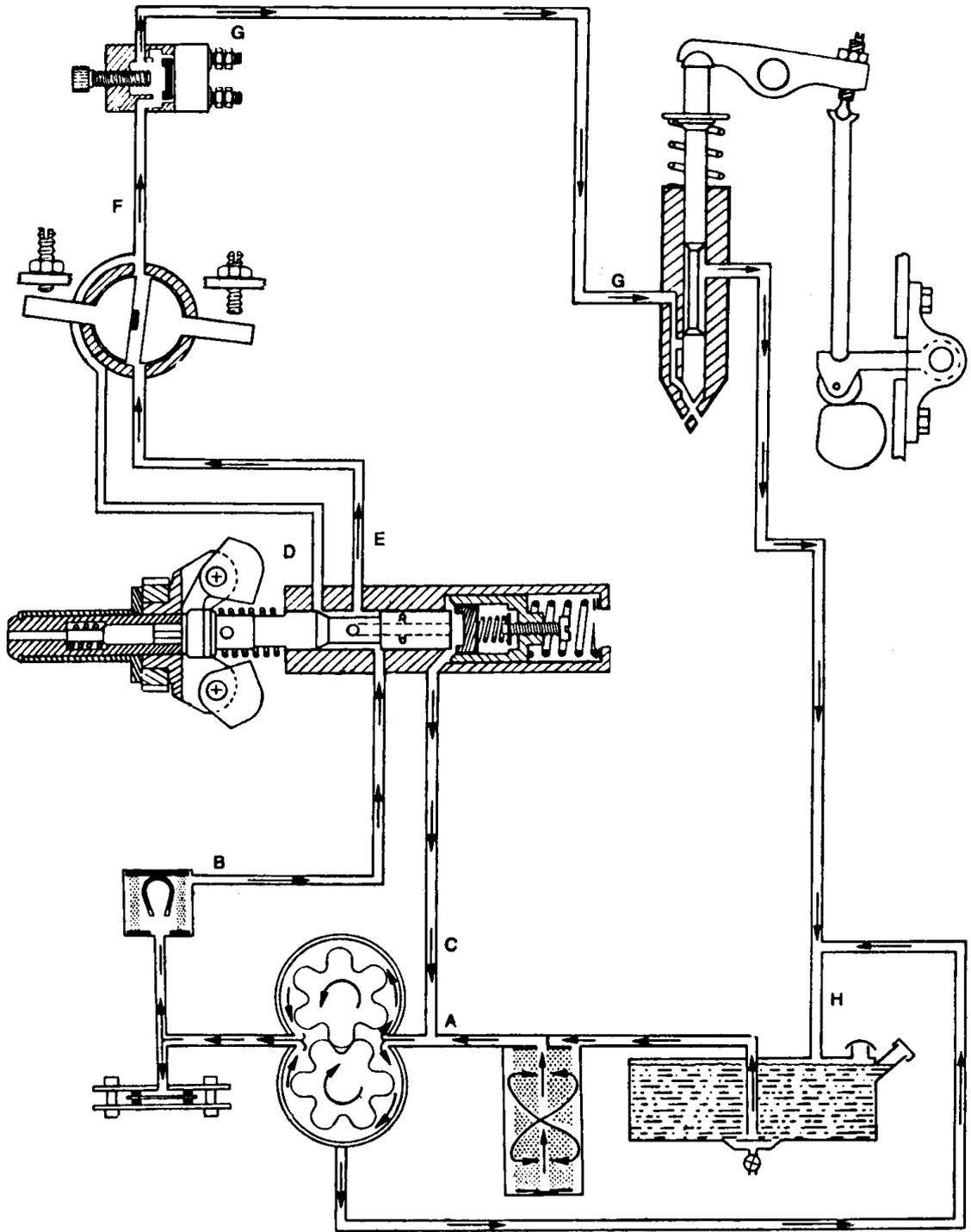


FIGURA 1.18 SISTEMA PT CUMMINS COMPLETO

II.- BOMBA PT CUMMINS

2.1.- GENERALIDADES

El modelo original de la bomba PTR ha sido sustituido por el modelo PTG, que refiere al PTR en varios aspectos . La diferencia más importante es el método de regulación de la presión del múltiple de combustible. En la bomba PTR, la presión máxima del combustible en el múltiple era controlado por medio de un regulador de presión separado. En el PTG se ha eliminado el regulador y la presión máxima de combustible en el múltiple es controlada por el gobernador, de donde procede la designación PTG. El PTG, fue durante muchos años, el estándar de las bombas Cummins. El reciente interés acerca de las emisiones, propició el desarrollo uso de la bomba actual, la PTG AFC. En esta bomba se encuentra con un dispositivo semejante a un aneroide⁷: El aneroide es una válvula de derivación de flujo y no flujo, operada por la presión del aire en el múltiple de entrada. El dispositivo AFC difiere en la proporción de control de flujo y presión para atender las demandas del motor durante los periodos de baja presión en el múltiple de admisión.

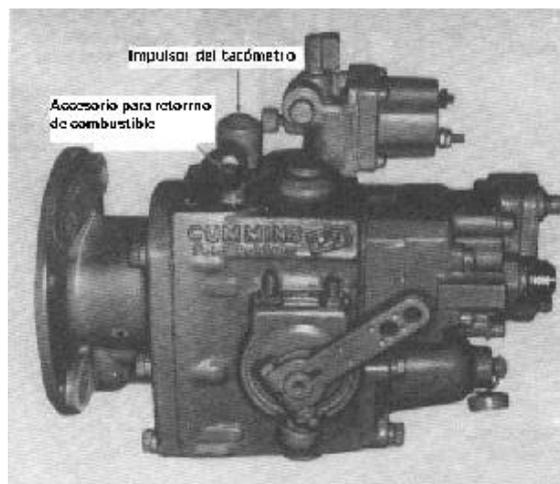


FIGURA 2.1 BOMBA DE COMBUSTIBLE PT

⁷ EL ANEROIDE ES UN DISPOSITIVO DE " ON- OFF" Y NO TIENE LA CAPACIDAD PARA MODULAR LA ENTREGA DE COMBUSTIBLE.

2.2.- IDENTIFICACIÓN DE LA BOMBA

Cuando se requiere dar servicio a una bomba, hay que identificarla correctamente para asegurar una reparación y unos procedimientos de calibración correctos.

2.2.1.- IDENTIFICACIÓN VISUAL DE LA BOMBA

Todas las bombas Cummins tienen ciertas características de diseño que hacen fácil identificarlas. La bomba PTG puede identificarse fácilmente por el hecho de que el impulsor de tacómetro se localiza en el alojamiento de la bomba principal y los tornillos de fugas del estrangulador se encuentran detrás y arriba de la palanca del estrangulador. También, el eje del estrangulador se mantiene en su lugar por medio de un anillo de resorte externo y no hay accesorios de retorno de combustible en la bomba, con excepción del codo de la válvula unidireccional de la bomba de engranes.

La bomba AFC tiene un impulsor del tacómetro localizado en el alojamiento frontal de impulsión de la bomba y se le ha adicionado una cámara de aire en el alojamiento principal de la bomba. La bomba más utilizada en los motores actuales es la AFC.

2.3.- INTERPRETACIÓN DE LA PLACA DE LA BOMBA

Todas las bombas Cummins tienen una placa de origen. Esta placa contiene un código que se utiliza para verificar el ajuste correcto de la bomba de combustible con el libro de datos del sistema de combustible. Al paso de los años, se han utilizado varios tipos de placas a medida que cambiaban los modelos y los procedimientos de identificación de las bombas.

En la figura 2.2 aparece un ejemplo del procedimiento anterior de marcaje.

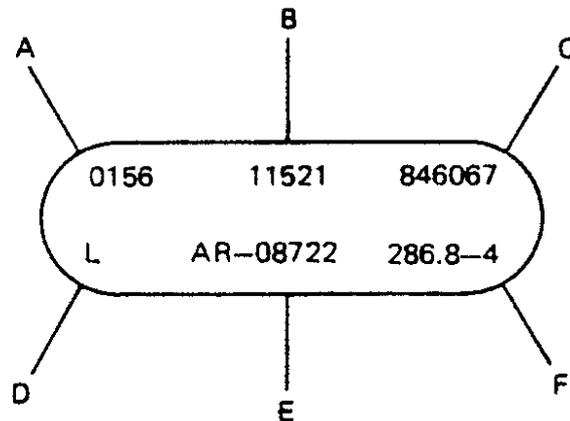


FIGURA 2.2 PLACA DE IDENTIFICACIÓN MODELO ANTIGUO

- El número en la línea superior, 0156, representa la lista de control de partes.
- Los cinco espacios siguientes corresponden al número de orden del taller de servicio.
- El número que sigue representa el de la serie de la bomba de combustible.
- La L indica el giro de la bomba.
- El número siguiente es el número de partes de la bomba.
- El último número y letra indican el número de la tarjeta de calibración.

En la figura 2.3 siguiente aparece el método actual de identificación de la bomba.

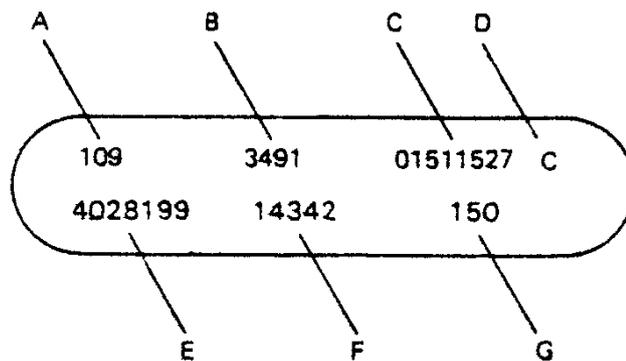


FIGURA 2.3 PLACA DE IDENTIFICACIÓN DEL NUEVO MODELO

Empezando con la línea superior, de izquierda a derecha, los números y letras representan la información que sigue:

- CPL 109 es el número de la lista de control de partes 109.
- 3491 es el número de código de la bomba de combustible y deberá utilizarse cuando se busque la hoja de especificaciones de la bomba.
- 01511527 es el número de serie de la bomba.
- C indica la última revisión.
- 4028199 representa el número de ensamble de la bomba.
- 14342 es el número de orden del taller.
- 150 representa el número unitario de la bomba.

2.4.- COMPONENTES DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE PT

En la figura 2.4 se ilustra la bomba de combustible PT completa. Se monta con una brida y la impulsa el tren de engranes para auxiliares. Los tres componentes internos principales de la bomba son: 1) la bomba de engranes, 2) el gobernador y 3) el acelerador.

La bomba de engranes, impulsada por el eje principal del gobernador absorbe el combustible del tanque y lo envía a baja presión al gobernador. El gobernador mecánico tiene contrapesos para accionar el émbolo y controlar la velocidad y la torsión del motor. También controla la marcha mínima e impide la sobrevelocidad. El combustible se envía desde el gobernador hasta el acelerador.

El acelerador, básicamente, es un eje con un orificio que alinea con los conductos para combustible para controlar la cantidad y la presión de combustible para los inyectores. La palanca del acelerador conecta con el eje, está a su vez conectada con el pedal del acelerador u otro control del operador y éste puede variar la velocidad y la potencia del motor entre marcha mínima y velocidad gobernada; esta palanca se puede ver en el exterior de la bomba en la ilustración.

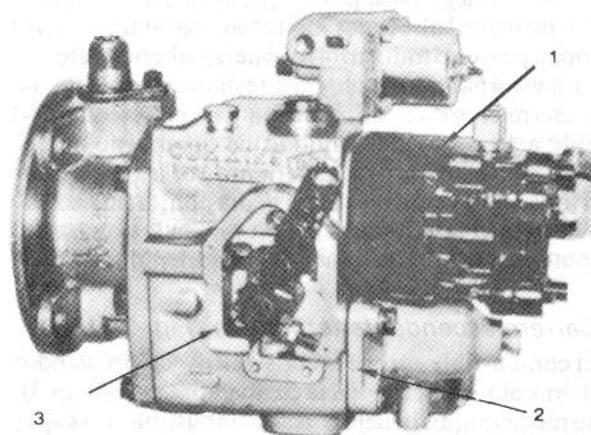


FIGURA 2.4 BOMBA DE COMBUSTIBLE PT

2.5.- PIEZAS INTERNAS DE LA BOMBA PT

Las piezas internas de una bomba de combustible PT (tipo G) se ilustran en la figura 2.5.

Se puede ver que el eje principal 11, que se impulsa desde el motor, acciona la bomba 5 de engranes que está en la parte posterior. El gobernador, que está en la parte inferior de la bomba, se impulsa con un grupo de engranes desde el eje principal. El eje 9 del acelerador está montado transversal en el cuerpo y sobresale de la cubierta de la bomba para instalar la palanca del acelerador. El filtro magnético 2 está contiguo a la bomba de engranes y el amortiguador 8 de pulsaciones está detrás de aquella. La válvula 4 de paro está en la parte superior de la bomba. Un eje 1 de impulsión de tacómetro se conecta con este en el tablero de instrumentos.

Para seguir el paso de combustible por la bomba se empieza en el tubo 7 de entrada de combustible y los conductos que van a la bomba de engranes, acelerador y válvula de paro hasta el tubo 3 para combustible que está conectado en la culata de cilindros.

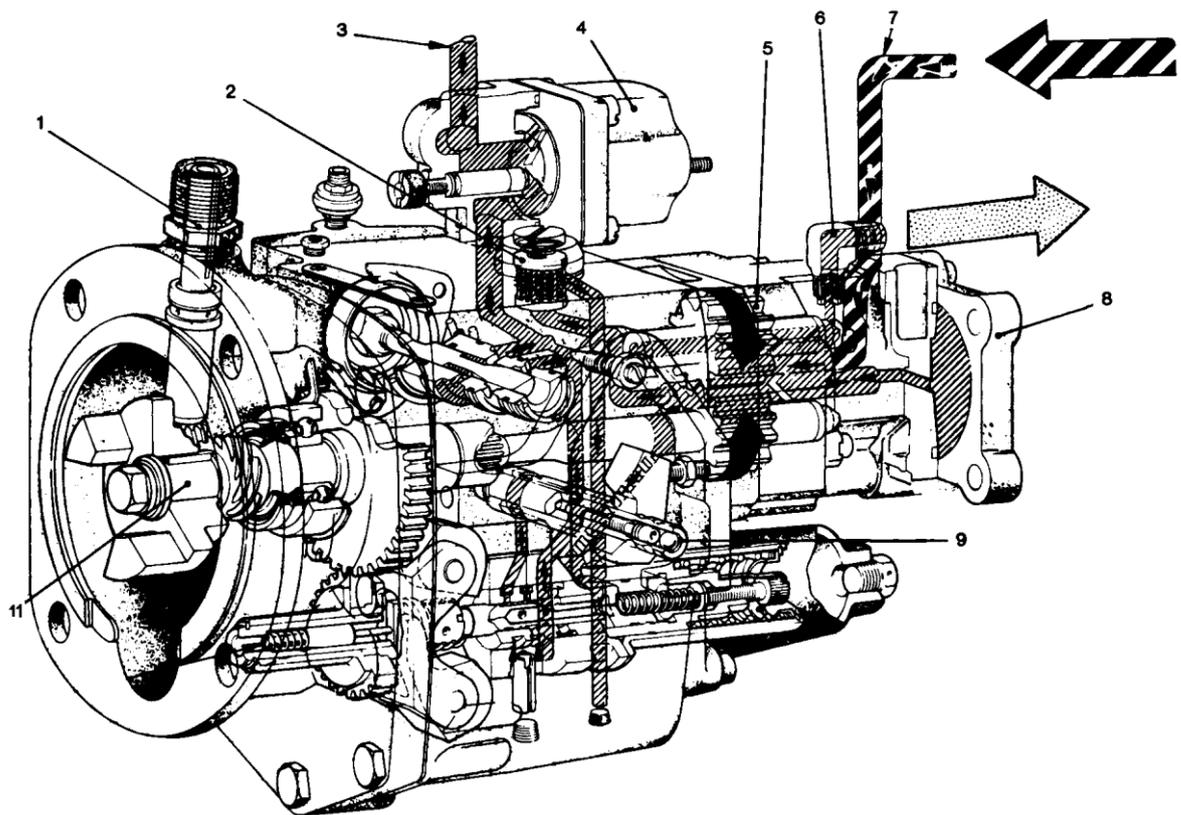


FIGURA 2.5 PARTES INTERNAS DE LA BOMBA PT

2.6.- OPERACIÓN DE LA BOMBA Y FLUJO DE COMBUSTIBLE

El control de combustible (entrega) en una bomba de combustible Cummins tipo PTG se realiza mediante un principio muy sencillo: la entrega de combustible está relacionada directamente con la presión del mismo, el tiempo permitido para la entrega y el tamaño del orificio a través del cual debe fluir.

- 1) Filtro primario del combustible
 - 2) bomba de engranes
 - 3) Malla filtro
 - 4) Chumacera del gobernador
 - 5) Embolo del gobernador
 - 6) Resorte de control de torsión
 - 7) Contrapesos del gobernador
 - 8) Portador de los contrapesos del gobernador
 - 9) Embolo auxiliar de los contrapesos
 - 10) Resorte auxiliar de los contrapesos
 - 11) Embolo del resorte de marcha en vacío
 - 12) Resorte de velocidad de marcha en vacío
 - 13) Resorte del gobernador de velocidad máxima
 - 14) Tornillo de ajuste de la velocidad de marcha en vacío
 - 15) Calzas del gobernador de velocidad máxima
 - 16) Lumbrera del gobernador de velocidad de marcha en vacío
 - 17) Lumbrera del gobernador principal
 - 18) Lumbrera de vaciado del gobernador
 - 19) Estrangulador
 - 20) Válvula AFC de aguja
 - 21) Embolo de control de la AFC
 - 22) Barril de la AFC
 - 23) Diafragma
 - 24) Resorte de la AFC
 - 25) Válvula de paro
 - 26) Válvula solenoide
 - 27) Interruptor de encendido
- A) Combustible a los inyectores
 - B) Aire del múltiple de admisión
 - C) Combustible que viene del tanque
 - D) Combustible desviado
 - E) Paso del combustible de marcha en vacío

2. A continuación, el combustible se suministra bajo presión (esta presión depende de la velocidad de la bomba de engranes y de la restricción del sistema), pasando al filtro de malla dentro del alojamiento de la bomba (figura 2.7).

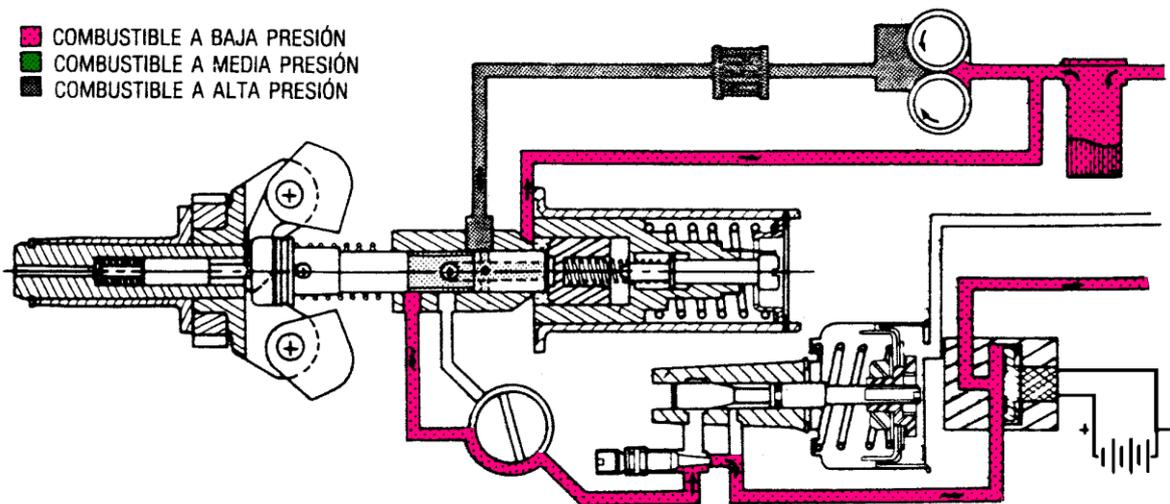


FIGURA 2.7 FLUJO DE COMBUSTIBLE DURANTE EL ARRANQUE Y MARCHA EN VACÍO

3. A partir de la malla del filtro, el combustible fluye al barril y émbolo del gobernador.
4. La rotación de los contrapesos del gobernador han movido al émbolo del gobernador a la posición correcta para abrir y regular el combustible en marcha en vacío y en arranque.
5. El combustible fluye por el barril y émbolo del gobernador pasando al tubo de combustible de marcha en vacío, desviándose así del estrangulador.

6. Si el estrangulador está en una posición abierta, el combustible fluye por él y el paso de marcha en vacío hacia la válvula AFC de purga de aire.
7. El combustible fluye por la válvula solenoide y, a continuación, a los inyectores. El émbolo AFC se encuentra cerrado en este momento, ya que no cuenta con presión turbo.
8. El combustible continúa fluyendo por la válvula de interrupción y hacia el tubo de combustible del motor.
9. En la figura 2.8 ha aumentado la velocidad del motor como ocurriría durante una operación normal.

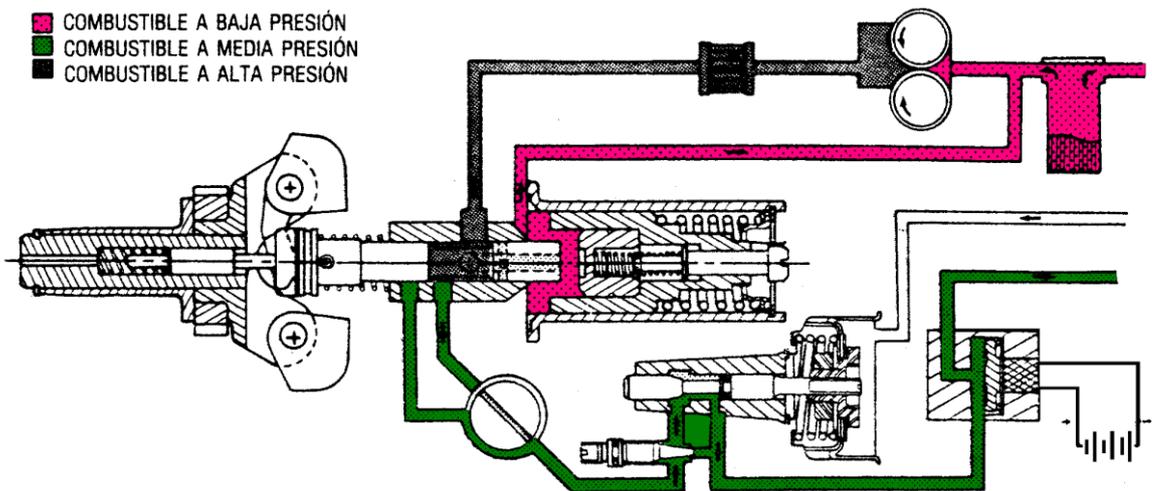


FIGURA 2.8 FLUJO DE COMBUSTIBLE EN MARCHA NORMAL

10. Se observará que el émbolo del gobernador se ha movido a la derecha y ha cubierto el paso de combustible de marcha en vacío.

11. El flujo de combustible y la presión son ahora controlados por el estrangulador y a lo largo de la posición de los contrapesos del gobernador con el botón del émbolo del resorte de marcha en vacío.
12. También en la figura 2.8, la presión de combustible ha pasado por el orificio horizontal del émbolo del gobernador y ha movido el botón del émbolo de resorte de marcha en vacío, retirándolo del émbolo del gobernador para controlar la presión del combustible.
13. Una pequeña cantidad de combustible que fluye por el émbolo del gobernador al émbolo del resorte del propio gobernador, circulará hacia el alojamiento de la bomba, retornando a la bomba de engranes.
14. El combustible restante fluye a través del estrangulador hacia la unidad AFC, que ahora está abierta, debido al refuerzo turbo que ha movido el émbolo AFC a la izquierda y ha abierto el paso alrededor del tornillo de purga de aire.
15. En las figuras 2.9 y 2.10, el flujo de combustible se mantiene igual, salvo para la operación del gobernador, el cual tiene lugar en marcha en vacío alta. Los contrapesos del gobernador se han movido hacia fuera, moviendo el émbolo del gobernador a la derecha y limitando el flujo de combustible a través del orificio que lleva al estrangulador. Esta acción limita el flujo de combustible durante la operación del motor a alta velocidad, lo que a su vez limita la velocidad del motor.

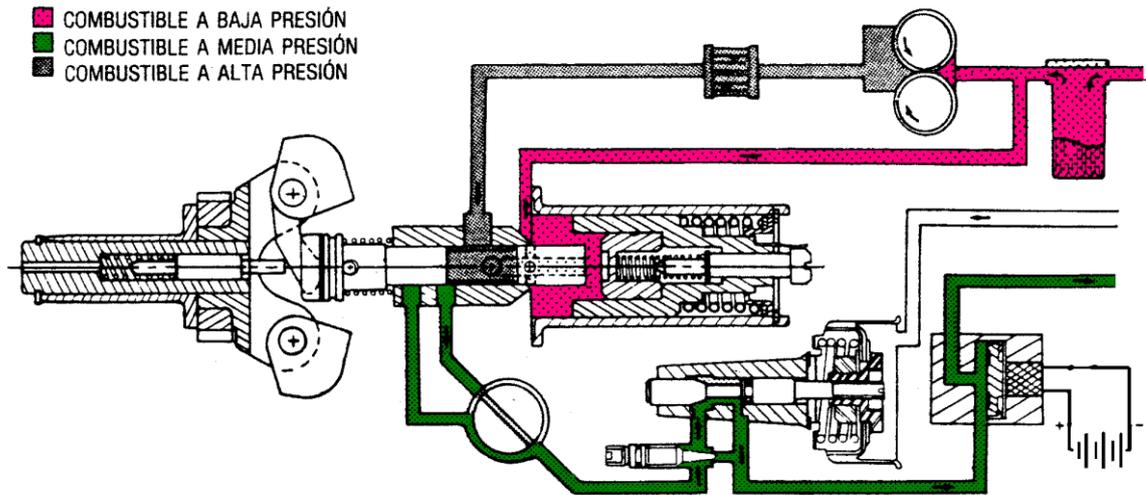


FIGURA 2.9 FLUJO DE COMBUSTIBLE AL INICIAR LA ALTA VELOCIDAD

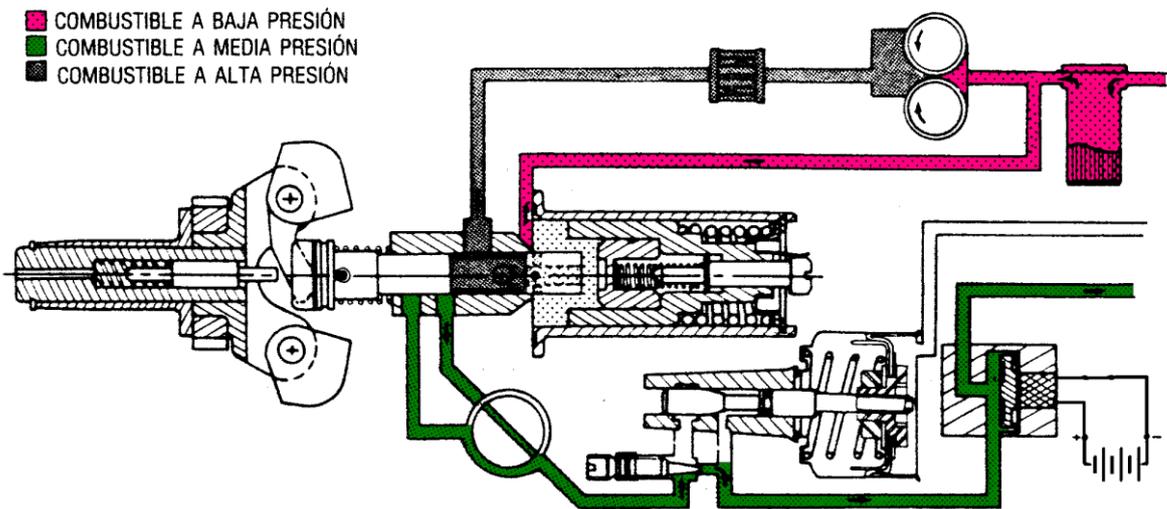


FIGURA 2.10 FLUJO DE COMBUSTIBLE CON REGULACIÓN DE ALTA VELOCIDAD TERMINADA

16. Como puede observarse, la alta velocidad del motor es controlada por los contrapesos del gobernador, así como por la posición de su émbolo.

Se puede observar entonces que la unidad AFC regulará la presión de combustible y, en consecuencia, la entrega de combustible al motor, de manera que corresponda a la cantidad de presión del aire en el múltiple de admisión. Esta relación de entrega permite al motor desarrollar potencia plena en todas las velocidades del motor y en todas las condiciones de carga. Por otra parte, la emisión del escape del motor se reduce en gran medida.

2.7.- DESENSAMBLE E INSPECCIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE

Antes de desensamblar la bomba. Limpiar totalmente con líquido para limpieza y con aire comprimido. Después de la limpieza, seguir el procedimiento.

2.7.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE (PTG AFC)

Los procedimientos de desensamble que siguen se aplican específicamente a las bombas PTG AFC con gobernador automotriz.

1. Montar la bomba en un soporte adecuado y sujétela en un tornillo de banco (figura 2.11).

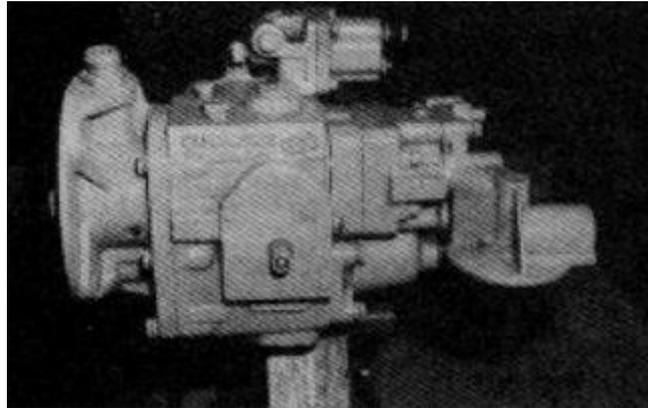


FIGURA 2.11 BOMBA PTG AFC MONTADA EN UN SOPORTE

2. Se debe retirar la válvula de cierre (solenoid).
3. Desmontar el amortiguador de pulsaciones y los tornillos de retención de la bomba de engranes.
4. Separar la bomba de engranes del cuerpo de la bomba principal, golpeándola con un martillo de plástico (figura 2.12).

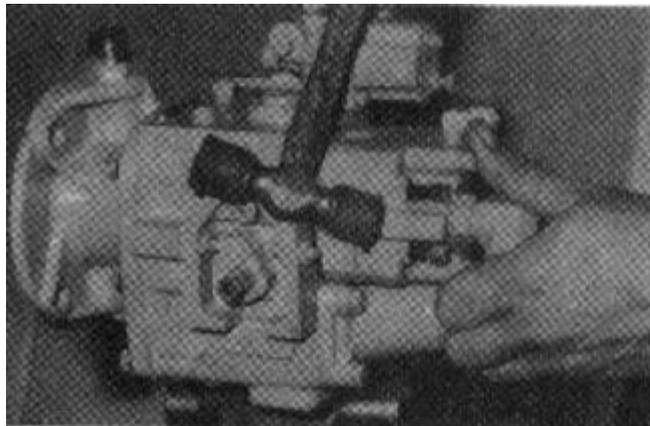


FIGURA 2.12 DESMONTAJE DE LA BOMBA DE ENGRANE

5. Golpear la tapa del filtro malla, colocada en la parte superior del alojamiento de la bomba, usando un martillo para aflojarla y, a continuación, desmontar con un desarmador de dado. Desmontar el filtro de malla.

6. Quitar los cuatro tornillos prisioneros que sujetan la tapa del resorte del gobernador al alojamiento de la bomba principal.
7. Usando unas pinzas para anillos de resorte, desmontar el anillo de resorte del paquete de calzas del gobernador, el ensamble de la guía del resorte y el ensamble del paquete de calzas, sacándolos del alojamiento, teniendo cuidado de que no se caiga el botón del émbolo de resorte de marcha en vacío (figura 2.13).

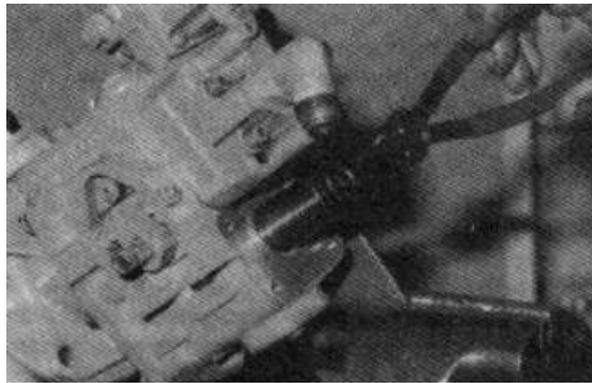


FIGURA 2.13 DESMONTAJE DEL RESORTE DEL GOBERNADOR

8. Se debe quitar los tres tornillos prisioneros que sujetan a la placa que cubre el AFC del alojamiento principal y retire la propia placa.
 - A continuación, desmontar el conjunto del fuelle y el émbolo AFC del alojamiento de la bomba (figura 2.14).

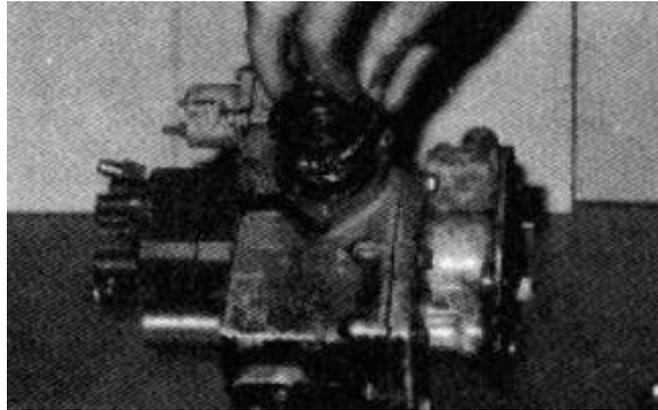


FIGURA 2.14 DESMONTAJE DEL ENSAMBLE DEL FUELLE Y EMBOLO DEL AFC

- Sacar el resorte y las calzas del fuelle.
 - Desmontar el anillo del resorte que sujeta el barril AFC al alojamiento de la bomba.
 - Quitar el barril AFC del alojamiento, usando un extractor adecuado, o bien, utilizando una herramienta en forma de gancho que entre al barril y que se enganche por detrás de éste.
9. Desmontar el tornillo de purga de aire del alojamiento, de tal forma que pueda instalarse en un arosello nuevo.
 10. Quitar la sujeción del impulsor del tacómetro de la parte delantera del impulsor. Se usan dos tipos diferentes de retenes del impulsor del tacómetro; uno de ellos se detiene con un tornillo prisionero y el otro va atornillado al alojamiento. Desmontar el tornillo prisionero en el primer tipo y quite el impulsor. Quitar el segundo tipo, desatornillándolo del alojamiento con un dado y un maneral.

11. Retirar la placa de la cubierta del eje del estrangulador, desmontando los tornillos del impulsor que la detienen. Los tornillos de la tapa pueden desmontarse palanqueando bajo la placa de la cubierta, cerca del tornillo, con un desarmador.
12. Quitar los tornillos prisioneros que sujetan la tapa frontal al alojamiento de la bomba y se debe desmontar la tapa del impulsor delantero del alojamiento de la bomba principal (figura 2.15)

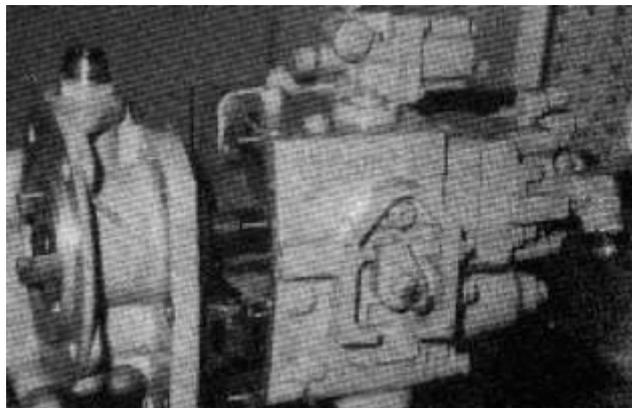


FIGURA 2.15 DESMONTAJE DE LA CUBIERTA DEL IMPULSOR DELANTERO

13. Se procede a desmontar el émbolo del gobernador, retirándolo del alojamiento de la bomba principal.
14. Retirar el émbolo de apoyo de los contrapesos del gobernador, a calzas y el resorte antes de tratar de desmontar el ensamble de contrapesos de la tapa delantera.
15. Levantar el ensamble de contrapesos del gobernador de la tapa delantera.
16. Quitar el anillo de resorte que sujeta al eje del estrangulador en el alojamiento de la bomba y desmonte el eje del estrangulador.

17. Extraer los tornillos prisioneros desde el acoplamiento impulsor, utilizando una llave de impacto y tirando del acoplamiento desde el eje impulsor.
18. Retirar el eje impulsor del tacómetro, el buje y los sellos del alojamiento impulsor, empujándolos hacia arriba con un mandril de latón y un martillo para sacarlos del alojamiento (figura 2.16).

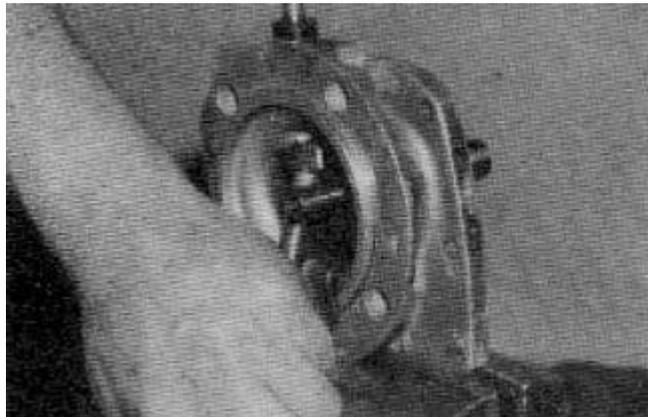


FIGURA 2.16 DESMONTAJE DEL EJE Y EL BUJE DEL IMPULSOR DEL TACÓMETRO

19. Antes de desmontar el eje y el engrane impulsor de la bomba, se debe quitar un anillo de resorte colocado detrás del engrane impulsor del gobernador. Esto se hace fácilmente introduciendo un pequeño desarmador por debajo de un extremo y deslizándolo alrededor del anillo de resorte.
20. El paso siguiente consiste en quitar el eje impulsor de alojamiento impulsor.
 - Instalar, en primer lugar, un tornillo largo en el orificio del tornillo prisionero de retención del cubo impulsor y sujete el alojamiento impulsor con una prensa.

- Sacar hacia fuera el eje impulsor, presionando sobre el tornillo.
21. Desmontar los sellos del eje impulsor del alojamiento delantero usando un martillo y un impulsor de sellos. Desechar los sellos usados.
 22. Se debe limpiar cuidadosamente todas las partes de la bomba sumergiéndolas en un disolvente para limpieza.

2.8.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE LAS PARTES DE LA PTG AFC

Se inspecciona cuidadosamente todas las partes de la bomba antes de volver a utilizarlas. El siguiente procedimiento de inspección deberá seguirse con mucho cuidado:

1. El alojamiento de la bomba contiene el buje del eje del estrangulador y el barril del émbolo del gobernador. Estas dos partes deberán inspeccionarse cuidadosamente para determinar si el alojamiento se puede volver a usar.
2. El buje del eje del estrangulador debe inspeccionarse observando si tiene escoriación y desgaste. Si el buje está desgastado y hay alguna duda acerca del ajuste del eje estrangulador en el propio buje, utilizar un eje del estrangulador de mayor tamaño. Dicho eje del estrangulador puede ajustarse en el alojamiento de la bomba antes de pulirlo con un compuesto para pulir.
3. El barril del gobernador debe inspeccionarse observando si presenta desgaste. Puede reemplazarse en el alojamiento, pero en muchos casos el alojamiento se cambia sustituyéndolo por otro reconstruido, en los casos en que el barril esté muy escoriado.

4. El émbolo del gobernador deberá inspeccionarse cuidadosamente para ver si presenta desgaste; si se encuentra muy desgastado o escoriado, cambiarlo⁸.
5. El ensamble de los contrapesos del gobernador deberá revisarse observando si presenta desgaste en los contrapesos y en las espigas. Si los contrapesos y las espigas están gastados, cambiar el porta contrapesos.
6. El buje del portador del gobernador deberá revisarse viendo si presenta desgaste y si éste es el caso, cambiarlo.
7. Revisar el eje impulsor, observando si tiene desgaste en el punto en que asientan los sellos. Revisar el rodamiento de bolas del eje impulsor. Si funciona en forma áspera, cambiarlo.
8. Desensamblar la bomba de engranes, comprobar y revisar si presentan señales de desgaste. Si es así, cambiarla con otra reconstruida.
9. Revisar el diafragma del amortiguador de pulsaciones, por si presenta grietas visibles, y dejándolo caer sobre una superficie dura. Un sonido claro indica que el diafragma está bien; un diafragma defectuoso dará lugar a una baja presión en el carril y a las fallas por baja potencia.
10. El impulsor del tacómetro deberá revisarse observando si su buje presenta desgaste. El juego normal entre el eje y el buje es de 0.002 a 0.003 pulg. (0.05 a 0.08 mm). Si el desgaste es mayor al indicador, cambiar el buje o el eje.
11. En la mayoría de los casos, la válvula de interrupción no se desensambla, a menos de que su funcionamiento no sea el correcto. Si trabaja al aplicarle potencia, se puede volver a usar. Si no funciona, la parte del solenoide de la válvula puede cambiarse fácilmente removiendo los cuatro tornillos que la sujetan a la válvula de interrupción e instalando uno nuevo.

⁸ PUEDEN AJUSTARSE ÉMBOLOS NUEVOS AL BARRIL VIEJO, EN CASO DE QUE EL ÉMBOLO DEL GOBERNADOR ESTÉ GASTADO.

12. El fuelle AFC deberá inspeccionarse para ver si se presenta grietas o roturas y cambiarlo si existe alguna duda acerca de su estado.
13. Revisar el pistón, observando si presenta escoriaciones y rayaduras
14. Verificar el barril AFC, viendo si presenta escoriación o rayaduras.
15. Desmontar y desechar todos los arosellos del barril AFC.

2.9.- ENSAMBLE Y CALIBRACIÓN DE LA BOMBA

2.9.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LA PTG AFC

Antes de intentar reensamblar la bomba, asegurarse de que todas las partes se hayan limpiado e inspeccionado perfectamente. Usar siempre empaques y sellos nuevos al reensamblar la bomba. Así mismo, se recomienda usar la hoja de datos de calibración para asegurarse de que la instalación de resortes y otras partes sea la correcta.

1. Montar el alojamiento de la bomba en un soporte adecuado que pueda sujetarse a un tornillo de banco, o en un banco de trabajo para bombas.



FIGURA 2.17 BOMBA MONTADA EN UN SOPORTE PARA SU ENSAMBLE

2. Si se desmontó, instalar la arandela del resorte de marcha en vacío del gobernador sobre el tornillo de ajuste de marcha en vacío del émbolo de resorte del gobernador (figura 2.18).

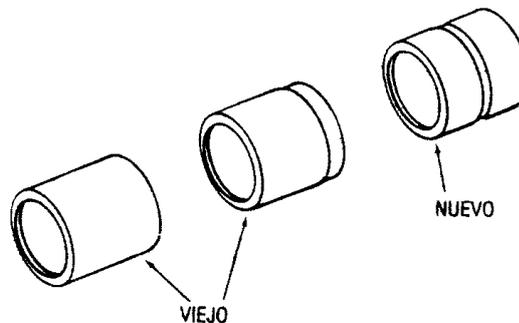


FIGURA 2.18 INSTALACIÓN DE LA ARANDELA DE VACÍO

3. Instalar el resorte de marcha en vacío sobre el tornillo de ajuste de marcha en vacío del émbolo del resorte del gobernador.
4. Colocar el botón del émbolo de marcha en vacío sobre el resorte de marcha en vacío y en émbolo del resorte⁹ (figura 2.19).

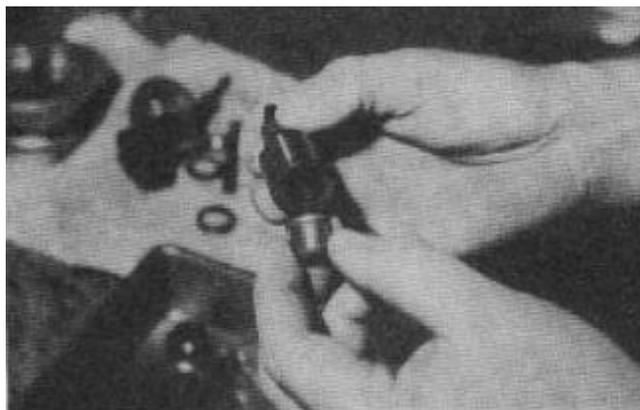


FIGURA 2.19 INSTALACIÓN DEL EMBOLO DEL RESORTE DE MARCHA EN VACÍO

⁹ EL BOTÓN DEL ÉMBOLO DE MARCHA EN VACÍO REGULA LA PRESIÓN MÁXIMA DE COMBUSTIBLE Y, EN CONSECUENCIA, LA POTENCIA DEL MOTOR.

5. Instalar el émbolo de resorte del gobernador y el paquete de calzas en la perforación del émbolo en el alojamiento.
6. Colocar el anillo del resorte del gobernador y la cubierta del paquete del resorte del gobernador.
7. Lubricar el émbolo de control del gobernador e instalarlo en el alojamiento de la bomba (figura 2.20).

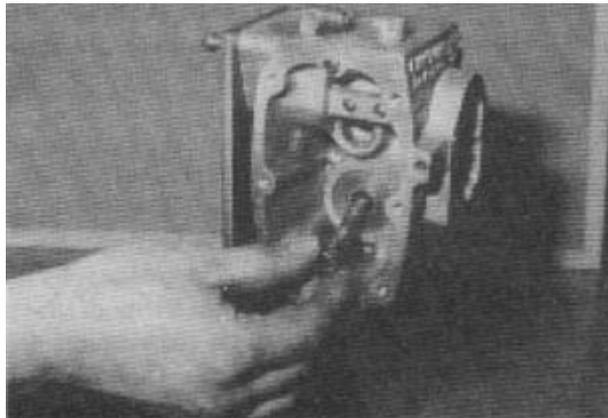
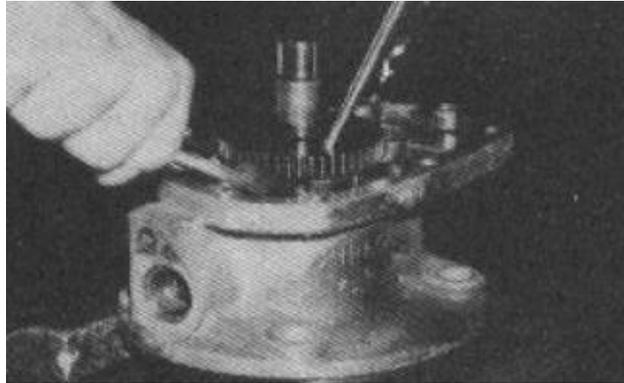


FIGURA 2.20 INSTALACIÓN DEL EMBOLO DEL GOBERNADOR

8. Instalar sellos nuevos en el alojamiento impulsor delantero de la bomba¹⁰.
9. Si se cuenta con una herramienta para protección de sellos, instalarla en el eje impulsor. Colocar el anillo de resorte del eje sobre el mismo, entre el engrane impulsor del gobernador y el cojinete.
10. Instalar el eje en el alojamiento delantero de la bomba y quitar la herramienta de protección del sello (si se usa).
11. Si no cuenta con dicha herramienta, lubricar el eje con aceite de motor, e instalarlo cuidadosamente en los sellos, girando el eje y moviéndolo de un lugar a otro. Esta ayuda a impedir que el labio del sello se enrolle.

¹⁰ LOS SELLOS DEL EJE IMPULSOR DEBEN INSTALARSE EN DIFERENTES DIRECCIONES.

12. Utilizando unas pinzas para anillos de resorte, comprimir el anillo de retención e introducirlo en la ranura del alojamiento delantero (figura 2.21).



**FIGURA 2.21 INSTALACIÓN DEL ANILLO DEL RESORTE DEL EJE
IMPULSOR**

13. Instalar el ensamble de los contrapesos del gobernador y el buje en el alojamiento delantero. En las primeras bombas, el ensamble de contrapesos del gobernador se detiene en el buje que tiene un anillo de resorte, el cual debe instalarse antes de introducir el ensamble de presión en el alojamiento. En los gobernadores actuales, el ensamble de los contrapesos no se sujeta al buje mediante un anillo de resorte como consecuencia, el buje puede introducirse en el alojamiento y, a continuación, instalarse en el mismo ensamble de los contrapesos.
14. Colocar un arosello nuevo en el eje del estrangulador.
15. Insertar el estrangulador en el alojamiento de la bomba principal.
16. Dependiendo del tipo de ensamble del estrangulador con que se cuente, insertar un pequeño anillo de resorte en el interior del alojamiento de la bomba.

17. Anotar la posición de la ranura para el aceite del buje del impulsión del tacómetro. Dicha ranura deberá estar alineada con el impulsor de la bomba de combustible durante la instalación.
18. Introducir el buje y el impulsor del tacómetro en el alojamiento del impulsor delantero de la bomba.
19. Instalar el sello espaciador y el sello del impulsor en el impulsor del tacómetro.
20. Colocar el sello contra el polvo con el lado blanco hacia arriba y, a continuación, instalar el retén y los tornillos.
21. Colocar el empaque del alojamiento delantero en el alojamiento de la bomba principal.
22. Instalar la lengüeta de impulsión del émbolo del gobernador en posición horizontal.
23. Colocar el émbolo auxiliar de los contrapesos, con el resorte y las calzas en el orificio del eje del gobernador.
24. El émbolo auxiliar deberá revisarse en cuanto a su peso en este momento. El ajuste auxiliar de los contrapesos aparecen en la hoja de calibración para la bomba en la que se trabaja.
25. Colocar el ensamble de contrapesos del gobernador en posición horizontal.
26. Instalar el alojamiento delantero asegurándose de que la lengüeta del émbolo de control del gobernador entre en la ranura que se halla entre los contrapesos del gobernador (figura 2.22).



FIGURA 2.22 INSTALACIÓN DEL EJE IMPULSOR DELANTERO

27. Colocar los tornillos en el alojamiento delantero y apretar a 10 lb-pies (13.56 N.m).
28. Instalar un empaque nuevo en la bomba de engranes¹¹.
29. Montar la bomba de engranes.
30. Instalar el amortiguador de pulsaciones en la parte posterior de la bomba de engranes e introducir los tornillos.
31. Colocar la bomba de engranes, el amortiguador y los tornillos prisioneros, apretándolos 10 lb-pies (13.56 N.m).
32. Determinar que tipo de accesorio para entrada de combustible se requiere para la bomba que se está reparando.
33. Instalar el accesorio correcto de entrada en la bomba de engranes
34. Montar el filtro de combustible y la tapa en el alojamiento de la bomba
35. Colocar la válvula de interrupción de combustible y apretar los tornillos prisioneros.
36. Instalar el pequeño resorte en el orificio del barril AFC del alojamiento de la bomba principal

¹¹ LAS BOMBAS DE ENGRANES DEBERÁN INSTALARSE CORRECTAMENTE SEGÚN EL GIRO DE LA BOMBA.

37. Lubricar e instale los arosellos del barril AFC y montar el barril en el alojamiento de la bomba.
38. Colocar el anillo de resorte del retén del barril.
39. Instalar el resorte del fuelle y la arandela de acero en el rebajo del alojamiento de la bomba.
40. Colocar el resorte AFC sobre el émbolo AFC y el fuelle.
41. Lubricar e instale el émbolo AFC con resorte y fuelle en el barril AFC. Este barril se puede identificar des dos maneras: ya sea por una ranura cortada alrededor de la parte superior del barril, o bien mediante una S antes del número de partes ¹²(figura 2.23).

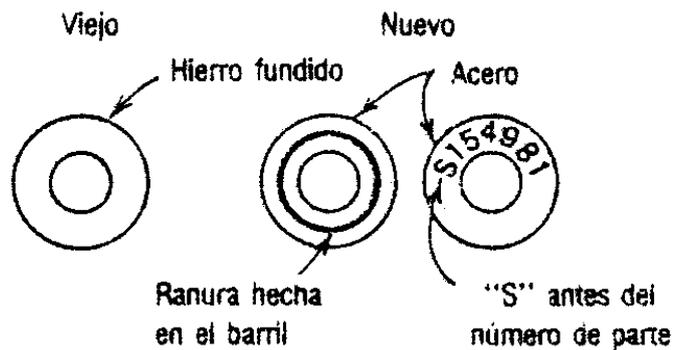


FIGURA 2.23 IDENTIFICACIÓN DEL BARRIL DEL AFC

42. Después de asegurarse de que los orificios del fuelle están alineados con los orificios del alojamiento de la bomba, instalar la placa de la cubierta AFC y los tornillos.

¹² LOS PRIMEROS BARRILES ANTIGUOS AFC ERAN DE HIERRO FUNDIDO. SE HAN SUSTITUIDO POR BARRILES DE ACERO, QUE TIENEN MEJORES CARACTERÍSTICAS DE DESGASTE.

43. Después de instalar y lubricar los arosellos nuevos en el tornillo de purga de aire, instalarlo en el alojamiento de la bomba y atornillarlo hasta que asiente en el alojamiento. Dejar la contratuerca floja. Es necesario ajustes posteriores en el tornillo de purga de aire durante la calibración de la bomba.

2.10.- PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN Y PRUEBA DE LA BOMBA

Lubricar el engrane impulsor del tacómetro con aceite para motores y, a continuación, montar la bomba a probar en el banco de prueba (figura 2.24). Observar el código correcto en cuanto a las especificaciones de calibración. Asegurarse de que todas las conexiones sean de tipo correcto y estén en buen estado. Cualquier fuga de succión en el tubo de entrada permitiría el paso de suficiente aire a la bomba de inyección, de manera que resultaría imposible una calibración correcta. Antes de calibrar la bomba, observe los datos de calibración, utilizando el número de código de la bomba que se encuentra en la placa de la misma.

Aun cuando las siguientes instrucciones de calibración corresponden a una bomba PTG AFC, se pueden utilizar para calibrar una bomba PTG sin AFC.

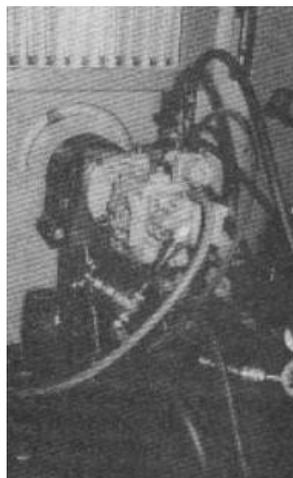


FIGURA 2.24 BOMBA MONTADA EN EL BANCO DE PRUEBA

1. Quitar los tornillos prisioneros que sujetan la placa de la cubierta del AFC al alojamiento de la bomba principal.
2. Instalar la herramienta de ajuste AFC y la herramienta para ajuste de marcha en vacío, si se dispone de ella (figura 2.25).

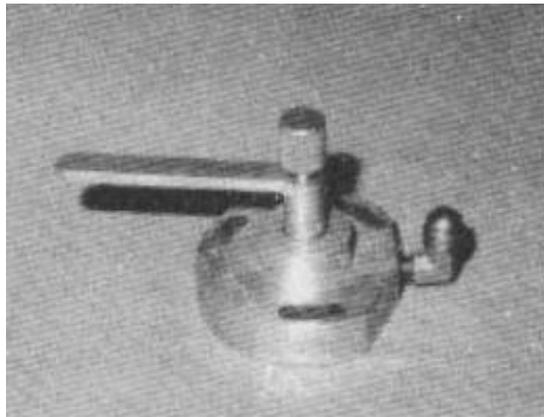


FIGURA 2.25 HERRAMIENTA DE AJUSTE DEL AFC

3. Instalar los tornillos prisioneros y apretarlos de 30 a 35 lb-pulg. (3.39 a 4.52 N.m).
4. Suministrar aire a presión 25 lb/pulg² a la herramienta de servicio AFC.
5. Instalar el tornillo moleteado en la válvula de interrupción de la bomba, introduciéndolo hasta el fondo. Esto abre la válvula de interrupción, permitiendo al combustible fluir por la misma.
6. Abrir la válvula del múltiple del tablero de flujo o del banco de prueba y asegurarse de que la válvula de marcha en vacío esté cerrada.
7. Encender el banco de prueba y haga girar la bomba de 500 rpm, con el estrangulador en la posición totalmente abierta.
8. Después de que la bomba haya funcionado por varios minutos, cerrar la válvula de entrada o de succión y observar el manómetro de vacío. La bomba deberá expulsar 24 a 25 pulg.

de vacío a 500 rpm. Si la bomba no genera el vacío correcto revisar si hay fugas de aire o cambiar la bomba de engranes.

9. Aumentar la velocidad de la bomba a 100 rpm por debajo de la velocidad normal.
10. Ajustar la válvula de succión de entrada de manera que aparezca un vacío de 8 pulg. en el manómetro de vacío.
11. Poner en marcha la bomba durante 5 minutos, para asentar sus cojinetes o bujes nuevos y para purgar todo su aire.
12. Ajustar la válvula de control de combustible de manera que el medidor de combustible indique el flujo especificado en los datos de calibración (el estrangulador de la bomba en posición totalmente abierta).
13. Si no puede obtenerse el flujo correcto, cambiar el botón del émbolo del resorte de marcha en vacío, ya que la restricción al eje del estrangulador fue colocada en la posición totalmente abierta durante el ensamble de la bomba.
14. Reajustar la válvula del accesorio de succión de la bomba marchando a 100 rpm por debajo de la velocidad normal e indicando de 5 a 8 pulg. de vacío en el manómetro.
15. Revisar las rpm de corte del gobernador, aumentando la velocidad de la bomba hasta que la presión de combustible empiece a bajar. Esta caída deberá ocurrir a las rpm indicadas en los datos de calibración de la bomba.
16. Si se cambió el paquete de calzas del gobernador, poner en marcha la bomba a 1500 rpm y mover el estrangulador hacia atrás y hacia delante, para purgar el aire de la bomba. Volver a verificar el corte de marcha en vacío.
17. Después de que se revise la velocidad de corte de marcha en vacío, mover el estrangulador de la bomba a la posición de marcha y abrir la válvula de fuga del estrangulador del banco de prueba, o la bomba de combustible del accesorio de salida.

18. Cerrar la válvula del múltiple, así como las válvulas de marcha en vacío, y poner en marcha la bomba a las rpm de velocidad nominal para comprobar si hay fugas en el estrangulador.
19. El flujo de combustible deberá coincidir con las especificaciones de la hoja de datos de calibración (de 75 a 100 cc para la mayoría de las bombas).
20. Si la fuga del estrangulador no corresponde con la cantidad especificada, ajustar el tornillo tope localizado atrás del estrangulador de las bombas AFC, hacia adentro o hacia fuera, hasta obtener el flujo correcto (figura 2.26). Las bombas estándar PTG sin AFC, tienen un ajuste diferente del tornillo tope; el viaje del estrangulador hacia atrás se ajusta mediante el tornillo tope delantero y el viaje del estrangulador hacia el frente se ajusta por medio del tornillo tope trasero.

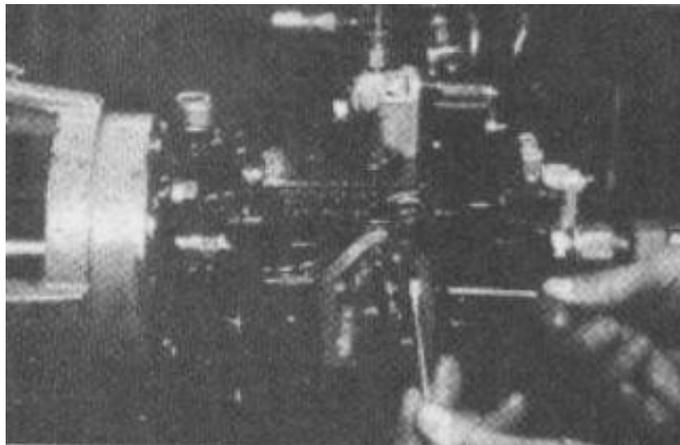


FIGURA 2.26 AJUSTE DEL TOPE TRASERO DEL ESTRANGULADOR

21. Revisar la posición de la palanca del estrangulador, utilizando un transportador de ajuste del mismo (figura 2.27). Cuando el estrangulador se encuentra en la posición de marcha en vacío (totalmente hacia atrás), la línea central de su palanca deberá quedar alineada entre los dos orificios de marcha en vacío practicados en el transportador.

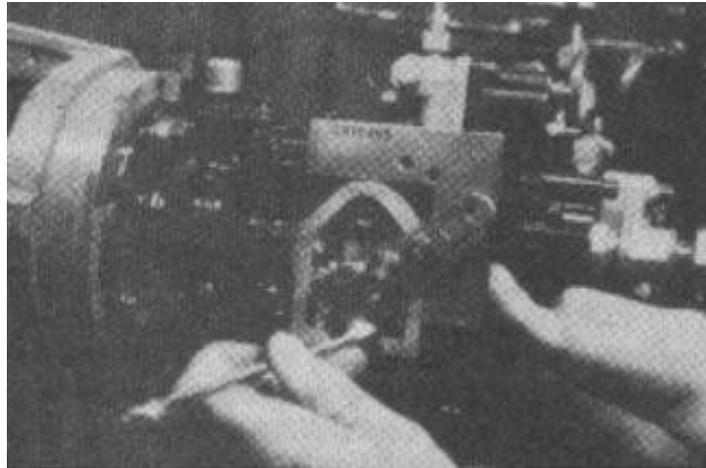


FIGURA 2.27 VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL ESTRANGULADOR

22. Si el estrangulador no coincide correctamente con los orificios de marcha en vacío del transportador, aflojar el tornillo de sujeción de estrangulador y mueva el mismo según convenga.
23. Verificar el movimiento hacia delante de la placa del estrangulador. El movimiento total desde marcha en vacío a pleno combustible máximo deberá ser el que se indica en los datos de calibración (generalmente 28%).
24. Cerrar la válvula de flujo principal.
25. Asegurarse de que el estrangulador esté en la posición de marcha en vacío y mantenerlo así.
26. Poner en marcha la bomba a la velocidad de marcha en vacío especificada.
27. Revisar el panel de el panel de flujo, observando el flujo de combustible o las lecturas de presión.

28. Si la presión o la entrega son incorrectas, ajustar el tornillo de ajuste de marcha en vacío.

Si no se puede ajustar la presión de marcha en vacío, puede ser necesario agregar una segunda arandela en el resorte del tornillo de ajuste de marcha en vacío. Si es necesario, quite el paquete del resorte de marcha en vacío y desmontar el émbolo de resorte, y así como el paquete del resorte del alojamiento de la bomba, retirándolos del anillo de resorte de retención (figura 2.28).



FIGURA 2.28 DESMONTAJE DEL ANILLO DE RESORTE

29. Una vez que el ajuste de la presión de vacío sea satisfactoria, abrir la válvula del múltiple y cierre el orificio de marcha en vacío o la válvula de flujo y mover el estrangulador a la posición totalmente abierta.

30. Poner en marcha la bomba a las rpm nominales y ajustar el medidor de flujo para obtener el correcto, leyendo el manómetro.

31. Si se obtuvo una presión correcta, o ligeramente mayor en el flujo de combustible, ajustar la restricción del estrangulador para lograr la presión correcta.

La restricción del estrangulador se modifica en algunas bombas quitando el eje del estrangulador y agregando o quitando calzas bajo el émbolo de restricción del estrangulador (figura 2.29).

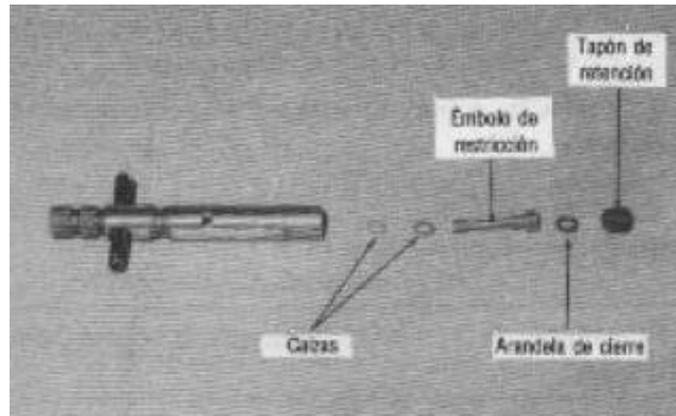


FIGURA2.29 EJE DEL ESTRANGULADOR

32. Si la restricción del eje del estrangulador se ajustó, hacer lo mismo con el flujo según las especificaciones y comprobar la presión.
33. Reducir la velocidad de la bomba para comprobar el respaldo de torsión. Esta velocidad aparece en los datos de calibración.
34. Ajustar la válvula del múltiple para el flujo correcto que aparezca según estas rpm.
35. Aquí, la presión en el manómetro debe corresponder a las especificaciones.
36. Para revisar el resorte de torsión, desensamblar la bomba por el alojamiento impulsor delantero.
37. Asegurarse de que el resorte de torsión tenga el código de color correcto, correspondiente a la bomba que se está calibrando.

38. Si las revisiones anteriores cumplen todas las especificaciones, ajustar la velocidad de la bomba.
39. Si la presión no es la especificada, desensamblar de nuevo la bomba y revisar la saliente del émbolo auxiliar con los contrapesos. La saliente del émbolo auxiliar puede cambiarse agregando o quitando calzas entre el mismo y el resorte.
40. Si la bomba está equipada con un dispositivo AFC, verificar ahora para que tenga una operación correcta.
41. Localizar el tornillo de ajuste de purga de aire detrás de la palanca del estrangulador y asegurarse de que esté totalmente adentro.
42. Ajustar la presión de aire suministrada al fuelle AFC a la indicada en la hoja de especificaciones.
43. Poner en marcha la bomba de las rpm del AFC.
44. Con las válvulas de marcha en vacío y fuga cerradas, regular la válvula de flujo principal y la válvula de aguja de ¼ de pulg. hasta obtener el flujo y la presión de ajuste del émbolo AFC.
45. Cerrar la válvula de aguja de ¼ de pulg., deje ajustada la válvula de control principal como se encuentre y ajustar la presión del aire del fuelle AFC a cero.
46. Con la válvula principal de control ajustada anotar la presión del AFC.
47. Si la presión AFC es incorrecta, ajustarla por medio del émbolo AFC.
48. Para ajustar el émbolo, cortar el suministro de aire al fuelle AFC.
49. Empujando sobre el diámetro mayor de la herramienta, girar hacia atrás y hacia delante ligeramente para ensanchar la contratuerca del fuelle AFC.

50. A continuación, empujar sobre el diámetro menor de la herramienta para engancharla a la pequeña cabeza del dado con el émbolo AFC, después, empujar la llave con cabeza de dado en el extremo del émbolo AFC.
51. Ajustar el émbolo AFC.
52. Volver a comprobar el ajuste.
53. Quitar la herramienta de ajuste del AFC e instalar la tapa del AFC.
54. Volver a verificar el ajuste.
55. Con la bomba funcionando a la velocidad de calibración de purga de aire, la palanca del estrangulador a combustible pleno y con 25 lb/ pulg² en el fuelle, ajustar la válvula de flujo principal y la válvula de aguja de ¼ pulg. a la presión y flujo correctos de purga de aire.
56. Cerrar la válvula de aguja de ¼ pulg. y cortar el aire que va al fuelle AFC.
57. Anotar la presión de combustible de purga de aire y ajustarla con el tornillo de purga de aire como se requiera. No ajustar el flujo con la válvula principal de flujo.
58. Después que haya terminado la calibración de la bomba, instalar la bola de acero en el extremo del eje del estrangulador, para evitar intervenciones de restricción de dicho eje.
59. La bola de acero deberá instalarse para evitar dañar el eje del estrangulador.
60. Instalar los alambres de sellado en la tapa AFC, el paquete del resorte del gobernador y el alojamiento delantero.
61. Tapar todos los orificios de entrada y salida con tapones de plástico.
62. Cubrir con cinta la placa y pintar la bomba.

2.11.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE LA BOMBA CUMMINS EN EL MOTOR

1. Inspeccionar la estrella del impulsor, viendo si tiene grietas o desgaste. Cambiarla si es evidente que los tenga.
2. Usando un empaque nuevo, montar la bomba sobre su pestaña de montaje.
3. Instalar y apretar los tornillos de montaje.
4. Conectar todos los tubos de combustible y apretarlos¹³.
5. Conectar el alambre a la válvula de interrupción y apretarlo. Asegurarse de que el tornillo de sobremarcha que se encuentra sobre la válvula de cierre esté bien apretado.
6. Cambiar el filtro de combustible si hay alguna duda acerca de la fecha en que se cambió la última vez.
7. Ponga en marcha el motor. Revisar lo siguiente:
 - Fugas de combustible
 - Motor en marcha en vacío baja
 - Motor en marcha en vacío alta.

¹³ EL SISTEMA CUMMINS NO TIENE QUE SER PURGADO, YA QUE BOMBEARÁ EL AIRE A LA TUBERÍA DE RETORNO Y REGRESARÁ AL TANQUE.

III.- INYECTORES

3.1.- GENERALIDADES

Los inyectores aparecen en varios modelos diferentes. Los antiguos inyectores PT eran de tipo pestaña. Los posteriores eran cilíndricos (redondos) y se producían en seis modelos, PT, PTB, PTC, PTD, PTD tope superior y PTD tope superior DFF (siglas en inglés de inyección directa de combustible) figura 3.1.

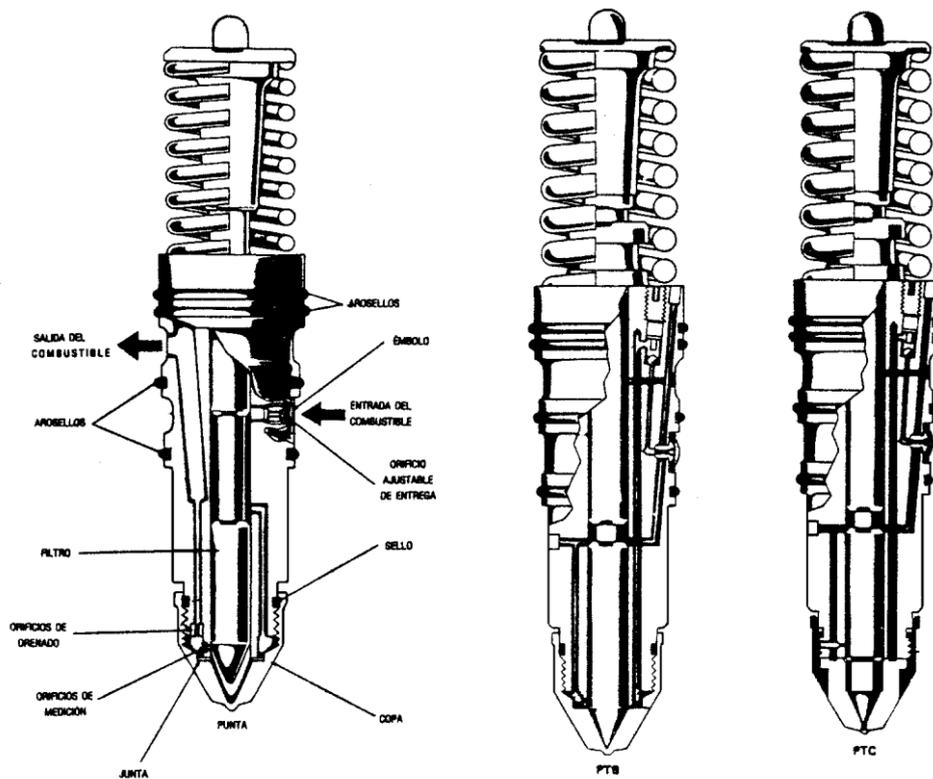


FIGURA 3.1 INYECTORES PTB Y PTC

3.2.- IDENTIFICACIÓN DEL INYECTOR

Cada inyector tiene una información estampada sobre el mismo y que se requerirá durante las reparaciones y la calibración.

Esta información se encontrará en cualquier parte del cuerpo¹⁴. El sistema de marcaje que se puede encontrar en los inyectores Cummins (figura 3.2).

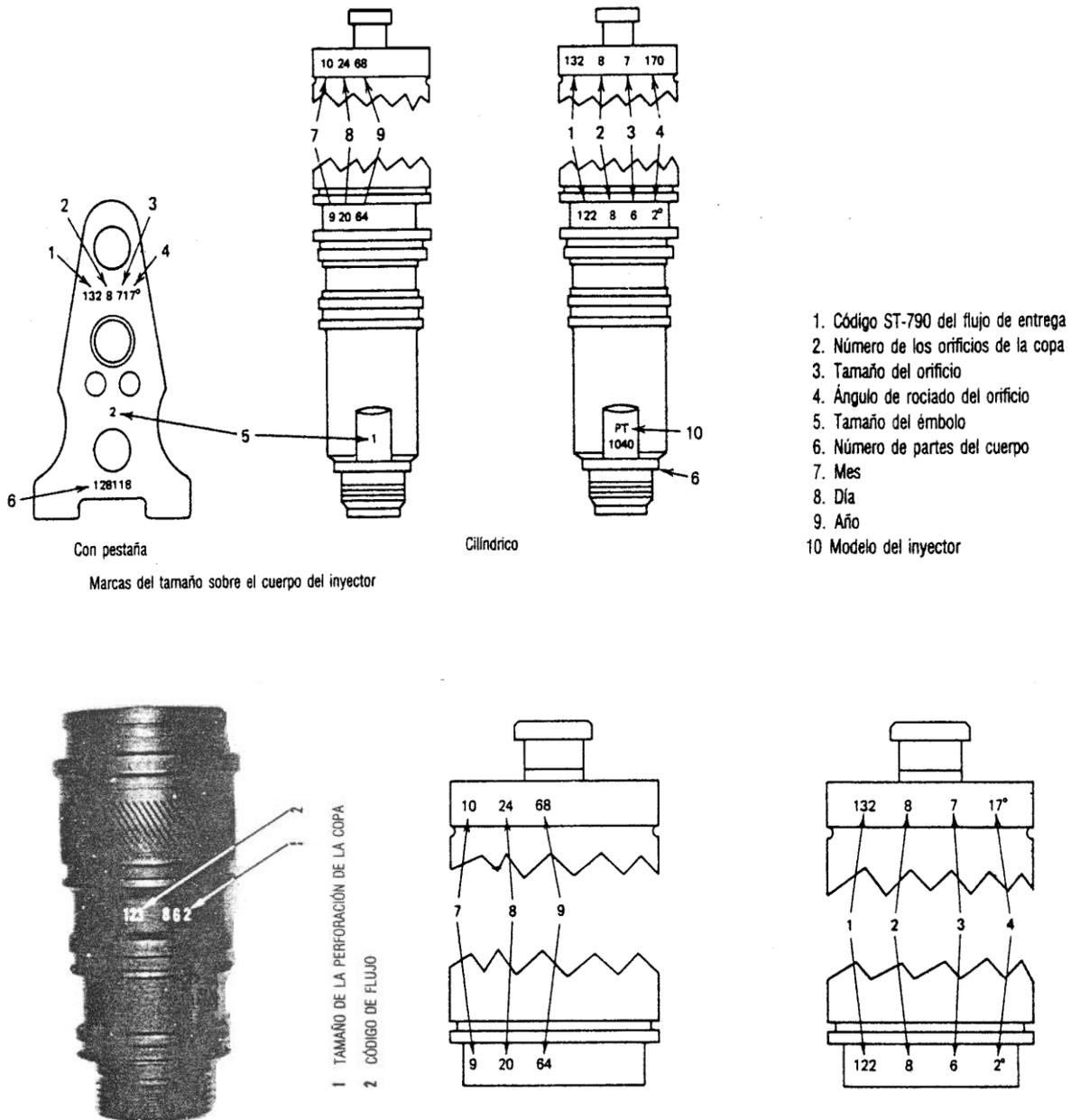


FIGURA 3.2 IDENTIFICACIÓN DEL INYECTOR

¹⁴ LOS INYECTORES CUMMINS ACTUALES NO CUENTAN CON INFORMACIÓN ACERCA DEL FLUJO Y LA COPA ESTAMPADA EN LOS MISMOS.

1. El código del flujo se refiere a la cantidad de combustible en centímetros cúbicos (cc) que un inyector debe entregar durante 1000 carreras en el banco de prueba del inyector, cuando se encuentra bien ajustado.
2. Este número indica la cantidad de orificios que aparecen en la copa del inyector. Por ejemplo, el número 8 indicará la cantidad de orificios.
3. Este número representa el tamaño del orificio en la copa del inyector en milésimas. Por ejemplo, el número 7 indica que las perforaciones tienen 0.007 pulg. (0.178 mm).
4. Este número indica el ángulo de las perforaciones de la copa del inyector, utilizando la superficie de la cabeza de cilindros o una línea imaginaria en ángulo recto al inyector como la línea base. Por ejemplo, el número 17 indicará que las perforaciones de la copa se encuentran a 17°. En la figura 3.3 aparecen tres tipos de marcas de copa.

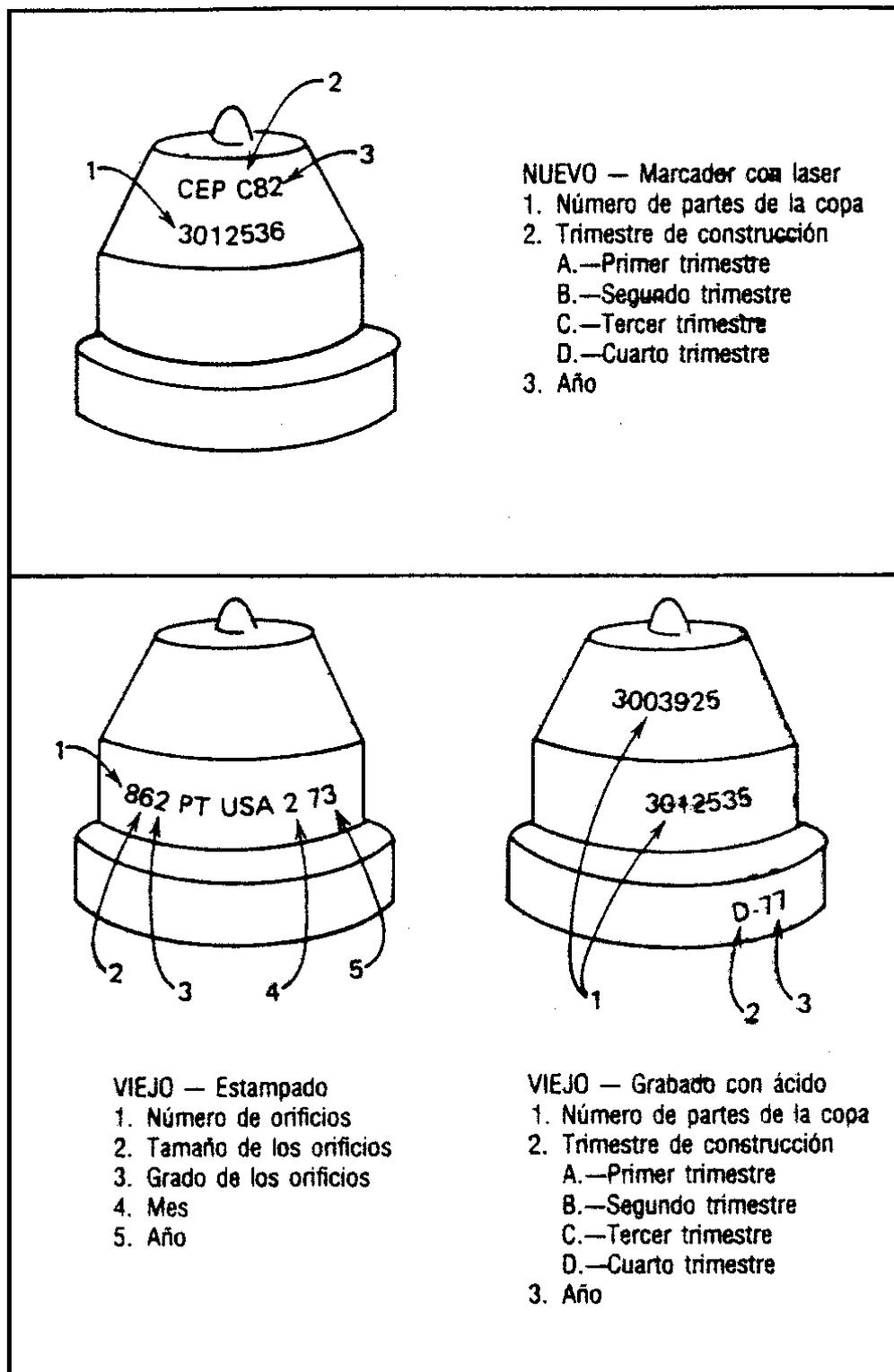


FIGURA 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS COPAS DE INYECTOR

4. Los émbolos y cuerpos de los inyectores PT, PTB y PTC, son reconstruidos y acoplados en forma rutinaria. Es necesario que se mantengan juntos, ya que forman un conjunto acoplado. Este número representa el número de sobretamaño del émbolo y deberá corresponder con el cuerpo. Por ejemplo, si un émbolo tiene un núm. 1 estampado sobre el mismo (figura 3.4), el cuerpo sobre el que vaya instalado deberá ser también número 1. No intercambie cuerpos y émbolos sin respetar los tamaños.

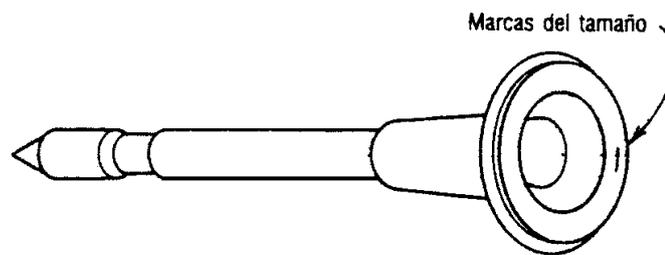


FIGURA 3.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS INYECTORES DE PESTAÑA PT Y PTB

5. El número de parte del cuerpo es un número utilizado para el cambio de partes.
6. Este número representa el mes en que se fabricó el inyector.
7. Este número representa el día en que fue fabricado el inyector.
8. Este número representa el año en que se fabricó el inyector.
9. El modelo del inyector va estampado en el cuerpo del mismo.

3.3.- PARTES COMPONENTES

Los inyectores Cummins PTD, PTC, PTD y PTD tope superior, están formados por las siguientes partes (figura 3.5).

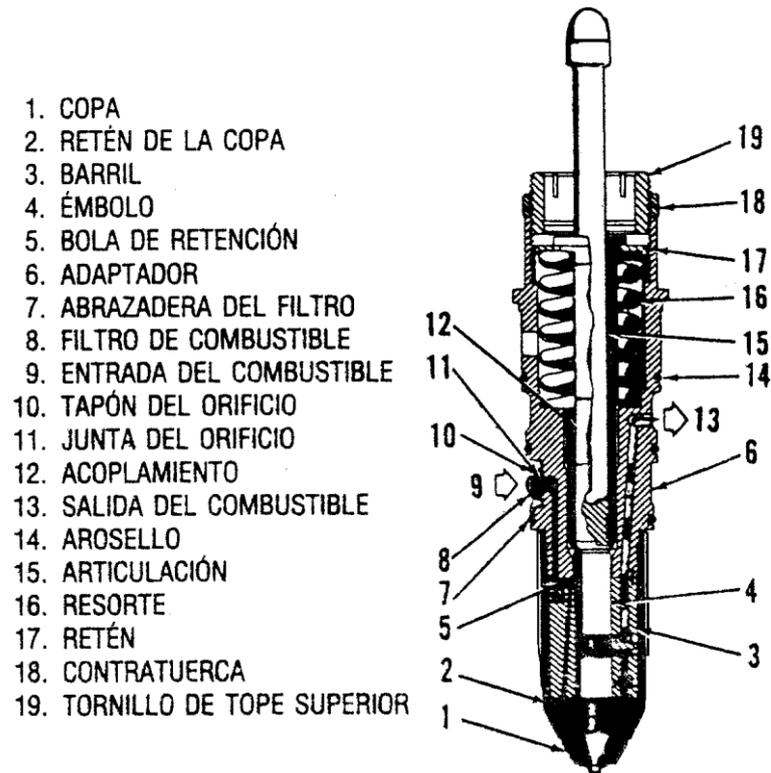


FIGURA 3.5 PARTES COMPONENTES DEL INYECTOR

3.4.- OPERACIÓN DEL INYECTOR Y FLUJO DE COMBUSTIBLE (PTD Y PTD TOPE SUPERIOR)

El inyector del sistema de combustible Cummins PT es operado por el árbol de levas del motor por conducto de los seguidores de leva, los tubos de empuje y el brazo del balancín inyector.

La función del inyector es para el tiempo, medición, inyección (la presión) y atomización del combustible. El combustible es suministrado al inyector, pasando por los conductos de la cabeza de cilindros. A continuación, el combustible fluye a través del inyector en este orden (el flujo de combustible proporcionado corresponde al inyector PTD):

- El combustible se suministra al orificio de equilibrio del inyector desde los conductos de combustible en la cabeza de cilindros.
- A continuación, el combustible fluye por el inyector en la forma que aparece en la figura 3.6.

a.- Carrera ascendente de arranque

El combustible a baja presión entra en el inyector en A y fluye por el orificio de entrada B en las perforaciones internas, alrededor de la ranura angular en la copa del inyector y en el conducto superior D para regresar el tanque de combustible. La cantidad de combustible que fluye por el inyector está determinada por la presión del combustible antes del orificio de entrada B. La presión del combustible a su vez, se determina por la velocidad del motor, el gobernador y el estrangulador.

b.- Termina la carrera ascendente

Mientras el émbolo de inyector se mueve hacia arriba, el orificio de medición C está descubierto y el combustible entra a la copa del inyector. La cantidad del inyector viene determinada por la presión del combustible. El conducto D se ha bloqueado, deteniendo momentáneamente la circulación del combustible y aislando el orificio de medición de las pulsaciones de presión.

c.- Carrera descendente

A medida que el émbolo se mueve hacia abajo y cierra el orificio de medición, se corta la entrada de combustible a la copa. Mientras el pistón sigue su carrera hacia abajo obliga a salir al combustible de la copa por conducto de pequeñas perforaciones bajo la forma de un chorro fino a alta presión. Esto asegura la combustión completa de combustible en el cilindro. Cuando el conducto del combustible D es descubierto por el corte del pistón, el combustible comienza de nuevo a fluir por el conducto de retorno E hacia el tanque de combustible.

d.- Termina la carrera descendente

Después de la inyección, el pistón continúa asentado hasta el nuevo ciclo de medición e inyección, circula libremente por el inyector y es regresado al tanque de combustible por el conducto E. Esto asegura el enfriamiento del inyector, a la vez que calienta el combustible que se encuentra en el tanque.

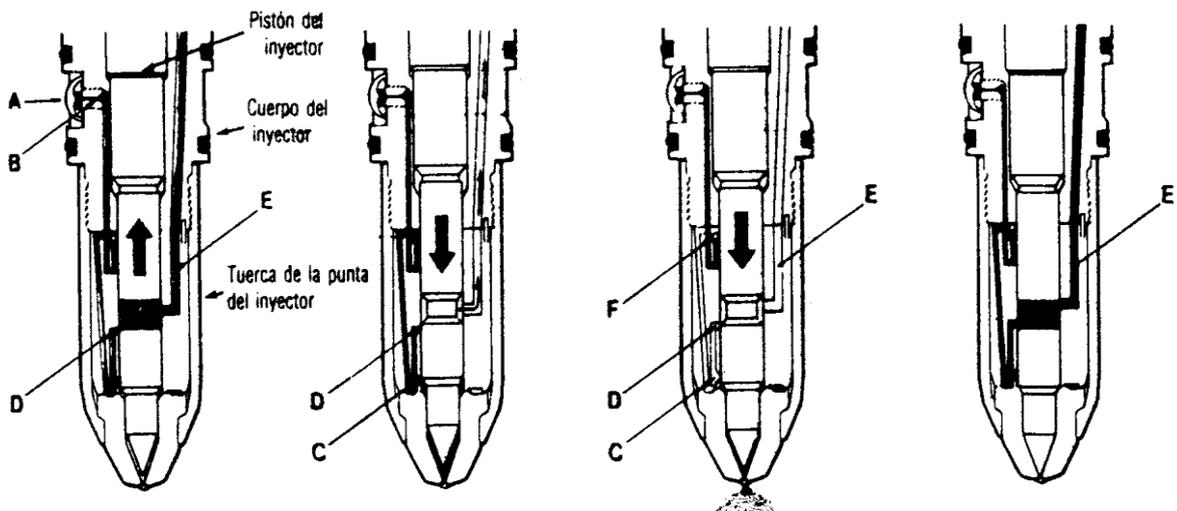


FIGURA 3.6 FLUJO DE COMBUSTIBLE EN EL INYECTOR

3.5.- DESENSAMBLE, LIMPIEZA E INSPECCIÓN DEL INYECTOR

Suponiendo que los inyectores están separados del motor y listos para desensamblar, limpiarse y repararse.

3.5.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE DEL INYECTOR PT TIPO PESTAÑA

1. Desmontar el émbolo y su resorte.
2. Colocar el cuerpo del inyector en el dispositivo de sujeción, si se cuenta con él¹⁵.
3. Desmontar la copa con un dado y un maneral especial para el mismo.
4. Desmontar y desechar los arosellos de la copa que va al cuerpo.
5. Quitar el empaque de la copa retirándolo de ésta, anotar el número de muescas en el empaque de la copa. A continuación, utilizar el libro del inyector Cummins para determinar qué empaque de copa debe utilizarse durante el reensamble.

3.5.2.- PROCEDIMIENTO PARA DESENSAMBLAR LOS INYECTORES CILÍNDRICOS TIPO PTB Y PTC

1. Desmontar el émbolo y el resorte del émbolo del cuerpo del inyector.

¹⁵ ANTES DE DESENSAMBLAR EL INYECTOR, LÁVELO CON DISOLVENTE Y AIRE COMPRIMIDO.

2. Quitar el resorte separándolo del émbolo del inyector.
3. Coloque el émbolo del inyector de retorno en el cuerpo del inyector.
4. Desmontar el anillo de retención de la malla del orificio y desechar la malla del orificio.
5. Sujetar el inyector en un dispositivo de sujeción, si se cuenta con él (figura 3.7).

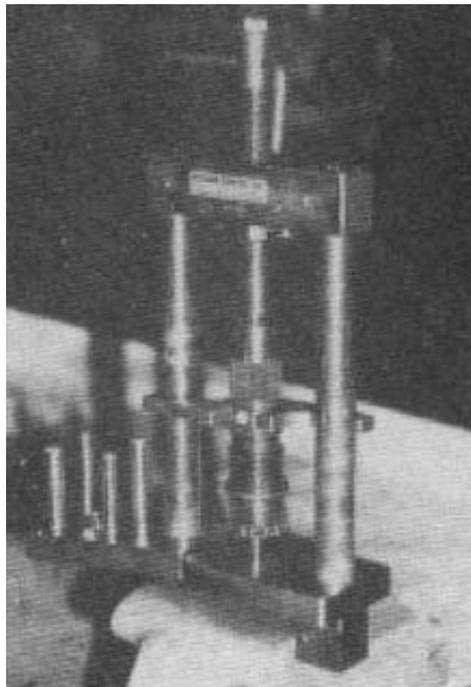


FIGURA 3.7 DISPOSITIVO PARA SUJECIÓN DEL INYECTOR

6. Usar una llave para copa de inyector con el objeto de aflojar ésta.
7. Después de aflojar la copa, separarla del inyector.
8. Desmontar el tapón de retención de la bola del cuerpo del inyector. El tapón de retención se encuentra en la parte superior del cuerpo del inyector.
9. Quitar la válvula de retención de bola.

3.5.3.- PROCEDIMIENTO PARA DESENSAMBLAR LOS INYECTORES PTD ESTÁNDAR Y DE “TOPE SUPERIOR”

Los inyectores PTD se desensamblan de la misma manera que los inyectores PTB y PTC, salvo que deben instalarse en un dispositivo de carga antes de desensamblarlos.

1. Quitar la articulación del émbolo si no se había hecho antes.
2. Desmontar el émbolo.
3. Quitar el resorte del émbolo.
4. Instalar el inyector en el dispositivo de carga, así como la llave en la tuerca de retención de la copa y el dispositivo de sujeción del cuerpo.
5. Aplicar torsión al tornillo de sujeción en la forma requerida.
6. Aflojar la tuerca de retención de la copa.
7. Quitar el inyector del dispositivo de sujeción.
8. Desmontar el retén o la tuerca de la copa y reciba la bola de retención, cuando se separe el barril y el émbolo.
9. Desmontar el orificio de equilibrio.

3.6.- PROCEDIMIENTOS PARA LIMPIAR LOS INYECTORES PT DE PESTAÑA, PTB, PTC, PTD Y PTD TOPE SUPERIOR

Si los inyectores y las partes del inyector no se limpiaron con disolvente, hacerlo antes de colocarlos en una solución limpiadora.

1. Colocar todas las partes del inyector en una cesta y sumergirlas en el disolvente, tal como un limpiador de

carburadores. Otro método que se puede usar es la limpieza ultrasónica¹⁶ (figura 3.8).

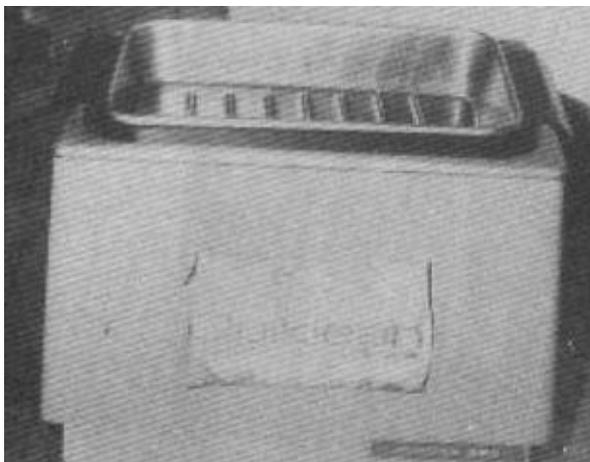


FIGURA 3.8 LIMPIADOR ULTRASÓNICO

2. Después de haber quitado o aflojado el carbón por uno de los métodos mencionados, enjuagar bien las partes en una solución limpia.
3. Soplar todas las partes con aire comprimido limpio y seco.

3.7.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE PARTES (PT DE PESTAÑA)

La inspección de las partes es uno de los procedimientos más importantes en la reconstrucción y reparación de los inyectores. Como por otra parte, los inyectores más comúnmente usados en los motores son los PTD y PTD tope superior, los procedimientos de inspección correspondientes a los PT de pestaña, PTD y PTC, serán los que difieran de los procedimientos proporcionados para el PTD.

¹⁶ LOS LIMPIADORES ULTRASÓNICOS USAN ONDAS DE SONIDO DE ALTA FRECUENCIA PARA LIMPIAR EL CARBÓN DE LAS PARTES.

1. Inspeccionar las roscas de entrada y salida al cuerpo del inyector observando si están dañadas.
2. Para más procedimientos de inspección consultar la sección correspondiente a los inyectores PTD.

3.8.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE LAS PARTES DE PTB Y PTC

La inspección de las partes es semejante a las de PTD, con las siguientes excepciones:

1. Comprobar si la articulación de émbolo tiene desgaste (figura 3.9).

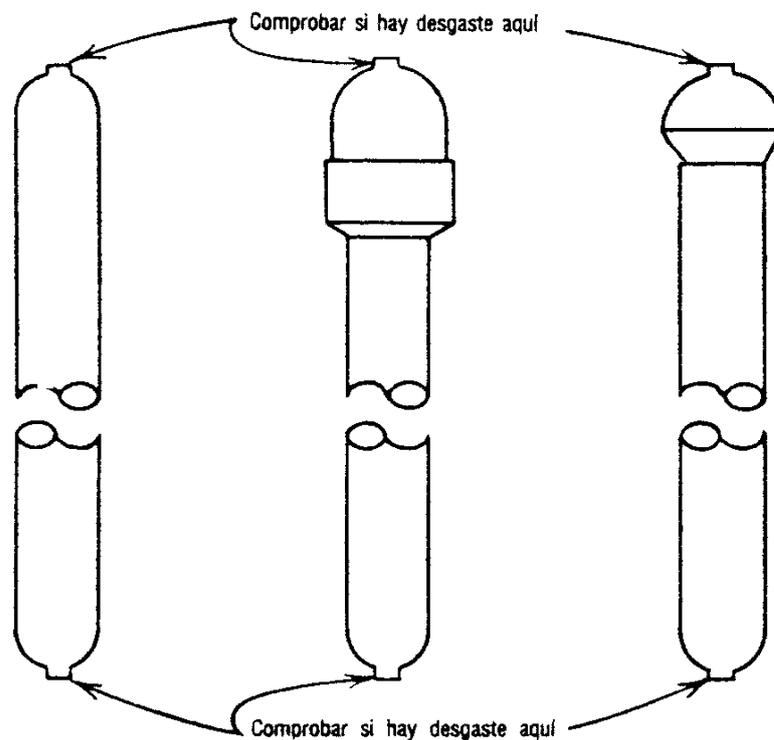


FIGURA 3.9 ARTICULACIÓN DE EMBOLO DESGASTADA

2. Cambiar la articulación del émbolo si resulta evidente un desgaste excesivo (figura 3.10).

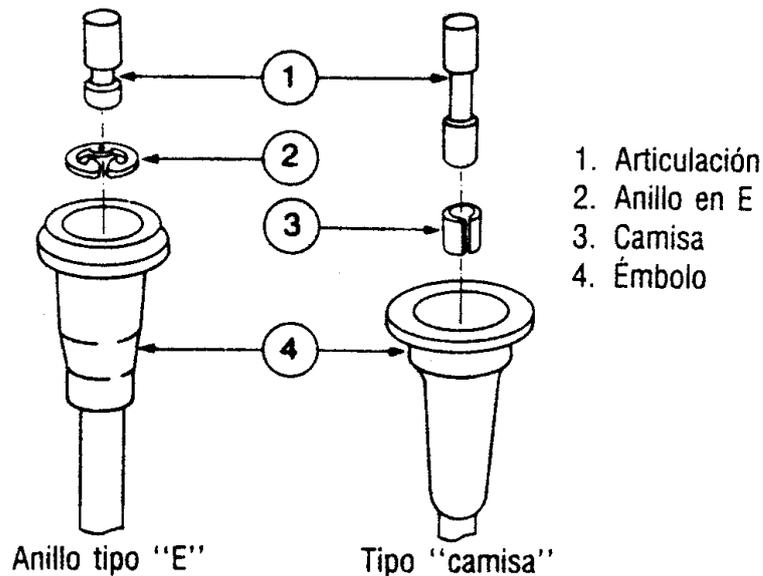


FIGURA 3.10 ARTICULACIÓN DEL EMBOLO INYECTOR

3. El émbolo y el retén tipo anillo en E, deben colocarse en un bloque de madera, rompiendo las orejas del anillo en E con un martillo. Instalar un émbolo nuevo con su anillo en E (pestaña PTB y PTC, únicamente).
4. La articulación del émbolo, la cual se mantiene en su lugar con una chumacera, puede desmontarse mediante un golpe en el soporte.
5. Colocar la chumacera de retención en la articulación del émbolo, e instale la articulación golpeándola ligeramente con un martillo de plástico.
6. Para las inspecciones restantes de los PTB y los PTC.

3.9.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN DE PARTES (PTD Y PTD TOPE ALTO)

La inspección de las partes es uno de los procedimientos más importantes en la reconstrucción y reparación de inyectores. A medida que adquiera experiencia, la inspección de las partes se convierte en algo rutinario. Hasta que dicho momento llegue, se recomienda aplicar el siguiente procedimiento, paso por paso:

1. Verificar si el barril y el émbolo tiene escoriación; si están muy escoriados, cambiarlos.
2. Revisar el acoplamiento del émbolo, observando si queda suelto en el punto en donde se le sujeta al émbolo inyector. Si está flojo, cambiarlo.
3. Verificar los tapones de orificios del barril, observando si se encuentran sueltos y, si es así, cambiar el barril y el émbolo.
4. Comprobar las superficies del barril viendo si tiene mellas o grietas.
5. Verificar el asiento de la bola en el barril, viendo si tiene aspereza y mellas.
6. Si el asiento de la bola de retención muestra señales de aspereza, pulirla.
7. Después de pulir la profundidad del asiento de la bola de retención, comprobar insertando la bola en su asiento y midiendo su profundidad, a partir de la superficie del barril. La bola deberá estar entre 0.30 y 0.55 pulg. (0.76 y 1.40 mm) de profundidad.
8. Inspeccionar el cuerpo del inyector o adaptador, viendo si hay asperezas y mellas en las superficies coincidentes del barril.

9. Si la superficie coincidente del cuerpo esta áspera, podrá ser asentada, pero previamente debe desmontar las espigas en espiral.
10. Las espigas en espiral pueden quitarse con una fresa de disco u otra herramienta adecuada.
11. Revisar las roscas del retén y las roscas de la tuerca de la copa, asegurándose de que se atornillan entre sí fácilmente.
12. Comprobar el número de la copa, para asegurarse de que es la correcta, según el número del ensamble del inyector.
13. Inspeccionar la copa del inyector con una lupa, viendo si se presenta falta de definición, o perforaciones tapadas o alargadas.
14. Si hay un orificio tapado con carbón, en ocasiones se podrá limpiar con un alambre.
15. Inspeccionar la superficie del asentamiento del émbolo de la copa, viendo si se presentan picaduras y ampollas. Cambiar si el defecto es excesivo.
16. Si se considera que la superficie de asentamiento del émbolo está en buen estado, revisar el contacto entre émbolo y la copa.
17. Generalmente, el contacto émbolo-copa puede comprobarse observando la copa. Una zona oscurecida en donde el émbolo se pone en contacto con la copa, deberá hacerse visible.
18. El contacto del asiento se considera aceptable si el émbolo se pone en contacto en un 40 % o más en la copa.
19. Si no es aceptable el contacto del asiento (figura 3.11), no tratar de asentar el émbolo y la copa entre sí. Cambiar la copa.

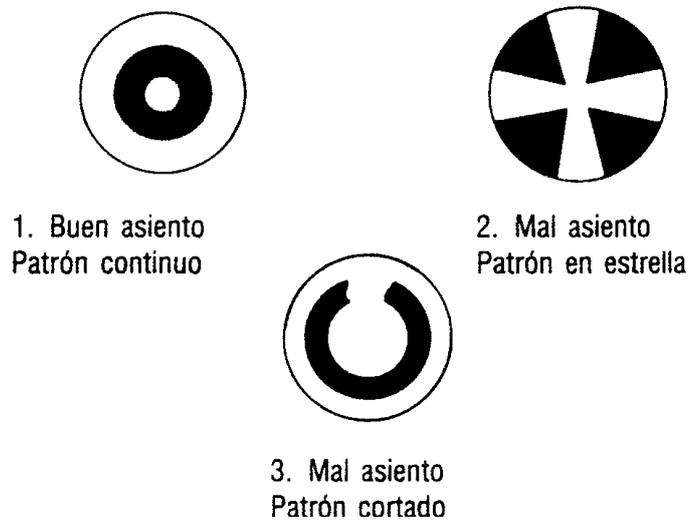


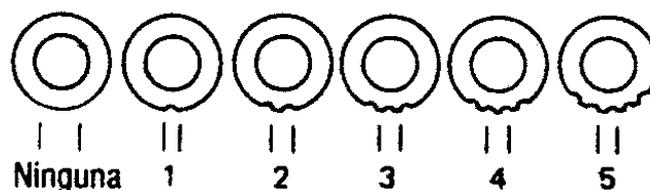
FIGURA 3.11 DISTINTOS PATRONES DE CONTACTO ENTRE COPA Y EMBOLO

3.10.- ENSAMBLE Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR

El ensamble y la calibración de los proyectores debe realizarse de la siguiente manera, en el caso de que los inyectores funciones correctamente:

3.10.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DEL TIPO PESTAÑA

1. Colocar el inyector en un dispositivo adecuado de sujeción.
2. Instalar un arosello nuevo en el cuerpo del émbolo.
3. Lubricar el arosello con aceite de motor 30 w.
4. Instalar una arandela nueva en la copa del inyector. La arandela se identifica por el número de muescas de su reborde (tabla 3.1).



Datos del empaque de la copa del inyector

Serie del motor (servicio)	Núm. de parte del empaque de la copa	Muecas del empaque	Espesor en pulg (mm)	Cuerpo y marcas del tamaño del émbolo
H, NH, V-12	62409	Ninguno	0.0159 [0.4038]	A, B, C, D, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
	109247	1	0.0201 [0.5105]	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, OP, P, 2P, 3P, OS, IS, 2S, 3S
	109248	2	0.0224 [0.5689]	20, 21, 22, 23, 24, 25, OSS, 2SS, 3SS
	117994	3	0.0282 [0.7162]	30, 31, 32, 33, 34, 35, OSSS, 1SSS, 2SSS, 3SSS
	131270	4	0.0315 [0.8001]	42, 43, 44, 45, OSSSS, 1SSSS, 2SSSS, 3SSSS
	131758	5	0.0355 [0.9017]	52, 53, 54, 55

TABLA 3.1 MUECAS EN LA COPA Y TAMAÑOS DEL EMBOLO

5. Colocar la copa y su arandela, apretando esta última a mano en el cuerpo de la copa.
6. Lubricar el inyector y el émbolo con aceite para calibrar e instale el cuerpo del inyector sin el resorte del émbolo.
7. Oprimir o sujete firmemente el émbolo del inyector en la copa.
8. Utilizando el dado para las copas, apretar según las especificaciones.
9. Invertir el inyector. El émbolo debe deslizarse libremente del cuerpo del inyector.
10. Quitar el émbolo del inyector y agregue aceite para calibrar en el alojamiento del inyector.
11. Instalar el émbolo en el alojamiento, forzándolo en la copa.
12. Asegurarse de que salga aceite por los orificios de la copa del inyector.

3.10.2.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LOS INYECTORES PTB Y PTC

El ensamble de los inyectores PTB y PTC difiere del correspondiente a los inyectores de pestaña. Se recomienda realizar el procedimiento siguiente:

1. Asegurarse de que el cuerpo del inyector esté perfectamente limpio y seco antes de tratar de reensamblar el inyector.
2. Instalar el arosello de la copa en el inyector.
3. Escoger un empaque nuevo para la copa (sólo en los PTB) que corresponda al tamaño y clase marcado en el inyector¹⁷.
4. Atornillar la copa, o la copa y la tuerca, en el cuerpo del inyector, apretándolas a mano.

¹⁷ LOS INYECTORES PTC QUE UTILIZA UNA COPA DE DOS PIEZAS, NO REQUIEREN EMPAQUES EN LA COPA.

5. Introducir el émbolo del inyector en aceite limpio para calibrar e insertarlo en el cuerpo del inyector.
6. Sostener el émbolo en la copa para alinearlos con el cuerpo inyector, apretar la copa a la torsión recomendada.
7. Después de apretar la copa, elevar el émbolo unas cuantas pulgadas en su orificio y forzarlo adentro de la copa. Debe moverse libremente hacia arriba y hacia abajo, en el cuerpo de la copa.
8. Quitar el émbolo inyector del cuerpo y poner un poco de aceite de calibración. Reinstalar el émbolo y empujarlo a su asiento. El aceite para calibrar deberá fluir por todos los orificios de la copa.
9. Instalar el tapón del orificio en el cuerpo del inyector y un empaque nuevo del tipo de pestaña.
10. Poner arosellos nuevos en el cuerpo del inyector
11. Instalar la bola de retención y el tapón de retención. Apretar el tapón a 50 lb-pulg. (5.65 N.m).
12. Quitar el émbolo e instale el resorte.
13. Colocar abrazaderas de sujeción y volver a meter el émbolo y el resorte.

3.10.3.- PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLE DE LOS INYECTORES PTD Y PTD TOPE SUPERIOR

Los inyectores de tope superior difieren de los inyectores PTD estándar en que cuentan con una tuerca tope que limita el viaje hacia arriba del émbolo inyector. Al instalarlos en un motor, esta característica permite que el tren de inyección, las varillas de empuje y los brazos del balancín tengan una mejor lubricación, ya que la presión hacia arriba del resorte del émbolo del inyector se lleva hasta el tope del inyector.

Los inyectores PTD requieren emplear durante el reensamble un dispositivo especial para la carga. Se recomienda que el desensamble de los inyectores PTD no se intente si no se cuenta con el dispositivo de carga.

1. Asegurarse de que las superficies coincidentes del cuerpo y el barril se encuentran libre de mellas y rayaduras; si no lo están, superponerlas.
2. Instalar el tapón del orificio con empaque nuevo en el cuerpo del inyector.
3. Sujetar el barril con el émbolo desmontado e instalar la bola de retención.
4. Sumergir el barril en aceite para calibrar.
5. Colocar el cuerpo del inyector en el barril, alineando las espigas de rodillos o las espigas de espirales.
6. Sujetándolos firmemente unidos al adaptador y al barril, girarlos de manera que el barril esté arriba y colocarlos en el banco de trabajo.
7. Colocar la copa y la tuerca de la copa en el barril del inyector
8. Recubrir la tuerca de la copa con aceite para lubricar e instalar la copa en el adaptador.
9. Instalar la tuerca apretándola con la mano y, a continuación, volverla un poco hacia atrás.
10. Sumergir el émbolo del inyector en aceite para calibrar e instalarlo en el cuerpo del inyector, sin resorte.
11. Instalar la llave de retención de la copa y el cuerpo del inyector.
12. Colocar el inyector en el dispositivo de carga.

13. Después de instalar el inyector en el dispositivo de carga, apretar la tuerca de la copa a la torsión correcta, utilizando una llave de pata y una llave de torsión.
14. Desmontar el inyector del dispositivo de carga.
15. Comprobar la alineación émbolo-copa, separar el émbolo del cuerpo del inyector y agregar una pequeña cantidad de combustible en el cuerpo del inyector.
16. Instalar con mucho cuidado el émbolo (sin resorte) en el cuerpo del inyector y empujar rápidamente el émbolo dentro de la copa.
17. El émbolo debe deslizarse fácilmente cuando se voltea el inyector hacia abajo. Si no lo hace, colocar el inyector en el dispositivo de carga, aflojar y volver a apretar la copa.
18. Sacar el émbolo del cuerpo del inyector, instalar el resorte y volver a instalarlo en el cuerpo del inyector.
19. El ensamble del inyector está ahora completo, con excepción de la malla de entrada. No instalar la malla ahora, porque habrá que quitarla cuando se pruebe y calibre al inyector.

3.11.- PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR

La prueba y calibración del inyector debe hacerse después de la revisión general del inyector, con el objeto de lograr una operación correcta, tanto del inyector como del motor.

Después de que el inyector se haya revisado en cuanto a las fugas y esté listo para calibrarse, consultar la calibración del inyector y las tablas de flujo para obtener el correcto en el inyector.

3.11.1.- PROCEDIMIENTO PARA AJUSTAR EL TOPE DE LOS INYECTORES CON TOPE SUPERIOR

1. Apretar el tornillo de ajuste del tope superior y la contratuerca en la parte superior del inyector
2. Colocar el inyector en el dispositivo de ajuste del tope superior, centrando la copa en su asiento (figura 3.12).

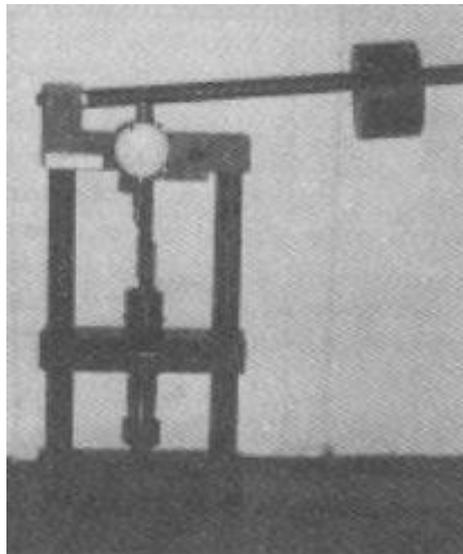


FIGURA 3.12 DISPOSITIVO DE AJUSTE DE TOPE SUPERIOR

3. Apretar el asiento de la copa del inyector de 100 a 150 lb.pulg (11 a 13 N.m).
4. Colocar la extensión del indicador de carátula en la parte superior del émbolo del inyector.
5. Empujar hacia abajo el maneral del accesorio, hasta que el émbolo se encuentre en el fondo.
6. Poner en cero el indicador de carátula.
7. Soltar el maneral del accesorio y deje que el resorte del émbolo regrese el émbolo al tope.

8. Anotar la lectura del indicador de carátula. El viaje deberá ser igual a las especificaciones correspondientes al inyector que se esté reparando.
9. Si el viaje fue incorrecto, ajustarlo con el tornillo de tope superior hasta que sea el correcto y apretar la contratuerca a 55lb-pulg. (74.75 N.m).

3.12.- PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN Y EL AJUSTE DEL INYECTOR (PTD)

La instalación correcta de un inyector reconstruido o reacondicionado es vital si se desea que el motor funcione correctamente.

1. Revisar los arosellos del inyector, para asegurarse de que no estén rotos o maltratados.
2. Lubricar los arosellos con aceite de motor.
3. Limpiar el asiento del inyector en la cabeza de cilindros con una brocha especial para limpieza y después soplarlo con aire comprimido.
4. Colocar el inyector en la chumacera de cobre de la cabeza de cilindros, con la malla del orificio de entrada hacia el frente del múltiple de escape en los motores en línea, o hacia el centro del motor en V en los motores V-8.
5. Por medio de un desarmador grande u otra herramienta adecuada, colocada en la pestaña del anillo exterior del cuerpo del inyector, introducir el inyector en su lugar golpeando con la mano el mango del desarmador. Se escuchará un golpe o “clic” cuando el inyector se asiente en la chumacera de cobre.
6. Instalar el soporte de retención del inyector.
7. Poner y apretar los tornillos de la sujeción.

8. Colocar la articulación del inyector.
9. Girar el brazo del balancín a su posición y colocar el rodillo de empuje.
10. Instalar los tornillos de ajuste del brazo del balancín.

3.12.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL AJUSTE DEL INYECTOR

Son tres métodos comúnmente utilizados para ajustar el inyector en los motores Cummins, dependiendo del tipo del motor, el año de fabricación, el tipo de los inyectores, etc. Estos métodos son:

a.- Método de la llave de torsión (debe utilizarse en los motores pequeños VEE)

- Girar el árbol de levas del motor con la mano, para alinear la marca "VS", la cual aparece en el amortiguador de vibraciones, con la marca del motor.
- Con un desarmador grande, girar el tornillo de ajuste del brazo del balancín hasta que llegue el émbolo inyector al fondo del inyector.
- Girar el tornillo de ajuste del inyector $\frac{1}{4}$ de vuelta adicional después de que llegue al fondo, para lograr que todo el combustible diesel haya sido obligado a salir de la copa del inyector.
- Aflojar el tornillo de ajuste del brazo de balancín del inyector aproximadamente una vuelta.
- Utilizando un adaptador de desarmador o una llave de torsión, apretar el tornillo de ajuste del inyector con una torsión indicada en la placa del motor o en el manual de servicio.

- Apretar la contratuerca del tornillo de ajuste del inyector según las especificaciones.

b.- Método del indicador de carátula (sin tope superior)

La Cummins Engine Company recomienda mucho el método del indicador de carátula para ajustar los inyectores, que elimina la variación en el ajuste, que puede ocurrir cuando se utiliza el método de llave de torsión. El motor que se ajusta aplicando el método del indicador de carátula, funciona con menos humo en el escape y proporciona más potencia.

- Para ajustar el inyector con el método del indicador de carátula, se debe utilizar la tabla 3.2, para determinar qué cilindros deberá ajustar.

La barra en dirección	Posición de la polea	Posición del inyector del cilindro	Posición de las válvulas del cilindro (admisión y escape)
Arranque	A o 1-6 VS	3	5
Avance a	B o 2-5 VS	6	3
Avance á	C o 3-4 VS	2	6
Avance a	A o 1-6 VS	4	2
Avance a	B o 2-5 VS	1	4
Avance a	C o 3-4 VS	5	1

TABLA 3.2 PARÁMETROS PARA AJUSTAR LOS INYECTORES

- Girar el motor hasta que la marca A o la 1-6 VS del amortiguador, o de la polea impulsora del accesorio, está alineada con la marca de la cubierta de sincronización o con la cubierta delantera del motor.
- Asegurarse de cuál es el cilindro que debe ajustarse, comprobando las válvulas en el cilindro núm. 5. Si las dos válvulas están cerradas en el cilindro núm. 5, ajuste el inyector núm. 3. Si las dos válvulas del núm. 5 no se encuentran cerradas, gire el motor 360 grados a A, o a 1-6 VS. Ahora, ambas válvulas deberán estar cerradas en el cilindro núm. 5.
- Después de determinar qué cilindro debe ajustar, montar el indicador de carátula en la caja del brazo del balancín del motor, metiendo el tornillo T en un orificio para tornillos de la cubierta de dicho brazo.
- Asegurarse de que el émbolo del indicador de carátula está descansando en el collarín del émbolo inyector.
- Ajustar el indicador de manera que se encuentre en el centro de su viaje.
- Girar el brazo del balancín hacia abajo dos o tres veces, para asegurarse de que todo el combustible diesel se haya forzado fuera de la copa del inyector.
- Girar hacia abajo el brazo del balancín y manténgalo allí. Mientras lo mantiene en esta posición, colocar en cero el indicador de carátula.
- Liberar la presión del balancín y deje que el brazo del balancín del inyector gire hacia atrás.
- Anotar el viaje total del indicador. Debe ser el que se indique en las especificaciones. La mayoría de los motores en líneas de seis cilindros con alojamientos del balancín de aluminio, tienen un viaje de recorrido en frío de 0.170 pulg.

- Si la lectura no coincide con las especificaciones, ajustar el tornillo del brazo del balancín hasta que lo haga.
- Apretar la contratuerca del tornillo de ajuste de 30 a 40 lb-pies (40.67 a 54.23 N.m) y volver a revisar el viaje del inyector.
- Después de ajustar el inyector en el cilindro núm. 3, ajustar las crucetas de la válvula y los elevadores en el cilindro núm. 5.
- Girar el cigüeñal del motor a la marca 2-5 VS y ajuste el inyector y las válvulas que se indican en la tabla.
- Continuar ajustando válvulas, crucetas e inyectores de esta manera hasta que todos queden ajustados.

c.- Método de ajuste de tope superior

El método de tope superior difiere del procedimiento de ajuste con indicador de carátula en que el recorrido del émbolo inyector es preajustado cuando ajusta la tuerca en el tope superior del inyector. Como consecuencia, el ajuste requerido únicamente es el ajuste a juego cero del tren de operación del inyector.

- Utilizando la tabla 3.2, girar el motor hasta que la marca A o la 1-6 VS del amortiguador o de la polea impulsora de accesorios esté en línea con la marca de la cubierta de sincronización o la cubierta delantera del motor.
- Utilizar el mismo procedimiento señalado anteriormente, del método del indicador de carátula para determinar qué inyector y qué válvula ajustar.
- Después de determinar qué inyector de cilindro se fija, ajustar el brazo del balancín del inyector

- Ajustar los tornillos de ajuste del brazo del balancín de manera que se haya eliminado todo el juego del tren de válvulas y de que la articulación del inyector sólo pueda girar (con un arrastre ligero) entre su pulgar y su índice
- Apretar el tornillo de ajuste del brazo del balancín de 4 a 6 lb-pulg.
- Apretar la contratuerca del tornillo de ajuste.
- Terminados todos los ajustes, instalar empaques y cubiertas nuevas en el brazo del balancín.

3.13.- AJUSTE DE LA SINCRONIZACIÓN DEL INYECTOR CUMMINS

La sincronización del inyector deberá revisarse y ajustarse si se cambia algo de lo siguiente: árbol de levas, engranaje de sincronización, empaques de la caja de seguidores de leva o caja de seguidores de leva.

3.13.1.- PROCEDIMIENTO PARA AJUSTAR LA SINCRONIZACIÓN DE LA INYECCIÓN

a.- PASO 1. Indicador de carátula de la posición del pistón (TDC)

Punto muerto (figura 3.13)

- Para evitar daños al indicador de carátula en el asentamiento del vástago, los indicadores separan el pivote de las respectivas bielas del émbolo antes de instalar el dispositivo de sincronización. No es necesario la eliminación de las cajas de balancines cuando se usa el dispositivo de sincronización.

- Instalar el dispositivo de sincronización y apretar con la mano los adaptadores, introducir la varilla del émbolo en el casquillo de la varilla de empuje y deslizar la abrazadera del rodillo del pistón hasta que el resorte quede comprimido aproximadamente 0.050 pulg. (12.7 mm). Alinear el reborde del soporte del émbolo de la varilla de empuje con las marcas señaladas en el dispositivo.
- Girar el cigüeñal en la dirección de rotación del motor hasta que las dos varillas del émbolo del dispositivo de sincronización se muevan hacia arriba juntas. Lo anterior asegura que el motor se encuentre en la carrera de compresión.
- Continuar dando vuelta al cigüeñal hasta que la varilla del pistón llegue a su posición más alta de recorrido.
- Colocar el indicador de carátula del pistón sobre la varilla del émbolo en su estado de máxima compresión, elevándola a continuación 0.025 pulg. de recorrido y sujetándola en este lugar. El recorrido de 0.025 pulg. protege la varilla del émbolo contra la posibilidad de que el indicador llegue a la parte baja.
- Girar el cigüeñal hacia atrás y hacia delante mientras se observa el movimiento de la guja del indicador. Girar el cigüeñal en dirección de giro del motor hasta que el movimiento de la guja se detenga.
- Poner en cero el indicador ajustando el anillo exterior y asegurándolo en ese lugar.
- Repetir la anterior etapa varias veces hasta lograr precisión en el punto superior.

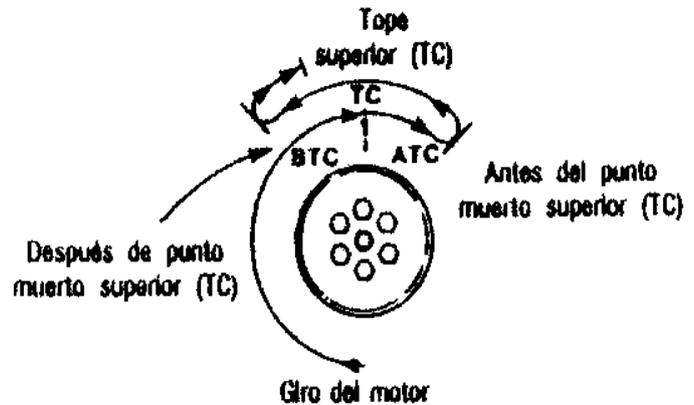
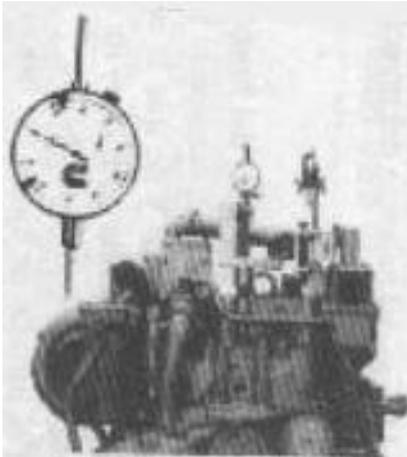


FIGURA 3.13 INDICADOR DE CARÁTULA DE LA POSICIÓN DEL PISTÓN (TDC)

b.- PASO 2 Indicador de carátula en la posición del inyector (figura 3.14)

- A partir de la posición de punto muerto superior, girar el cigüeñal en dirección del giro del motor hasta que la varilla del pistón coincida con la marca NH 90° del dispositivo de sincronización.
- Colocar el indicador del inyector sobre la varilla del émbolo en su estado de compresión total y, a continuación, elevar el viaje en 0.025 pulg. y asegurarlo en este lugar. El viaje de 0.025 pulg. protege a la varilla del émbolo evitando que el indicador llegue a asentarse.
- Poner el indicador en cero ajustando el anillo exterior y sujetándolo en esta posición.

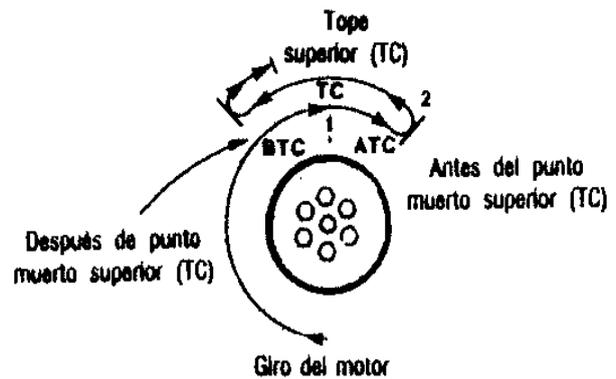
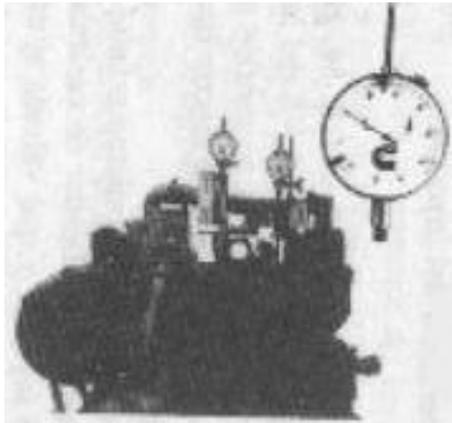


FIGURA 3.14 INDICADOR DE CARÁTULA EN LA POSICIÓN DEL INYECTOR

c.- PASO 3. Familiarización con la posición 0.2032 del indicador del pistón (figura 3.15)

- Girar el cigüeñal en dirección contraria al giro del motor, observando el recorrido de la aguja en el sentido del reloj. Observe el cambio de recorrido contrario al indicador de la varilla de empuje, el cual representa la opresión de la nariz del lóbulo de la leva.
- Para familiarizarse con la ubicación del recorrido del pistón de 0.02032 en el indicador, girar lentamente el cigüeñal en dirección contraria al giro del motor mientras se observa el movimiento del pistón en la aguja del indicador. Dos revoluciones completas de la aguja a partir de cero en la posición de punto muerto superior equivale a una distancia de 0.200 pulg. de recorrido del pistón antes del punto muerto superior (BTDC) y un recorrido adicional de la aguja de 0.032 pulg. equivale a una distancia total del pistón de 0.2032 pulg. de recorrido antes del punto muerto superior.

- Siga girando el cigüeñal en dirección contraria a la normal hasta que se observe en el indicador 0.225 a 0.250 pulg. de recorrido, o hasta que el rodillo del pistón coincida con la marca NH 45° del dispositivo. Esta etapa debe llevarse a cabo para eliminar el juego del engrane antes de girar el cigüeñal en la dirección normal de giro del motor.

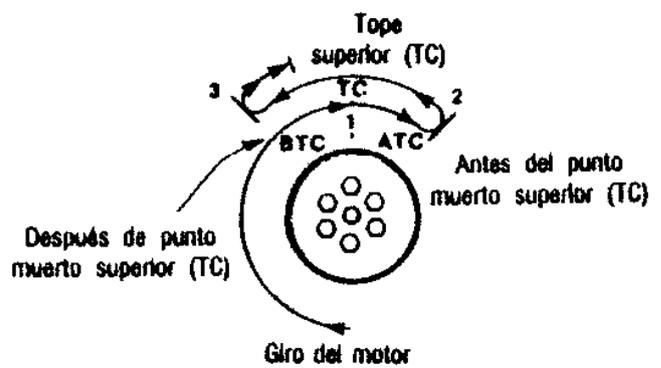
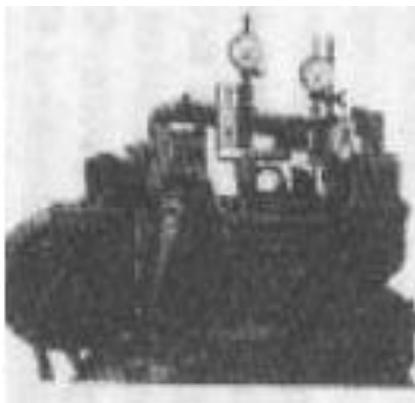


FIGURA 3.15 POSICIÓN 0.2032 DEL INDICADOR DEL PISTÓN

d.- PASO 4. Posición del recorrido del pistón de 0.2032 pulg. (BTDC)

Antes del punto muerto superior (figura 3.16)

- Girar el cigüeñal en la dirección del giro del motor hasta lograr que el pistón recorra 0.2032 pulg. BTDC.
- En dicha posición, registre la lectura del indicador del inyector. El indicador se lee desde cero en dirección a la de las manecillas del reloj.
- Comparar la lectura con las especificaciones del código de sincronización que aparece en los manuales del taller del motor en las publicaciones de la lista de partes

de control. Si la sincronización de la inyección es correcta, la lectura deberá quedar dentro de las especificaciones que aparecen en la lista.

- Para avanzar la sincronización de la inyección (disminuyendo la lectura del indicador), agréguese juntas a los alojamientos de los seguidores de levas.
- Para retardar la sincronización de la inyección aumente la lectura del indicador), quitar las juntas del alojamiento de los seguidores de leva.

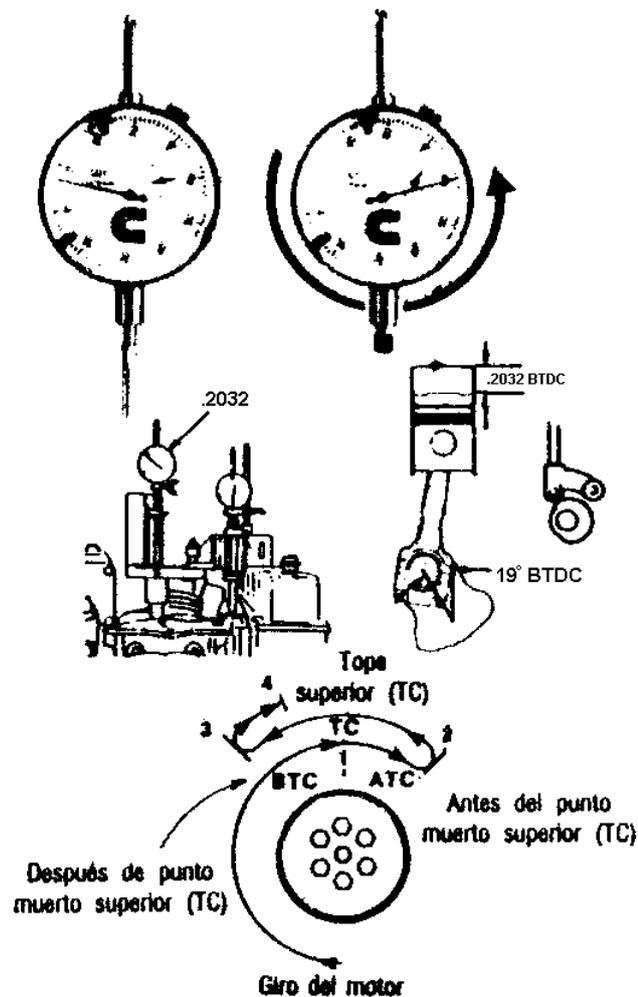


FIGURA 3.16 POSICIÓN DEL RECORRIDO DEL PISTÓN DE 0.2032 BTDC

3.14.- SINCRONIZACIÓN MECÁNICA VARIABLE

Para cumplir ciertas exigencias en cuanto a las emisiones, algunos motores Cummins se han equipado con dispositivos de sincronización variable, de manera que la sincronización del motor puede cambiarse automáticamente mientras éste se halla funcionando. La sincronización mecánica variable se usa en los motores 855 pulgadas cúbicas de seis cilindros en línea, mientras que la sincronización hidráulica variable se utiliza en los motores V-8 y de 1150 pulgadas cúbicas.

Los cambios en sincronización pueden reducir considerablemente las emisiones de escape. En la mayoría de los casos, el avance en la sincronización aumenta los óxidos de nitrógeno en la salida del motor, mientras que el retardo de la sincronización aumenta los hidrocarburos. Una situación ideal de sincronización consistiría en mantener tanto los óxidos de nitrógeno como los hidrocarburos al nivel más bajo posible para cualquier carga y velocidad determinadas.

El dispositivo mecánico de sincronización variable consiste en un excéntrico que va incluido en el eje de los seguidores de leva, una cremallera y un piñón con un cilindro de aire para actuar o mover el eje, de manera que pueda cambiarse la sincronización automáticamente, así como una válvula solenoide de tres direcciones, que controla el suministro de aire al cilindro de aire. En el arranque inicial del motor, un resorte en el cilindro de aire coloca al excéntrico en la posición de retardo. Con el motor ya en marcha y con la presión de aire elevándose, el cilindro en movimiento supera al resorte y mueve al excéntrico hacia la posición de avance.

El solenoide de tres conductos recibe potencia eléctrica por conducto de un interruptor de presión, el cual va inserto en el tubo del múltiple de presión de combustible. Mientras la presión se mantiene por debajo de un valor predeterminado (aproximadamente 25 por ciento de

carga), se suministra potencia a la válvula solenoide, manteniéndola abierta, permitiendo que fluya aire hacia el cilindro en movimiento.

Cuando la presión del combustible excede el valor predeterminado, el circuito eléctrico de la válvula solenoide se abre y el suministro de aire que va al cilindro en movimiento se cierra. El resorte dentro del cilindro mueve entonces al pistón del mismo a la posición de retardo. La purga de aire se regula mediante un orificio en la salida del cilindro, para evitar un cambio precipitado en la sincronización.

3.15.- CICLO DE INYECCIÓN DEL COMBUSTIBLE

En la figura 3.17 se ilustra el perfil de la leva que acciona al inyector y se muestran las acciones del émbolo del inyector que ocurren durante el ciclo de inyección como consecuencia de la rotación de la leva. Se verá que la leva tiene la parte alta de su perfil (parte superior de la ilustración) unida con la parte inferior de su perfil con una rampa en cada lado.

Cuando la leva gira para mover el seguidor de leva hacia arriba de la rampa, el émbolo del inyector se moverá hacia abajo para asentar en la copa e inyectar el combustible en la cámara de combustión. Cuando el seguidor baja por la rampa a la parte inferior del perfil de la leva, el émbolo se moverá hacia arriba y se enviará una cantidad medida de combustible hacia la copa.

La leva gira hacia la derecha vista desde la parte posterior del motor; en el diagrama hay que seguir su movimiento en dirección a la izquierda. La leva es parte del árbol de levas y gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal. La leva del diagrama se ha dividido en cuatro cuadrantes para señalar los cuatro tiempos del motor y el ciclo de inyección se puede ver en relación con el funcionamiento del motor.

Empezando en el punto A de diagrama, la inyección comienza antes del PMS en la carrera de compresión y sigue hasta B en donde concluye. En este momento, el émbolo del inyector ha asentado en la copa del inyector y el pistón está en su carrera de potencia. Desde B hasta C es la parte alta de la leva, con lo que émbolo permanece asentado en la copa durante las carreras de potencia y escape. El combustible circula por el inyector pero se desvía de la copa, lo cual se indica como “retorno” en el diagrama.

Entre C y D, el seguidor baja por la rampa hasta la parte inferior de la leva. Con ello, el émbolo sube en el inyector, se abre el orificio de medición y habrá una entrada medida del combustible hacia la copa.

Entre D y E, el émbolo permanecerá en su posición superior con el orificio de medición abierto hasta que en E el impulsor empieza a subir por la rampa hasta la parte alta de la leva; con ello, el émbolo se moverá hacia abajo.

Después del punto E, el émbolo cerrará el orificio de medición; se aplicará presión al combustible en la copa y la inyección empezará en A, con lo cual concluye el ciclo de inyección.

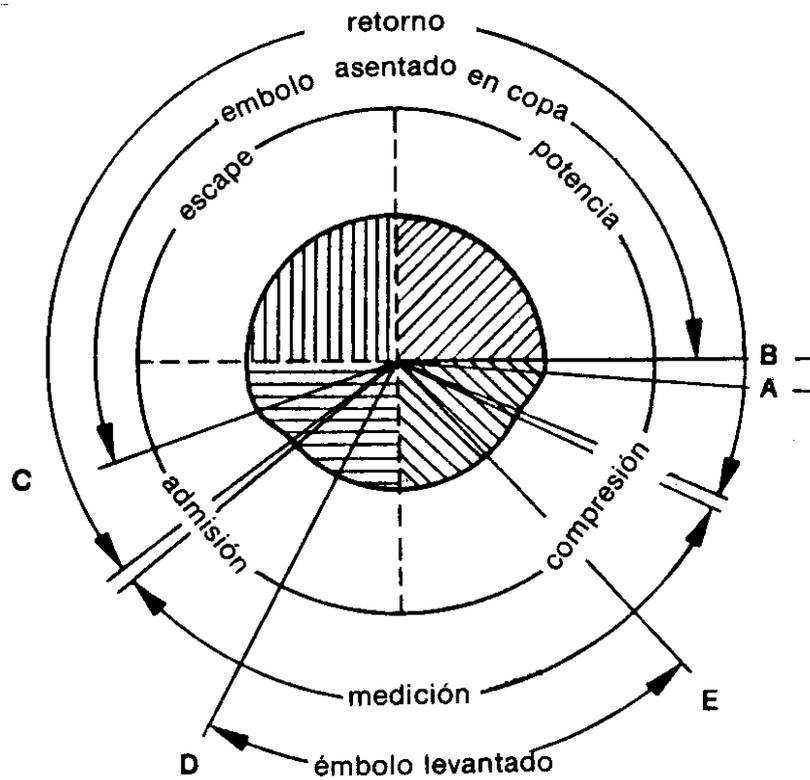


FIGURA 3.17 CICLO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE DEL INYECTOR PT

En la figura 3.18 se describe el ciclo de inyección de combustible PT (tipo D). Inyector con tope superior

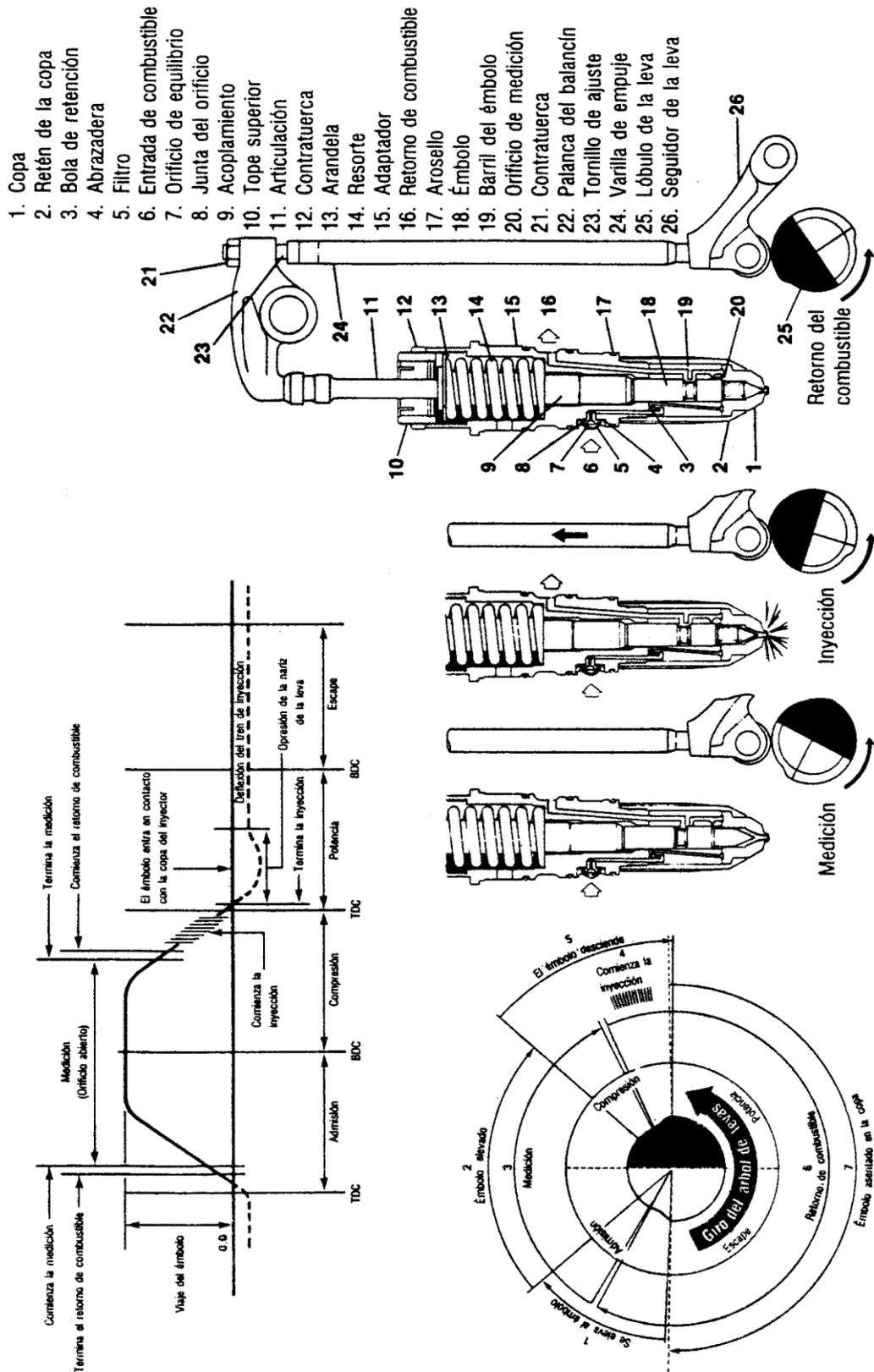


FIGURA 3.18 CICLO DE INYECCIÓN PTD CON TOPE SUPERIOR

3.16.- LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS EN EL INYECTOR CUMMINS

3.16.1.- EN EL BANCO DE PRUEBA

La localización de averías que se menciona a continuación, se refiere sólo al inyector. Asegurarse de que el banco de prueba esté en buen estado antes de culpar al inyector.

1. Si el inyector no entrega combustible, determine cuál de los siguientes elementos no está bien limpio:
 - Orificio de equilibrio.
 - Orificio de restricción.
 - Conductos del cuerpo del inyector.

2. Si la entrega del inyector es baja, revise los elementos siguientes:
 - El tamaño del orificio de equilibrio.
 - El buen funcionamiento de los orificios de la copa del inyector.
 - El estado del émbolo inyector y del cuerpo.
 - La presión de la abrazadera.

3. Si la entrega del inyector es elevada, determine cuál de los siguientes puntos ocasiona el problema:
 - Orificio de equilibrio demasiado grande.
 - Presión de entrada demasiado alta (debe estar a 120 lb/pulg² o 8.40 Kg/cm²).

3.16.2.- EN EL MOTOR

Un inyector que falla se puede localizar manteniendo hacia abajo el brazo del balancín del inyector mientras el motor está operando. Al atrancar o mantener hacia abajo un inyector, observe si la operación del motor cambia. Si lo hace, es probable que el inyector se encuentre trabajando bien. Si la operación del motor no cambia, el inyector está fallando.

1. Si el cilindro en que se encuentra el inyector está fallando¹⁸, revise las siguientes posibles causas:
 - El ajuste del inyector.
 - La condición de operación del inyector y del orificio.

2. Si el inyector se pega en la posición baja, revise lo siguiente:
 - La torsión correcta de la contratuerca de sujeción inferior del inyector.
 - La correcta alineación de la copa del inyector con el cuerpo.

3. Si hay humo excesivo en el motor, una de las causas siguientes puede ser la razón:
 - Los orificios de la copa están tapados; por lo tanto, desmonte el inyector y limpie o cambie las copas.
 - Un mal ajuste del brazo del balancín del inyector.

¹⁸ UN INYECTOR QUE FALLA SE PUEDE LOCALIZAR MANTENIENDO HACIA ABAJO EL BRAZO DEL BALANCÍN DEL INYECTOR MIENTRAS TRABAJA EL MOTOR.

IV. REQUISITOS PARA EL SERVICIO

La bomba de combustible PT se puede desmontar e instalar en el motor sin necesidad de sincronizarla. Debido a que la bomba no interviene en la medición ni en la sincronización de la inyección, ya que son los inyectores los que realizan estas funciones, es muy fácil desmontar e instalar la bomba. Además, debido a su construcción, la bomba por lo general sólo se desmonta durante el reacondicionamiento del motor.

En la figura 4.1 se ilustran la instalación y la posición de la bomba en un motor en línea. La bomba tiene una brida delantera que se sujeta con tornillos contra una brida correlativa en el adaptador para la bomba en la parte trasera de la caja de engranes.

Para cualquier trabajo de reparación en el sistema de combustible PT se requieren instalaciones y equipos especiales; si no se tienen, no se deben intentar más reparaciones o ajustes que los que se puedan efectuar con los componentes instalados en el motor.

Durante el reacondicionamiento, se desarma la bomba por completo y se examinan todos los componentes, con especial cuidado en las piezas movibles. Al armar, se instalan las piezas nuevas necesarias. Después, se monta la bomba en el probador y se la hace funcionar como si estuviera instalada en el motor para probarla, calibrarla y ajustarla antes de volver a instalarla; esto asegura que el funcionamiento de la bomba está dentro de las especificaciones para entrega de combustible. Se debe tener en cuenta que la calibración de la bomba PT se basa en ajustes de flujo y de presión.

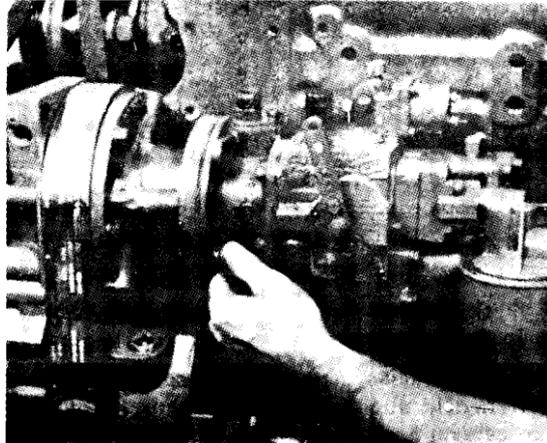


FIGURA 4.1 INSTALACIÓN DE LA BOMBA PT EN EL MOTOR

4.1.- SERVICIO A LOS INYECTORES

Si se tiene el equipo especial, los inyectores se pueden desarmar, limpiar e inspeccionar y probar.

El barril y el émbolo del inyector son de ajuste selectivo y no se deben intercambiar con los de otros inyectores.

Las piezas del inyector se remojan en disolvente para eliminar el carbón y el barniz. En la copa del inyector no se deben emplear cepillos ni instrumentos metálicos. Se inspeccionan todas las piezas; se determina si el émbolo y el barril están decolorados por el calor o si tienen desgaste y escoriaciones. El resorte se examina en un probador para determinar su longitud comprimida con la carga especificada.

El inyector se arma en el dispositivo de sujeción y se prueba a fin de determinar si hay escurrimiento y el patrón de atomización.

Los inyectores reconstruidos se instalan en un probador para la prueba de flujo, que incluye medir la entrega de combustible. El inyector se hace funcionar en condiciones controladas que simulan su funcionamiento en el motor; el probador sirve para contar las carreras de inyección, suministra el combustible a la presión especificada y tiene probetas graduadas para medir la entrega de combustible.

4.2.- SERVICIO A LOS FILTROS

Los filtros pueden ser del tipo desechable, y se cambian completos, o del tipo de elemento reemplazable.

El filtro desechable se desenrosca de su montaje y se desecha. Se limpia la superficie de montaje y se instala junta y filtro nuevos. Después de instalarlo, hay que cebar y purgar el sistema, poner en marcha el motor y examinar si hay fugas.

Se recomienda, que el cambio de los filtros de combustible diesel se realice cada 10000 Km, pudiendo llegar hasta los 30000 Km en condiciones especiales.

El procedimiento para cambiar el elemento reemplazable es como sigue:

1. Limpiar la caja del filtro, si tiene grifo de drenaje hay que vaciar el cuerpo.
2. Sostener la base del filtro para que no gire y saque el tornillo central.
3. Quitar la base o el vaso del filtro junto con el elemento.
4. Desechar el elemento, limpiar la base o el vaso con trapos y enjuagar con combustible limpio.

5. Se debe limpiar el interior de la cabeza del filtro con un trapo que no deje pelusa o con una brocha y combustible limpios. Hay que tener cuidado especial con la ranura en que se aloja el anillo sellador.
6. Inspeccionar los anillos selladores y reemplazar si tienen daños o imperfecciones.
7. Instalar el elemento en la base o en el vaso, según el tipo del filtro.
8. Instalar la base o el vaso en la cabeza del filtro; comprobar que los anillos selladores están en su lugar correcto.
9. Apretar el tornillo central a la torsión especificada, se suele especificar una torsión de 8 a 10 N.m, o sea apretado con firmeza con la mano.
10. Purgar el sistema, poner en marcha el motor y examinar si hay fugas por el filtro.

4.3.- POSICIONES PARA AJUSTE DE VÁLVULAS E INYECTORES

Las marcas de sincronización o ajuste de válvulas e inyectores están en la polea de impulsión de accesorios y, en algunos casos, en el amortiguador de vibración en el volante. Cuando las marcas están alineadas con el puntero se puede girar el cigüeñal a la posición correcta para ajuste de válvulas e inyectores.

En la figura 4.2 se ilustran las marcas de sincronización para un motor de seis cilindros en línea y se emplean las mismas para válvulas e inyectores, pero en diferentes cilindros.

Se puede hacer girar el cigüeñal con una llave de cubo en la tuerca con brida que sujeta la polea de impulsión de accesorios o con una palanca, que se coloca contra el aro de la polea.

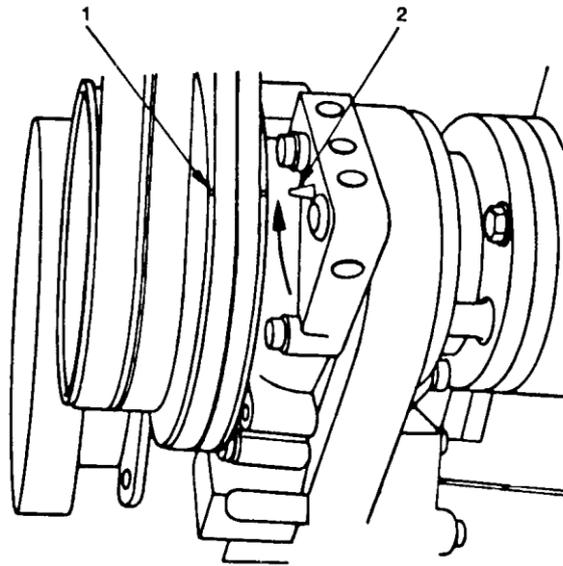


FIGURA 4.2 MARCAS PARA AJUSTE DE VÁLVULAS E INYECTORES

4.4.- ALINEACIÓN DE LAS MARCAS

El procedimiento para ajustar las marcas de sincronización de válvulas e inyectores en la polea de impulsión de accesorios (figura 4.3) es como sigue:

1. Hágase girar el cigüeñal en su sentido de rotación hasta que la marca "A" o la marca 1-6 "VS" estén alineadas con el puntero en la tapa de engranes.
2. Cuando la marca esté alineada, las válvulas de admisión y de escape del cilindro 5 deben estar cerradas. Ambos balancines estarán libres y el émbolo del inyector del cilindro 3 debe estar en la parte superior de su carrera; si no, hágase girar el cigüeñal 360° y vuélvase a linear la marca con el puntero.
3. Con la marca de sincronización bien alineada y con las válvulas del cilindro 5 cerradas, se ajustan las válvulas de ese cilindro y el inyector del cilindro 3.

4. El ajuste del cilindro 5 es el punto de partida para el ajuste. Luego se ajustan los demás cilindros en el orden de encendido (tabla). Sólo se puede ajustar un cilindro cada vez, por lo cual se necesitan dos revoluciones completas del cigüeñal para ajustarlos todos.

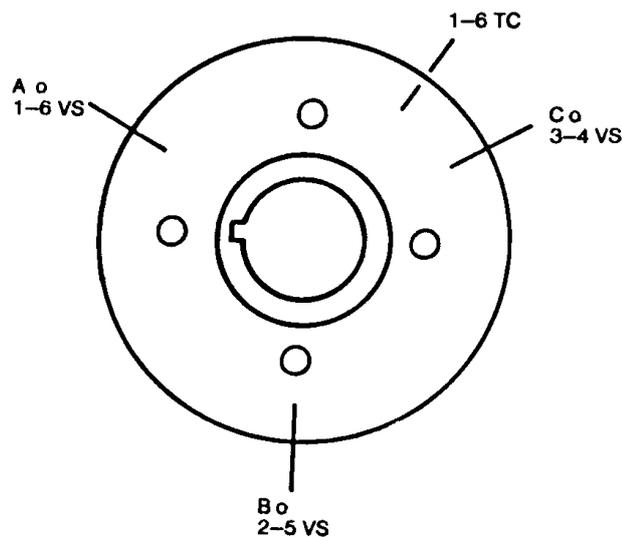


FIGURA 4.3 MARCAS EN LA POLEA DE IMPULSIÓN DE ACCESORIOS

4.5.- AJUSTE DE VÁLVULAS

Durante el ajuste de holgura éste se efectúa en las crucetas y en las válvulas. La cruceta siempre se ajusta antes que las válvulas.

Las marcas “A” y “VS” para ajuste de inyectores también se emplean para el ajuste de válvulas, pero las válvulas que se van a ajustar no son del mismo cilindro que el inyector.

V.- UTILIZACIÓN DEL ENTRENADOR

5.1.- INTRODUCCIÓN

Para la construcción de este simulador del SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL CUMMINS PT se ha desarrollado varias investigaciones tanto bibliográficas como de campo, con lo cual se ha reunido la información suficiente teórica básica como práctica, en lo referente al funcionamiento, desmontaje, reparación, calibración, armado de todos los elementos componentes del sistema.

Con el fin de poder simular correctamente el funcionamiento del sistema se tiene que disponer de una variedad de accesorios entre los más importantes, un motor eléctrico, un variador de velocidad con lo que lograremos una gama de velocidades para desarrollar secuencias de comprobación y verificación del sistema.

En este capítulo se indica el montaje y funcionamiento del entrenador, como también las características principales de cada elemento que constituye este banco de pruebas, además del cuadro de mantenimiento del simulador

Este entrenador está enfocado a analizar y describir al sistema íntegramente, con elementos totalmente reales. Lo cual servirá para poder ampliar conocimientos de manera que sirva a los estudiantes e incluso profesionales como un libro de consulta relacionado con el SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL CUMMINS PT.

5.2.- COMPONENTES DEL ENTRENADOR

5.2.1.- DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

El depósito de combustible (figura 5.1), tiene como material base láminas de tol, además se utilizó cuatro neplós de ½ pulg. para los respectivos conductos.

Este depósito de combustible tiene como dimensiones: 30 cm de diámetro y 60 cm de largo, por lo tanto su capacidad de llenado es 42.4 litros o 8.48 galones.

El tanque tiene una abertura en el cuello llenador para añadir el combustible, un conducto principal hacia la bomba de alimentación, un conducto de retorno de combustible y un conducto adicional para medir el nivel de combustible



FIGURA 5.1 TANQUE DE COMBUSTIBLE

5.2.2.- FILTRO DE COMBUSTIBLE

Para el buen funcionamiento del sistema de inyección, se cuenta con un filtro primario Continental-Mack 483GB218B desechable (figura 5.2), original de los motores Cummins, que está instalado entre el tanque de combustible y la bomba de inyección.



FIGURA 5.2 FILTRO DE COMBUSTIBLE

5.2.3.- BOMBA DE INYECCIÓN PT CUMMINS

La bomba utilizada en el simulador es una Cummins PTG (figura 5.3), debido a que la presión máxima del combustible en el múltiple es controlada por el gobernador¹⁹.

Las partes principales de esta bomba son: la bomba de engranes, el gobernador y el acelerador.

¹⁹ EL FUNCIONAMIENTO Y LOS COMPONENTES DE ESTE TIPO DE BOMBA SE EXPLICAN EN LAS PÁGINAS 37, 38 Y 39.

La codificación de la bomba es la siguiente:

GNE	195	375652
	10AM1015	S1950

- GNE, representa la lista de partes.
- 195, representa la orden del taller de servicio.
- 375652, representa el número de la serie de la bomba.
- 10AM1015, es el número de parte de la bomba.
- S1950, indican el número de la tarjeta de calibración

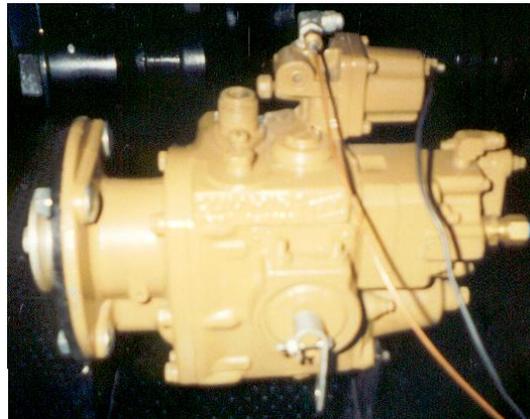


FIGURA 5.3 BOMBA DE COMBUSTIBLE PTG

5.2.4.- INYECTORES

Los inyectores utilizados en el simulador son del tipo PTD con tope superior (figura 5.4), que emplea una tuerca de ajuste que controla el viaje ascendente²⁰.

²⁰ CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES DE ESTE INYECTOR CONSULTAR EN LA PAGINA 29.

Para poder identificar y conocer los datos de calibración de este inyector se debe saber el CPL (Control Parts List) del motor con el cual vamos a identificar a través de manuales los diferentes códigos de las siguientes partes²¹:

CPL 3034619
 ARBOL DE LEVAS 3025518
 TURBO 3521053
 NTC 350 BIG CAM III

Barril Plunger	Refer Barril	Top Stop Set	Cup Part No	Cup Holes No. Size X Angle	Aprox . Injector Orifice	3575317 Delivery mm ³ /Stroke	Cam	Flow Code	PSI
3018587	30117285	224	3012538	9-008x 18°	0.210. 22	145-147	230	1791 80AK	120

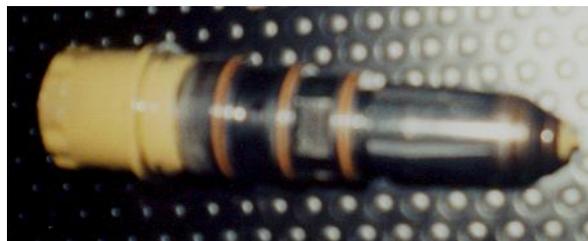


FIGURA 5.4 INYECTOR PTD TOPE SUPERIOR

²¹ INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR TALLERES LADELCO SA.

5.2.5.- CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO DEL INYECTOR

CULATA

La culata o cabezote (figura 5.5) constituye una de las más importantes partes del motor pues de ella depende las condiciones de llenado y vaciado de los cilindros y el índice de compresión del motor.

En este entrenador la culata es de fundición de hierro, y en ella se alojan las cámaras de combustión, válvulas, resortes, balancines, guías, asientos, conductos de refrigeración, lubricación y en este caso un conducto general de combustible a los inyectores.

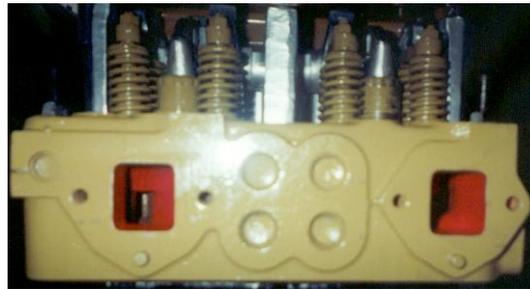


FIGURA 5.5 CULATA

ÁRBOL DE LEVAS

El árbol de levas (figura 5.6), transmite por medio de excéntricas el movimiento circular del cigüeñal²², convirtiéndolo en movimiento rectilíneo alterno.

²²EN ESTE ENTRENADOR EL MOVIMIENTO DEL CIGÜEÑAL SE SIMULA CON EL MOTOR ELÉCTRICO.

El árbol de levas de este simulador es de acero forjado para aumentar la resistencia al desgaste, las superficies de apoyo son templadas y además se dispone de orificios de lubricación para reducir el coeficiente de rozamiento.

SEGUIDORES

El seguidor (figura 5.6), es la pieza que recibe el empuje de la leva, en este caso es un seguidor circular y es de acero cementado con el fin de que la superficie en contacto con la leva tenga gran resistencia al desgaste.

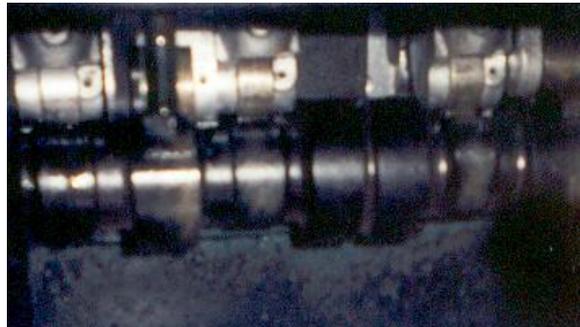


FIGURA 5.6 ARBOL DE LEVAS Y SEGUIDORES

VARILLAS DE EMPUJE

Las varillas de empuje(figura 5.7), transmiten el movimiento del eje de levas a los balancines, su extremo inferior tiene un inserto esférico el cual descansa en el seguidor y el extremo superior está conectado a los balancines.



FIGURA 5.7 VARILLAS DE EMPUJE

BALANCINES

Permiten el accionamiento de las válvulas, en este caso además el movimiento para la apertura y cierre del inyector; es decir existen tres balancines por cada cilindro.

Los balancines (figura 5.8), se acoplan en un eje que toma el nombre de árbol de balancines.



FIGURA 5.8 BALANCINES

VÁLVULAS

Las válvulas son piezas sometidas a elevados esfuerzos y fuertes golpes sobre sus asientos, soportan además elevadas temperaturas, en particular las válvulas de escape.

Están constituidas por un platillo cónico y un vástago y son de aceros aleados. Los espacio donde se desplazan los vástagos se denominan guías en este caso son postizas de acero con grafito esferoidal.

RESORTES

Cierran y mantienen cerradas las válvulas, tienen que ser lo suficientemente tensos para que el cierre sea rápido; son de aceros aleados (figura 5.9).

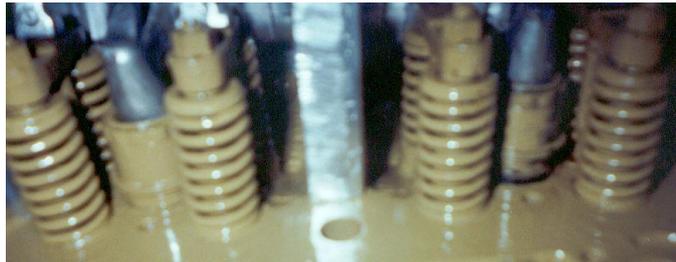


FIGURA 5.9 RESORTES

5.2.6.- MOTOR ELÉCTRICO

GENERALIDADES

El motor que se utiliza en el simulador es un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión. Tiene un máximo de revoluciones de 1700 rpm y una potencia máxima de 2.0 – 1.5 Hp/ Kw y funciona con corriente trifásica (figura 5.10).

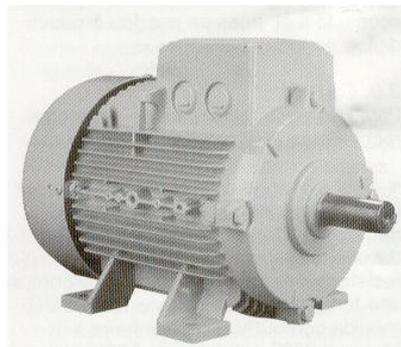


FIGURA 5.10 MOTOR TRIFÁSICO

INSTALACIÓN

Para la su instalación deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- El motor debe estar perfectamente alineado con su carga.
- La carga debe estar muy bien balanceada para evitar vibraciones anormales.
- El accionamiento de la bomba y el eje de levas es a través de poleas y bandas de tensión por lo que el motor es montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, para poder ajustar la tensión y retensar la banda cuando sea necesario. Si la correa queda excesivamente tensionada, se pueden producir daños en los rodamientos (figura 5.11).

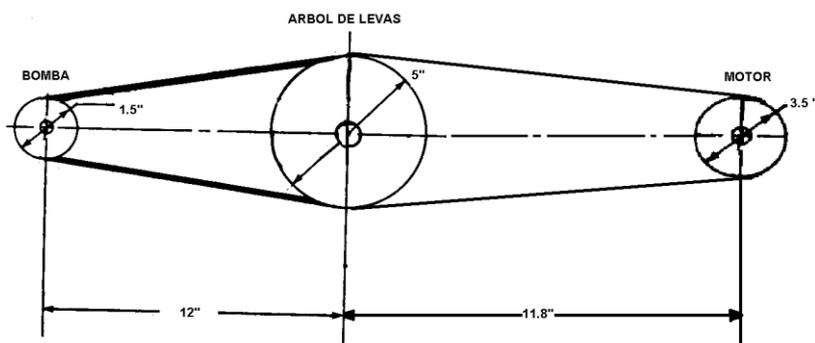


FIGURA 5.11 POLEAS Y BANDAS

- Para ensamblar el elemento de acople (polea, rueda dentada, etc.) utilice un dispositivo adecuado de montaje. En ningún caso golpee el eje.

CONEXIÓN

Para la conexión eléctrica del motor, se recomienda el siguiente procedimiento:

- Compare la tensión de red con la nominal del motor que se indica en la placa de características.
- Seleccione los cables de calibres adecuados a la corriente nominal del motor.
- En lo posible, los cables de alimentación deben llegar a la caja de bornes dentro del tubo flexible de protección, el cual se fijará a ella mediante acople adecuado. Verificar que la caja de bornes quede sometida al menor esfuerzo mecánico posible.
- Conecte el motor de acuerdo con el esquema de conexiones que se encuentra adherido a la tapa de la caja de bornes.
- Verifique el sentido de giro del motor.

MANTENIMIENTO

- Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor, asegúrese de que esté desconectado y que no es posible su reconexión.
- Es necesario efectuar periódicamente inspecciones para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores.
- En cada inspección debe limpiarse el polvo que se haya acumulado en la superficie externa del motor.

5.2.7.- VARIADOR DE VELOCIDAD

EI MICROMASTER 420

El MICROMASTER 420 es un convertidor de frecuencia (variador) para modificar la velocidad de motores trifásicos. El convertidor está controlado por microprocesador y utiliza tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto le hace fiable y versátil. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros.

El MICROMASTER 420 (figura 5.12), puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.



FIGURA 5.12 CONVERTIDOR MICROMASTER 420

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Puede funcionar en alimentación de línea IT.

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permiten configuraciones para cubrir una gran gama de aplicaciones.
- Simple conexión de los cables.
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.
- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator).
- Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

CARACTERÍSTICAS DE PRESTACIONES

- Flux Current Control (FCC) para respuesta dinámica y control de motor mejorados.
- Fast Current Limitation (FCL) para funcionamiento con mecanismo exento de disparo.
- Freno por inyección de corriente continua integrado.
- Frenado combinado para mejorar el rendimiento del frenado.
- Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable.
- Regulación usando función de lazo de regulación proporcional e integral (PI).
- Característica V/f multipunto.

CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN

- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobretemperatura para el convertidor.
- Protección de defecto a tierra.

- Protección de cortocircuito.
- Protección térmica del motor por $i^2 t$.
- Protección del motor mediante sondas PTC/KTY.

CONEXIONES DEL MOTOR Y LA RED

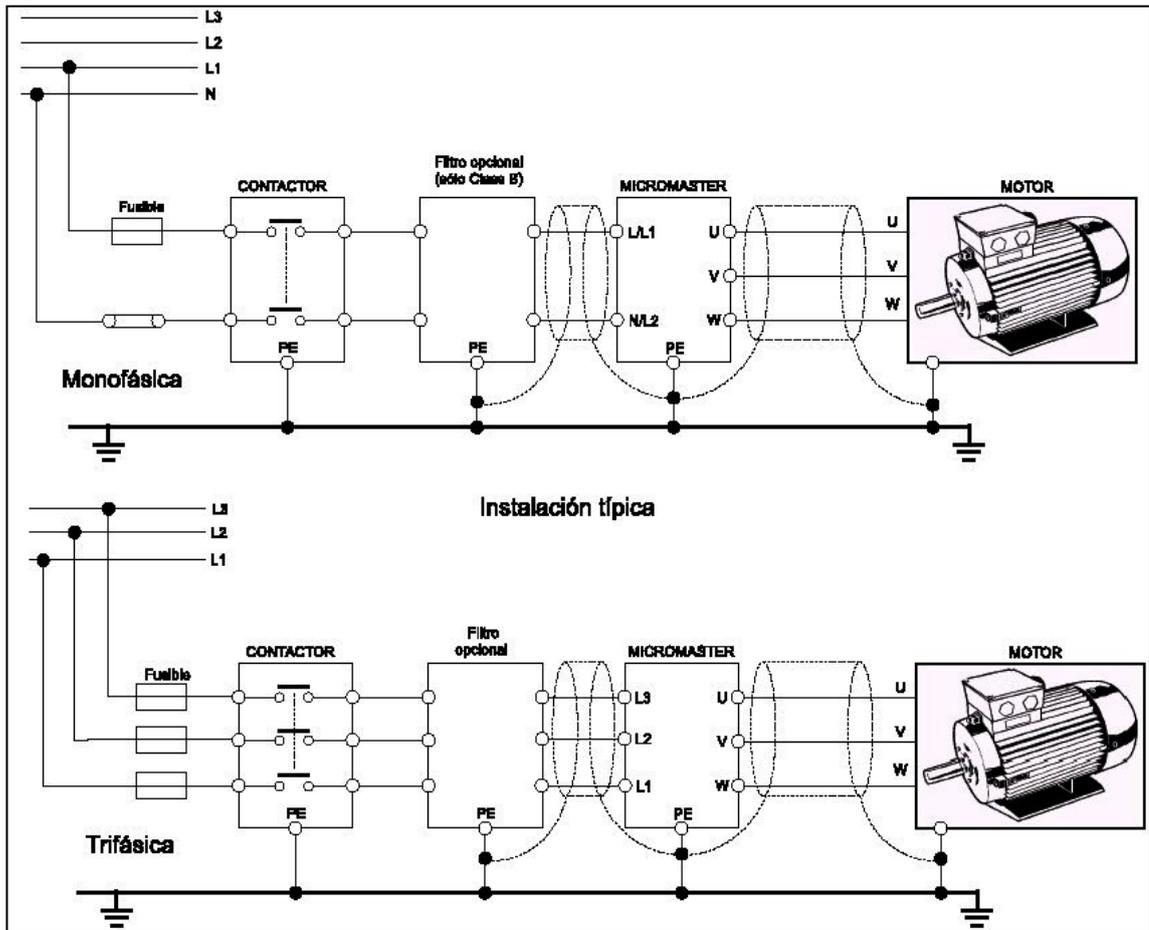


FIGURA 5.13 CONEXIONES DEL MOTOR Y LA RED

ADVERTENCIAS

- Este equipo incluye piezas bajo tensión peligrosa y controla órganos mecánicos en rotación potencialmente peligrosos. El no respeto de las advertencias o la no observación de las instrucciones contenidas en este Manual puede provocar la muerte, lesiones graves o daños materiales considerables.

- En este equipo sólo deberá trabajar personal adecuadamente cualificado y sólo una vez familiarizado con todas las consignas de seguridad, procedimientos de instalación, operación y mantenimientos contenidos en este Manual. El funcionamiento exitoso y seguro de este equipo depende de si ha sido manipulado, instalado, operado y mantenido adecuadamente.
- Riesgo de choque eléctrico. Los condensadores del circuito intermedio permanecen cargados durante cinco minutos tras la desconexión de todas las tensiones. No está permitido abrir el equipo hasta cinco minutos después de haber desconectado todas las tensiones.
- El escalonamiento de potencias en caballos HP se basa en la serie de motores 1LA de Siemens y sirve sólo como guía; no cumple necesariamente el escalonamiento de potencias HP de UL o NEMA.
- El convertidor debe ponerse siempre a tierra.
- Antes de realizar o cambiar conexiones en la unidad aislar de la red eléctrica de alimentación.
- Asegurarse de que el motor esté configurado para la tensión de alimentación correcta: los MICROMASTER para 230V monofásicos / trifásicos no deberán conectarse a una alimentación trifásica de 400 V.
- Si se conectan máquinas síncronas o si se acoplan varios motores en paralelo, el convertidor debe funcionar con característica de control tensión/frecuencia.
- Asegurarse de que entre la fuente de alimentación y el convertidor estén conectados interruptores/fusibles apropiados con la corriente nominal especificada.

5.2.8.- MANGUERAS Y NEPLOS

Para visualizar el flujo de combustible se utilizaron mangueras flexibles plásticas transparentes de alta presión M8 para evitar su corrosión.

Los neplos son de bronce M8 para asegurar de que no existan fugas en el sistema de inyección. (figura 5.14).

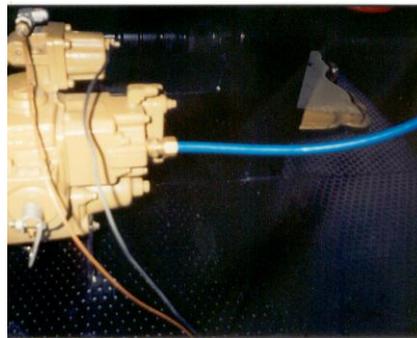


FIGURA 5.14 MANGUERAS Y NEPLOS

5.2.9.- MEDIDOR DE PRESIÓN

El manómetro de presión que se utiliza tiene un rango de 0 a 80 psi. Debido a que la bomba de engranes es de baja presión.

Este medidor de presión es mecánico marca Faria y se encuentra ubicado entre la bomba Cummins y los inyectores.

Para visualizar y manipular el manómetro y los demás elementos de lectura y control se adecuó un tablero de control (figura 5.15).



FIGURA 5.15 TABLERO DE CONTROL

5.2.10.-CABLES, CONECTORES Y DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

En el banco de pruebas el sistema eléctrico constituye factor principal para su buen funcionamiento. Se han utilizado los siguientes elementos (figura 5.16):

- Cable eléctrico 3 x 10 para las conexiones trifásicas.
- Cable # 16 para las conexiones monofásicas.
- Contactor GMC 22; 220V – 60 Hz, para el paso de corriente.
- Relé GTK 22; 6.5 (5.8) A, para protección del circuito.
- Batería de 12 V.
- Cortapicos de voltaje.



FIGURA 5.16 DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

5.2.11.- ESTRUCTURA DEL SIMULADOR

La estructura del simulador (figura 5.17), es principalmente de plancha de tol de 5 y 8 mm, capaz de soportar el peso de los elementos del sistema de inyección.

También de utilizó tubo rectangular para los soportes y fue provista de ruedas para que sea más fácil su transportación. Sus dimensiones principales son: 106 cm de altura, 116 cm de largo y 80 cm de ancho.



FIGURA 5.17 ESTRUCTURA DEL SIMULADOR

5.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR

Para el correcto funcionamiento del simulador se deben seguir los siguientes pasos:

1. Revisar el nivel de combustible del tanque.
2. Verificar la tensión de la banda.
3. Lubricar eje de levas, seguidores, balancines.
4. Comprobar que las conexiones eléctricas estén bien realizadas.
5. Conectar la fuente de alimentación (Corriente trifásica).
6. Conectar el contactor (110 V).
7. Colocar la posición del acelerador totalmente cerrada para de esta manera evitar que el motor en el momento de arranque tenga mucha carga.
8. Poner el switch en la posición ON.
9. Verificar que el parámetro P0010 esta en 0.
10. Revisar que el parámetro 1080 esté en una frecuencia adecuada de arranque de preferencia 20 Hz.
11. Presionar el botón verde  del BOP (Panel de Operación Básica) para poner en marcha el sistema.
12. Girar el árbol de levas con la ayuda de una palanca.
13. Una vez puesto en marcha el simulador debemos controlar la velocidad del mismo por medio del parámetro 1080 del panel BOP .
14. Para apagar el sistema presionar el botón rojo  del BOP²³.
15. Pulsar OFF del interruptor principal para desconectar la alimentación de corriente.

²³ PARA MAYOR INFORMACIÓN DEL MANEJO DEL PANEL BOP REVISAR LOS ANEXOS O EL CD DEL CONVERTIDOR.

5.3.1.- MEDICIÓN DE CAUDALES

Para realizar la medición de caudales a distintas velocidades de prueba se ha provisto al banco de dos probetas de 100 ml (figura 5.18).



FIGURA 5.18 PROBETAS DE MEDICIÓN

COMPROBACIÓN A BAJAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL ml	
Hz		PSI	(S)	Q1	Q2
20	700	3	60	20	20

COMPROBACIÓN A MEDIAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL ml	
Hz		PSI	(S)	Q1	Q2
29.8	1200	10	60	70	67

COMPROBACIÓN A ALTAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL MI	
Hz		PSI	(S)	Q1	Q2
39.4	1600	30	60	97	97

5.3.2.- ÁNGULOS DE PULVERIZACIÓN

Para el cálculo del ángulo de pulverización de los inyectores debemos utilizar una cartulina ubicada debajo del inyector a una distancia vertical conveniente, luego hacer funcionar el banco a cualquier velocidad.

Medir la distancia vertical desde el inyector hasta la cartulina y el diámetro de pulverización impregnado en la cartulina y calcular el ángulo con las siguientes fórmulas trigonométricas mostradas en la figura 5.19.

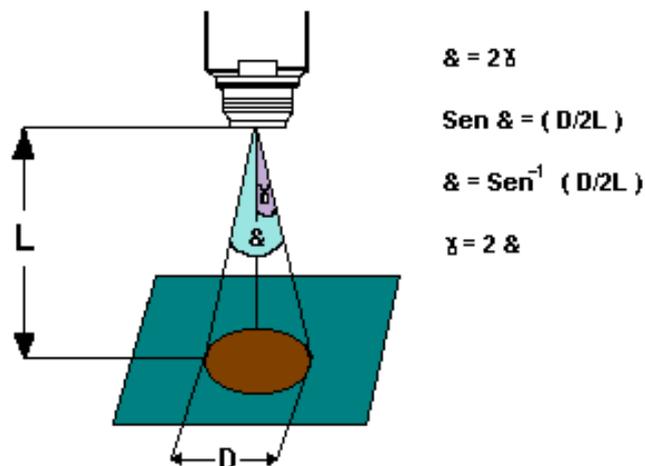


FIGURA 5.19 ANGULO DE PULVERIZACIÓN

5.4.- CUADRO DE MANTENIMIENTO DEL SIMULADOR

Para el mantenimiento del simulador se ha realizado un cuadro de 6 meses a 120 horas de funcionamiento, el cual sirve para el correcto funcionamiento del sistema (figura 5.20)²⁴.

INTERVALOS DE SERVICIOS	MESES	1	2	3	4	5	6
	Horas de funcionamiento	20	40	60	80	100	120
SISTEMA DE COMBUSTIBLE							
Tanque de combustible	-	I	-	I	-	I	
Filtro de combustible	-	I	-	I	-	I	
Bomba de inyección Cummins	-	-	I	-	-	I	
Conductos de combustible	-	I	-	I	-	I	
Manómetro de presión	-	I	-	I	-	I	
Combustible de operación	R	R	R	R	R	R	
Inyectores	-	-	I	-	-	I	
CONJUNTO DE ACCIONAMIENTO DEL INYECTOR							
Árbol de levas	L	L	L	L	L	L	
Seguidores	-	I	-	I	-	I	
Varillas de empuje	-	I	-	I	-	I	
Balancines	-	I	-	I	-	I	
SISTEMA ELÉCTRICO							
Cableado y conexiones	-	I	-	I	-	I	
Terminales y fusibles	I	I	I	I	I	I	
Motor eléctrico	I	I	I	I	I	I	
Variador de velocidad	I	I	I	I	I	I	

FIGURA 5.20 CUADRO DE MANTENIMIENTO

²⁴ I = INSPECCIONAR, L = LUBRICAR, R = REEMPLAZAR.

VI PRACTICAS EN EL SIMULADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPE LATACUNGA									
PRACTICA No 1									
					Funcionamiento del simulador				

OBJETIVOS:

- Conocer los elementos que conforman el entrenador del sistema de inyección Cummins PT.
- Describir los pasos a seguir para arrancar el simulador.
- Explicar el diagrama de flujo de combustible de este sistema.

HERRAMIENTAS Y EQUIPO:

- Simulador del sistema de inyección diesel Cummins PT

MARCO TEÓRICO

El entrenador de Inyección Diesel Cummins PT consta de las siguientes partes:

- Depósito de combustible.
- Filtro de combustible.
- Bomba de inyección Cummins PTG.
- Culata.
- Árbol de levas.
- Seguidores, varillas de empuje, balancines.
- Válvulas, resortes.
- Motor eléctrico.
- Variador de velocidad.
- Manómetro de presión.
- Mangueras.
- Cables conectores.
- Probetas.
- Contactor y relé de protección.
- Batería.

Flujo de combustible

Una bomba de engranes que es parte de la bomba de combustible, absorbe el combustible del tanque a través del filtro y lo entrega a los inyectores. El combustible de la bomba, que está a baja presión, no acciona los inyectores, pues éstos son de accionamiento mecánico en el momento preciso por medio de las levas, seguidores de leva, varillas o tubos de empuje y balancines.

La acción de las levas y los otros componentes hacen que los émbolos de los inyectores se muevan hacia abajo y produzcan alta presión en el combustible que se atomiza en las cámaras de combustión.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar los componentes del Sistema de Inyección.
2. Revisar el nivel de combustible del tanque.
3. Verificar la tensión de la banda.
4. Lubricar el eje de levas, seguidores, balancines.
5. Comprobar que las conexiones eléctricas estén bien realizadas.
6. Conectar la fuente de alimentación (Corriente trifásica).
7. Conectar el contactor (110 V).
8. Colocar la posición del acelerador totalmente cerrada para de esta manera evitar que el motor en el momento de arranque tenga mucha carga.
9. Pulsar el interruptor principal en la posición ON.
10. Verificar que el parámetro P0010 esta en 0.
11. Revisar que el parámetro 1080 esté en una frecuencia adecuada de arranque de preferencia 20 Hz.
12. Presionar el botón verde  del BOP (Panel de Operación Básica) para poner en marcha el sistema.
13. Girar el árbol de levas con la ayuda de una palanca.
14. Una vez puesto en marcha el simulador debemos controlar la velocidad del mismo por medio del parámetro 1080 del panel BOP .
15. Comprobar el buen funcionamiento del simulador y de los inyectores a varias velocidades.
16. Observar el flujo de combustible.
17. Para apagar el sistema presionar el botón rojo  del BOP.
18. Pulsar OFF del interruptor principal para desconectar la alimentación de corriente.

OBSERVACIONES

CUESTIONARIO

1. Que significan las letras PT en este sistema de combustible?
2. Mencione las partes básicas del sistema de combustible PT.
3. Explique el flujo de combustible del sistema.
4. Enumere las precauciones que se deben tomar para poner en marcha el simulador.
5. Descríbase con brevedad la diferencia principal entre el sistema de combustible PT y otros sistemas de combustible diesel.
6. Se debe purgar el sistema de combustible Cummins?

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPE LATACUNGA									
PRACTICA No 2									
					Medición de caudales				

OBJETIVOS:

- Verificar el caudal de combustible en las diferentes velocidades de prueba.
- Conocer las presiones de funcionamiento de la bomba Cummins PT.

HERRAMIENTAS:

- Simulador del sistema de inyección Cummins PT.
- Probetas.

MARCO TEÓRICO

El inyector mide e inyecta el combustible. La medida está basada en la presión y el tiempo, es decir, la presión en el inyector y el tiempo en que permanece abierto su orificio de medición. La bomba de combustible varía la presión de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor; el tiempo lo establece la velocidad de rotación del motor, que, a su vez, determina la rapidez de movimiento del émbolo inyector.

En esta práctica se va a girar la bomba de combustible a distintas velocidades con lo cual se podrá observar y comparar los caudales que proporcionarán los inyectores.

PROCEDIMIENTO

1. Revisar las conexiones eléctricas y el nivel de combustible.
2. Lubricar el eje de levas, los seguidores, balancines.
3. Colocar las probetas de tal manera que no existan fugas en el momento de la pulverización.
4. Poner en marcha el simulador a la velocidad en la cual se va a medir el caudal.
5. Abrir la válvula de paso de combustible y al mismo tiempo accionar el cronómetro.
6. Registre la entrega de combustible de los inyectores que debe estar en una tolerancia de 3 ml, de lo contrario se deberá calibrar los inyectores.
7. Apagar el simulador.

ANALISIS DE RESULTADOS

COMPROBACIÓN A BAJAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN PSI	TIEMPO (S)	CAUDAL ml	
				Q1	Q2
Hz					

COMPROBACIÓN A MEDIAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL ml	
Hz		PSI	(S)	Q1	Q2

COMPROBACIÓN A ALTAS RPM

VELOCIDAD DE CONTROL	RPM	PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL ml	
Hz		PSI	(S)	Q1	Q2

CUESTIONARIO

1. Indicar que parámetros determinan el caudal de combustible.
2. Qué hace que funcione el inyector?
3. Que se debe realizar si los caudales de los inyectores no son iguales?
- 4.Cuál es la finalidad de a) bomba de engranes y b) amortiguador de pulsaciones.
- 5.Cuál es la función del acelerador?
6. Porque se utiliza una válvula de paro?

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPE LATACUNGA									
PRACTICA No 3									
					Funcionamiento de los inyectores				

OBJETIVOS:

- Verificar el funcionamiento de los inyectores.
- Revisar la calidad del chorro de pulverización.
- Comprobar la estanqueidad de los inyectores Cummins.

HERRAMIENTAS:

- Simulador de inyección diesel Cummins PT.

MARCO TEÓRICO

Los inyectores deben trabajar en forma correcta para lograr el buen funcionamiento del motor. El inyector tiene la función particular de inyectar el combustible finamente en la cámara de combustión.

Los inyectores deficientes que no pueden ejecutar esa función producirán fallos, golpeteo y sobrecalentamiento del motor, pérdida de potencia, humo negro en el escape o mayor consumo de combustible.

En esta práctica se va a realizar la prueba de estanqueidad con lo cual se va a determinar si los inyectores están trabajando correctamente.

Un chorro no uniforme, de aspecto estriado o fragmentado indica que el inyector está sucio o presenta algún tipo de daño. El chorro proyectado por el inyector debe ser regular, en forma de abanico, centrado con respecto al eje del inyector, sin interrupciones ni estrías y sin goteo.

Si hay señal de goteo se tendrá que proceder a un rectificado de la aguja en su asiento, utilizando un abrasivo muy suave girando varias veces la aguja sobre su asiento (figura 6.1).

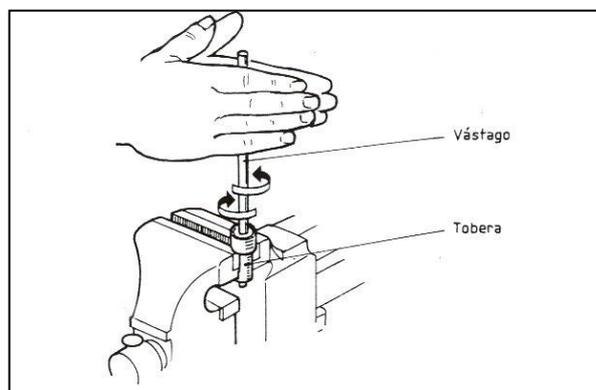


FIGURA 6.1 RECTIFICADO DE LA AGUJA

PROCEDIMIENTO

1. Revisar las conexiones eléctricas y el nivel de combustible.
2. Lubricar el eje de levas, los seguidores, balancines.
3. Poner en funcionamiento el simulador a bajas RPM.
4. Anotar la presión del manómetro.
5. Accionar la válvula de paso para que pulvericen los inyectores.
6. Cerrar la válvula de paso y observar la estanqueidad del inyector, si gotea combustible por el inyector (figura 6.2).

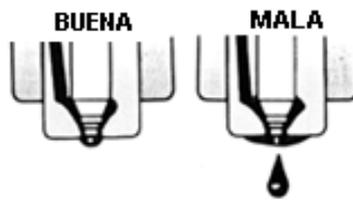


FIGURA 6.2 ESTANQUEIDAD DEL INYECTOR

7. Variar la velocidad de la bomba y observar la calidad del chorro de pulverización (figura 6.3).

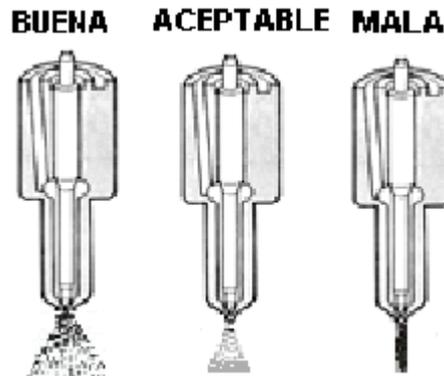


FIGURA 6.3 CALIDAD DE PULVERIZACIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

PRUEBAS	ESTANQUEIDAD		PULVERIZACIÓN		
	BUENA	MALA	BUENA	ACEPTABLE	MALA
INYECTOR 1					
INYECTOR 2					

CUESTIONARIO

1. Como se puede localizar un inyector defectuoso en el motor?
2. Cuál es la función del inyector?
3. Describir como debe ser un chorro de pulverización bueno.
4. Mencionar los tipos de inyectores Cummins.
5. Escribir el procedimiento de rectificado de la aguja del inyector.
6. Enumerar los efectos que produce un inyector deficiente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPE LATACUNGA									
PRACTICA No 4									
					Corte de combustible				

OBJETIVOS:

- Reconocer las partes del gobernador.
- Describir como se produce el corte de combustible.
- Observar a que velocidad (RPM) se produce el corte de combustible.
- Explicar como podemos variar la velocidad a la que se corta el combustible.

HERRAMIENTAS:

- Llaves 14, 6, 10, 13.
- Playo.
- Destornillador plano.
- Pinza de cerrar.

MARCO TEÓRICO

El gobernador está formado por las siguientes partes (figura 6.4):

- B) Combustible del filtro magnético al émbolo del gobernador.
- C) Impulsión a la entrada de la bomba.
- D) Combustible para marcha mínima al acelerador.
- E) Combustible principal al acelerador.

1. Engrane de impulsión.
2. Contrapesos.
3. Embolo del gobernador.
4. Botón.
5. Resorte del gobernador.
6. Ajuste de marcha mínima.
7. Resorte de marcha mínima.
8. Manguito del gobernador.

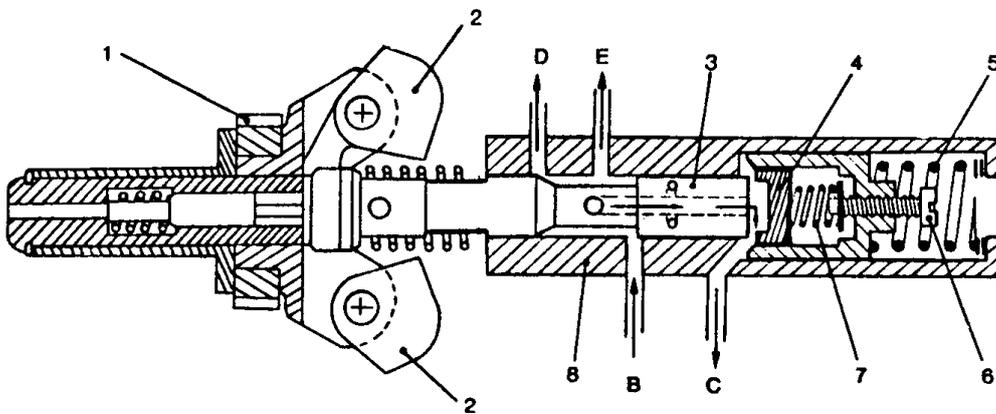


FIGURA 6.4 GOBERNADOR

El gobernador corta el combustible cuando se exceden las rpm y así limita la velocidad máxima del motor. Si se tiene la transmisión en una “velocidad” incorrecta o si en una bajada la carga “empuja” el vehículo y las rpm aumentan hasta el punto de sobrevelocidad, el gobernador cortará todo el combustible para los inyectores.

La fuerza centrífuga de los contrapesos aumentará al grado de que el resorte gobernador principal se comprimirá más y permitirá que el émbolo cierre el conducto E principal para combustible y desvíe el combustible por los orificios de descarga en el émbolo hacia el conducto C de derivación, esos orificios son agujeros radiales en el émbolo, que es hueco.

Con el acelerador cerrado, pasa por el mismo una pequeña cantidad de combustible, que se llama escurrimiento por el acelerador. Con esto se mantiene los conductos llenos para tener aceleración rápida cuando se desee y para lubricar los inyectores.

Para variar la velocidad de corte se debe poner calzas al resorte del gobernador. El agregar calzas aumentará la velocidad de corte y el quitarlas disminuirá dicha velocidad. La velocidad de corte del gobernador cambiará en 2 rpm por cada 0.0001 pulg (0.025 mm) de calza. Para instalar o desmontar calzas en el paquete del resorte del gobernador, habrá que desmontar la tapa de dicho resorte (figura 6.5).



FIGURA 6.5 DESMONTAJE DEL RESORTE DEL GOBERNADOR

PROCEDIMIENTO

7. Lubricar el árbol de levas, seguidores y balancines.
8. Poner en marcha el simulador a bajas rpm.
9. Accionar la válvula de paso de combustible.
10. Colocar la posición del acelerador completamente abierta.
11. Aumentar la velocidad de la bomba progresivamente.

12. Observar el corte de combustible.
13. Anotar a cuántas rpm se realizó el corte.
14. Desmontar la bomba y colocar calzas para variar la velocidad de corte de combustible.
15. Repetir el procedimiento anterior.

OBSERVACIONES

CUESTIONARIO

1. Indicar los tipos de gobernadores.
2. Enumerar los componentes del gobernador
3. Cuáles son las funciones del gobernador mecánico?
4. Explicar como se produce el corte de combustible.
5. Explicar como se puede variar la velocidad de corte.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ – ESPE LATACUNGA									
PRACTICA No 5									
					Reconocimiento y disposición de los elementos del inyector Cummins PTD “Tope Superior”				

OBJETIVOS:

- Explicar el funcionamiento del inyector PTD con tope superior.
- Conocer los elementos del inyector.
- Describir el procedimiento de armado y desarmado del inyector.

HERRAMIENTAS:

- Playo.
- Destornillador plano.
- Pinzas.
- Llave 26.
- Banco de Trabajo.

MARCO TEÓRICO

En la figura 6.6 se puede observar el ciclo de inyección de combustible del inyector PTD Tope Superior y sus respectivos elementos.

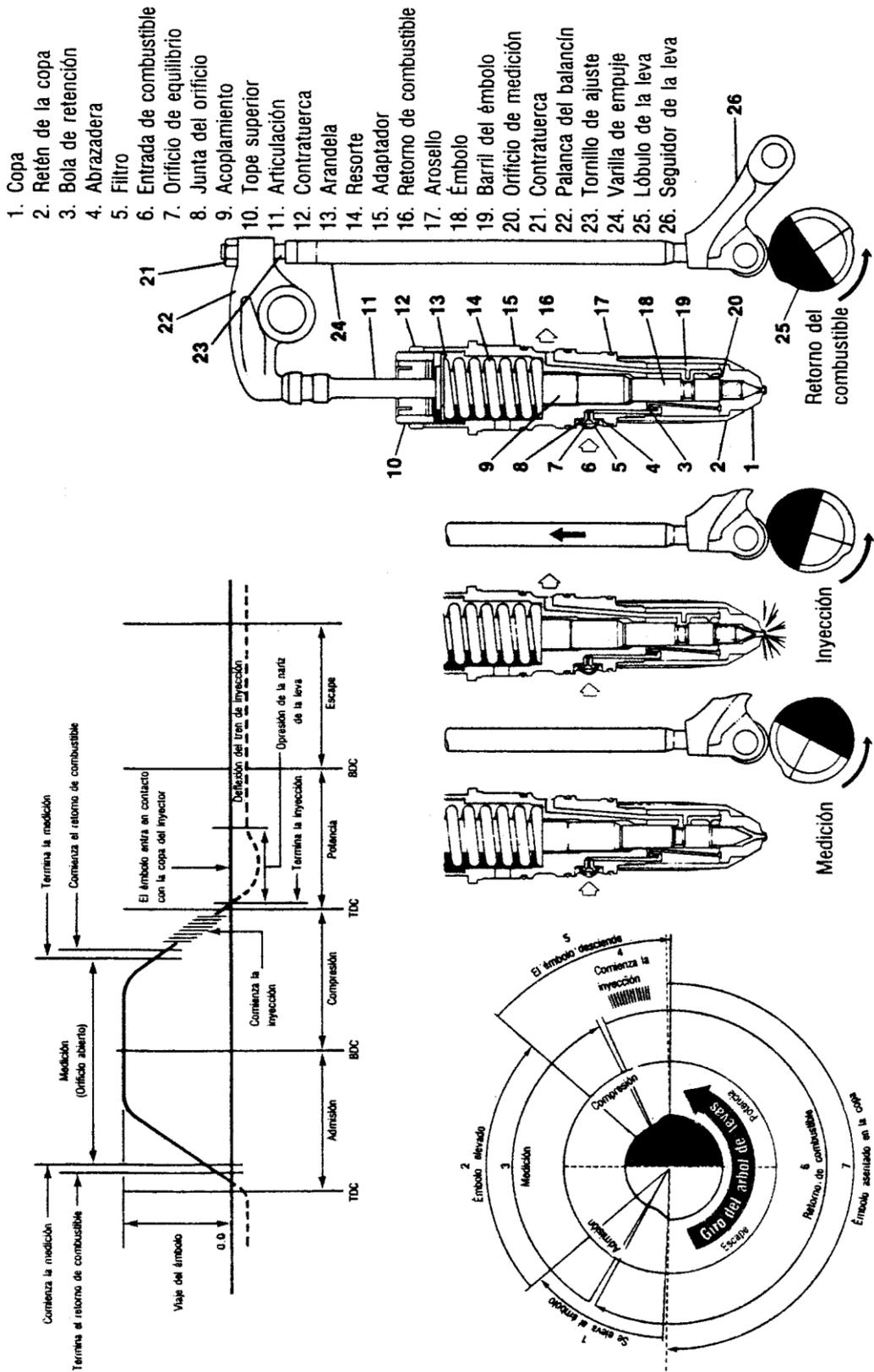


FIGURA 6.6 CICLO DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE PTD TOPE SUPERIOR

PROCEDIMIENTO

Desarmado, limpieza e inspección del inyector (figura 6.7)

1. Quite la articulación del émbolo. La articulación del émbolo de los inyectores PTD se levanta simplemente sacándola del acoplamiento del émbolo. No se utiliza anillo de resorte para mantenerla en su lugar.
2. Coloque el inyector en un banco de trabajo.
3. Desmonte el émbolo.
4. Afloje la tuerca de retención de la copa.
5. Desmonte la copa.
6. Saque la tobera y el barril
7. Quite la tuerca tope.
8. Desmonte la tuerca y arandela que sostienen al resorte.
9. Quite el resorte del émbolo.



FIGURA 6.7 DESARMADO DEL INYECTOR

10. Coloque todas las partes del inyector en una cesta y sumérgalas en el disolvente, tal como un limpiador de carburadores.
11. Sople todas las partes con aire comprimido limpio y seco.
12. Verifique si el barril y el émbolo tienen escoriación.
13. Verifique los tapones de orificios del barril, observando si se encuentran sueltos.

14. Compruebe las superficies del barril viendo si tiene mellas o grietas.
15. Inspeccione el cuerpo del inyector o adaptador, viendo si hay asperezas y mellas en las superficies coincidentes del barril.
16. Revise las roscas de la tuerca de la copa, asegurándose de que se atornillan entre sí fácilmente.
17. Inspeccione la copa del inyector con una lupa, viendo si se presenta falta de definición, o perforaciones tapadas o alargadas.
18. Inspeccione la superficie de asentamiento del émbolo de la copa.

Armado del inyector (figura 6.8)

1. Asegurarse de que las superficies coincidentes del cuerpo y el barril se encuentran libre de mellas y rayaduras.
2. Ubicar el inyector en un banco de trabajo.
3. Sumergir el barril en aceite para calibrar.
4. Colocar el cuerpo del inyector en el barril alineados.
5. Sujetándolos firmemente unidos al adaptador y al barril, girarlos de manera que el barril esté arriba y colocarlos en el banco de trabajo.
6. Colocar la copa y la tuerca de la copa en el barril del inyector
7. Recubrir la tuerca de la copa con aceite para lubricar e instalar la copa en el adaptador.
8. Instalar la tuerca apretándola con la mano y, a continuación, volverla un poco hacia atrás.
9. Sumergir el émbolo del inyector en aceite para calibrar e instalarlo en el cuerpo del inyector, sin resorte.
10. Apretar la tuerca de la copa a la torsión correcta, utilizando una llave de torsión.
11. Comprobar la alineación émbolo-copa, separar el émbolo del cuerpo del inyector y agregar una pequeña cantidad de combustible en el cuerpo del inyector.
12. Instalar con mucho cuidado el émbolo (sin resorte) en el cuerpo del inyector y empujar rápidamente el émbolo dentro de la copa.

13. El émbolo debe deslizarse fácilmente cuando se voltea el inyector hacia abajo.
14. Sacar el émbolo del cuerpo del inyector, instalar el resorte y volver a instalarlo en el cuerpo del inyector.



FIGURA 6.8 ARMADO DEL INYECTOR

OBSERVACIONES

CUESTIONARIO

1. Explicar el funcionamiento del inyector PTD Tope Superior.
2. Enumerar los elementos del inyector.
3. Describir el ciclo de inyección de combustible.
4. Qué es un inyector Tope Superior?
5. Porque se ajusta la carrera del émbolo en un inyector Tope Superior?. Describir como se hace.
6. Explicar como se instala un inyector en el motor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El sistema de inyección diesel Cummins PT es muy sencillo en su construcción y cuenta con pocas piezas móviles lo que facilita su aprendizaje.
- Variando la presión y el tiempo de inyección se controla la velocidad y la potencia del motor.
- En la bomba de combustible Cummins PTG la presión máxima de combustible se controla por el gobernador.
- El gobernador es del tipo mecánico y va montado en el interior de la bomba principal.
- Este sistema esta provisto de una válvula de paro eléctrica, que se utiliza para cortar el flujo de combustible a los inyectores.
- La velocidad de corte de combustible es de 1800 rpm.
- La función del inyector es para el tiempo, medición, inyección y atomización del combustible.
- Se ha utilizado un motor eléctrico de 1700 rpm y 2 hp con un variador de velocidad, los cuales nos permiten simular correctamente el sistema de inyección Cummins PT.
- El entrenador se ha construido en su totalidad con elementos originales del sistema de inyección Cummins.
- En la actualidad los sistemas de inyección Cummins son electrónicos, lo que hace que sean más confiables y precisos.
- El mantenimiento de este sistema es de los más sencillos en comparación con los demás sistemas de inyección diesel.

RECOMENDACIONES

- Antes de emplear el simulador del sistema de inyección Cummins PT se deben seguir los pasos y tomar las precauciones mencionadas en el manual.
- Examinar la teoría del funcionamiento del sistema de inyección Cummins PT.
- Se debe utilizar las herramientas adecuadas para no causar deterioro al entrenador.
- No se debe producir fuego en el momento en que se estén realizando las prácticas.
- Constatar de que no existan fugas en el sistema de inyección de combustible.
- Realizar las prácticas con un número no mayor de tres estudiantes para mejorar el aprendizaje.
- El conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor al diámetro de los cables de alimentación.
- Situar el simulador en un lugar nivelado para que no existan errores en las mediciones de caudales.
- Todas las prácticas deben realizarse con la presencia de un instructor.
- Seguir el cuadro de mantenimiento del simulador.
- Investigar las nuevas innovaciones en los sistemas de inyección de combustible Cummins.

BIBLIOGRAFÍA

- DAGEL F. JHON, MOTORES DIESEL Y SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGUNDA EDICIÓN, TOMO II.
- MIRALLES DE IMPERIAL, JUAN - MOTORES DIESEL INYECCIÓN Y COMBUSTIBLE - ED. CEAC, BARCELONA.
- ED MAY, MECANICA PARA MOTORES DIESEL TEORÍA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN, TOMO II, MÉXICO 1938.
- DETROIT DIESEL GMC SERIE 53 - MANUAL DE TALLER (MANUALES DE SERVICIO).
- LÓPEZ - MANUAL DE ESPECIFICACIONES DIESEL.
- [www. Auto city. Com](http://www.autocity.com) / documentos técnicos
- www.cummins.com
- http://www.uamerica.edu.co/motores/d1/pages/dies_pt.htm
- [WWW.fleetguard.com](http://www.fleetguard.com)
- <http://www.filtercouncil.org/techdata/tsbs/fmctsb.html>

ANEXOS

3.2.2.1 Poner en servicio con el panel BOP



Mediante el panel BOP se pueden modificar los valores de parámetros. Para parametrizar con el panel BOP se debe retirar el SDP y se debe colocar el BOP (véase Anexo A).

El panel BOP contiene una pantalla de siete segmentos en la que se muestran los números y valores de parámetros, mensajes de alarma y de fallo así como valores de consigna y valores reales. No es posible el almacenamiento de información de parámetros con el BOP.

La Tabla 3-2 muestra los ajustes por defecto realizados en fábrica para el funcionamiento via el panel BOP.

ATENCIÓN

- ✦ Por defecto están bloqueadas las funciones de control del motor del BOP. Para controlar el motor mediante el panel BOP, se debe ajustar el parámetro P0700 a 1 y el parámetro P1000 a 1.
- ✦ El panel BOP se puede colocar y retirar del convertidor mientras se esté aplicando potencia.
- ✦ Si el panel BOP se ha ajustado como control E/S (P0700 = 1), el accionamiento se parará si se retira el panel BOP.

Tabla 3-2 Ajustes por defecto para manejo usando el panel BOP

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, kW (60Hz, hp)
P0307	Potencia del motor	Las unidades (kW o Hp) dependen del ajuste de P0100. [valor dependiente de la variante.]
P0310	Frecuencia del motor	50 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad del motor	1395 (1680) rpm [dependiendo de la variante]
P1062	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

Botones en el panel BOP

Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 = 1.
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada).
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.

	Funktionen	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Corriente de salida. (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (o - unidades en V). 5. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (3,4 ó 5), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.

3.3 Operación general

Para una descripción completa de los parámetros estándares y ampliados, consultar la Lista de parámetros.

ATENCIÓN

1. El convertidor no lleva ningún interruptor de alimentación, por lo que está bajo tensión en cuanto se conecta la alimentación de red. Espera, con la salida bloqueada, hasta que se pulse el botón 'Marcha' o la presencia de una señal digital ON en el borne 5 (giro a derechas).
 2. Si está colocado un panel BOP o AOP y la frecuencia de salida está seleccionada para su visualización (P0005 = 21), entonces se visualiza la correspondiente consigna aproximadamente cada 1,0 segundos mientras el convertidor esté parado.
 3. El convertidor está programado de fábrica para aplicaciones estándar asociado a motores estándar de cuatro polos de Siemens con la misma potencia nominal que el convertidor. Si se utilizan otros motores es necesario introducir sus especificaciones tomadas de la placa de características correspondiente. En la Figura 3-7 puede verse la forma de leer los datos del motor.
 4. No es posible cambiar los parámetros del motor hasta ajustar P0010 = 1.
 5. Se debe volver a poner P0010 a 0 para iniciar la marcha.
-

Operación básica con el panel BOP/AOP

Prerrequisitos

P0010 = 0 (a fin de iniciar correctamente la orden de marcha).

P0700 = 1 (habilita el botón Marcha/Parada en el panel BOP).

P1000 = 1 (habilita las consignas del potenciómetro motorizado).

1. Pulsar el botón verde para  poner en marcha el motor.
2. Pulsar el botón mientras  que gira el motor. La velocidad del motor sube a 50 Hz.
3. Cuando el convertidor alcanza 50 Hz, pulsar el botón . Con ello baja la velocidad del motor.
4. Cambiar el sentido de giro con el botón .
5. El botón rojo para el motor .

Búsqueda de averías con el panel BOP

Las alarmas y fallos se muestran en el BOP con Axxx o Fxxx. En el Apartado 6.3 están recogidos en una lista los distintos mensajes.

Si una vez dada la orden ON no arranca el motor:

- Comprobar que P0010 = 0.
- Comprobar que está presente una señal ON válida.
- Comprobar que P0700 = 2 (para control por entrada digital) o P0700 = 1 (para control desde panel BOP).
- Comprobar que esté presente la señal de consigna (0 a 10V en borne 3) o de que la consigna se haya introducido en el parámetro correcto, dependiendo de la fuente de consigna (P1000) ajustada. Véase Lista de parámetros para más detalles.

Si el motor falla y no arranca tras cambiar los parámetros, ajustar P0010 = 30 y luego P0970 = 1 y pulsar **P** para restablecer en el convertidor los valores por defecto ajustados en fábrica.

Seguidamente conectar un interruptor entre los bornes **5** y **8** en la placa de control. El accionamiento deberá girar ahora a la velocidad de consigna definida por la entrada analógica.

ATENCIÓN

Los datos del motor deben estar relacionados con los datos del convertidor de potencia y tensión

1.2 Puesta en servicio rápida (P0010=1)

Para la puesta en servicio rápida (P0010=1) se requieren los parámetros sig.

Puesta en servicio (P0010=1)

No	Nombre	Nivel de acceso	Cstat
P0100	Europa / Norte América	1	C
P0205	Aplicación del convertidor	3	C
P0300	Selección del tipo de motor	2	C
P0304	Tensión nominal del motor	1	C
P0305	Corriente nominal del motor	1	C
P0307	Potencia nominal del motor	1	C
P0308	CosPhi nominal del motor	2	C
P0309	Rendimiento nominal del motor	2	C
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	C
P0311	Velocidad nominal del motor	1	C
P0320	Corriente de magnetización del motor	3	CT
P0335	Ventilación del motor	2	CT
P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]	2	CUT
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1	CT
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	CT
P1080	Velocidad Mín.	1	CUT
P1082	Velocidad Máx.	1	CT
P1120	Tiempo de aceleración	1	CUT
P1121	Tiempo de deceleración	1	CUT
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	2	CUT
P1300	Modo de control	2	CT
P1500[3]	Selección consigna de par	2	CT
P1910	Cálculo de los parámetros del motor	2	CT
P3900	Fin de la puesta en servicio	1	C

Vista del
convertidor

Tamaño A

Tamaños B & C

Panel SDP
colocado



Conexiones
de potencia

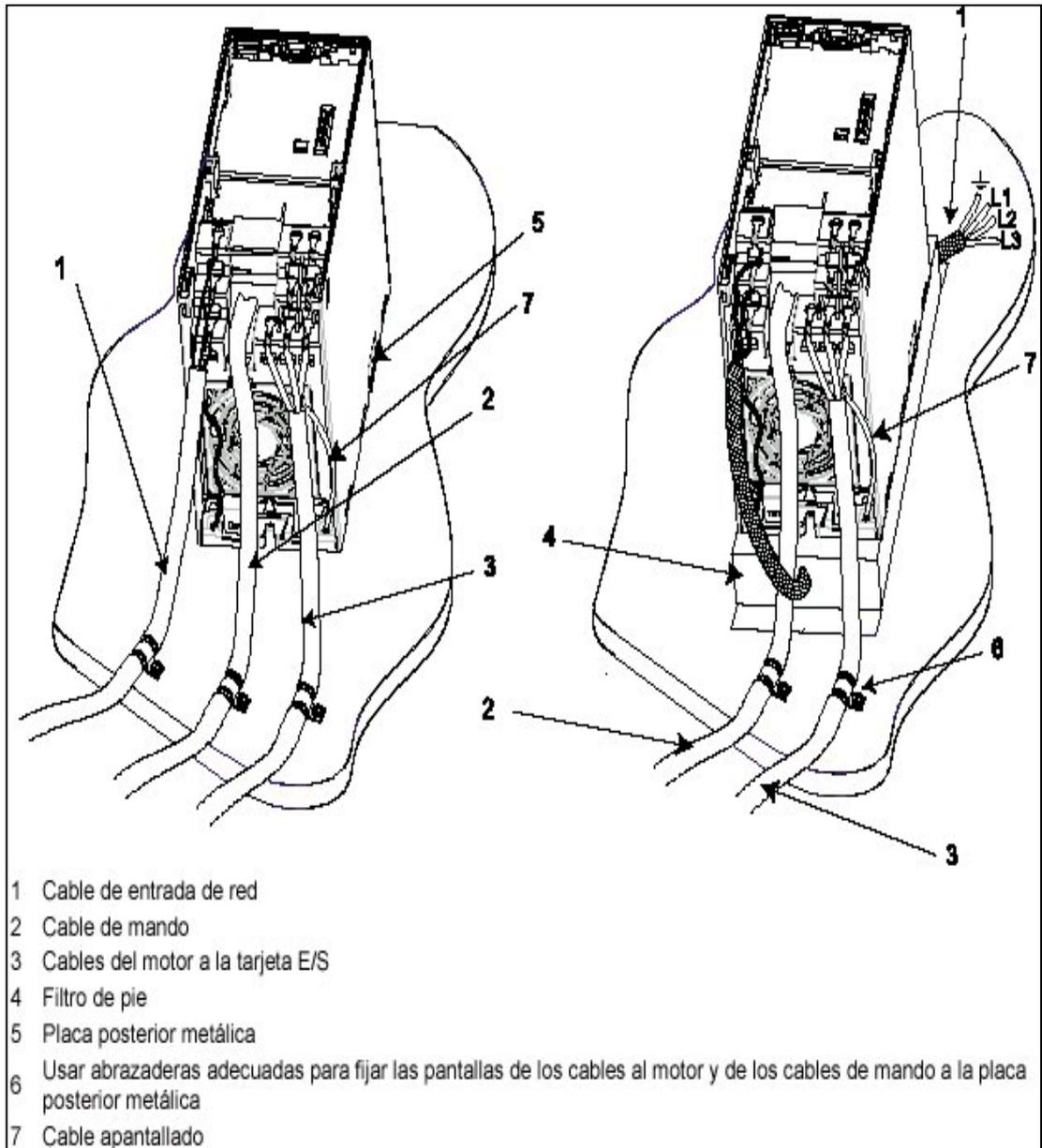


Bornes de
mando

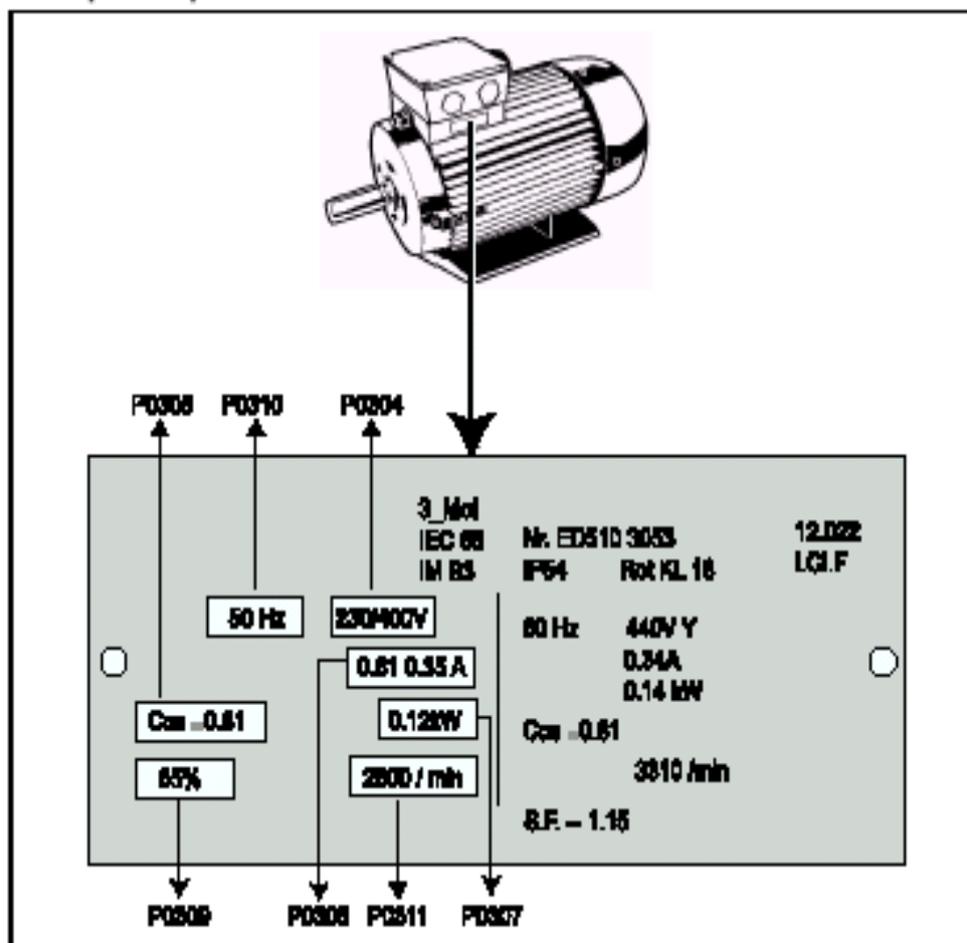


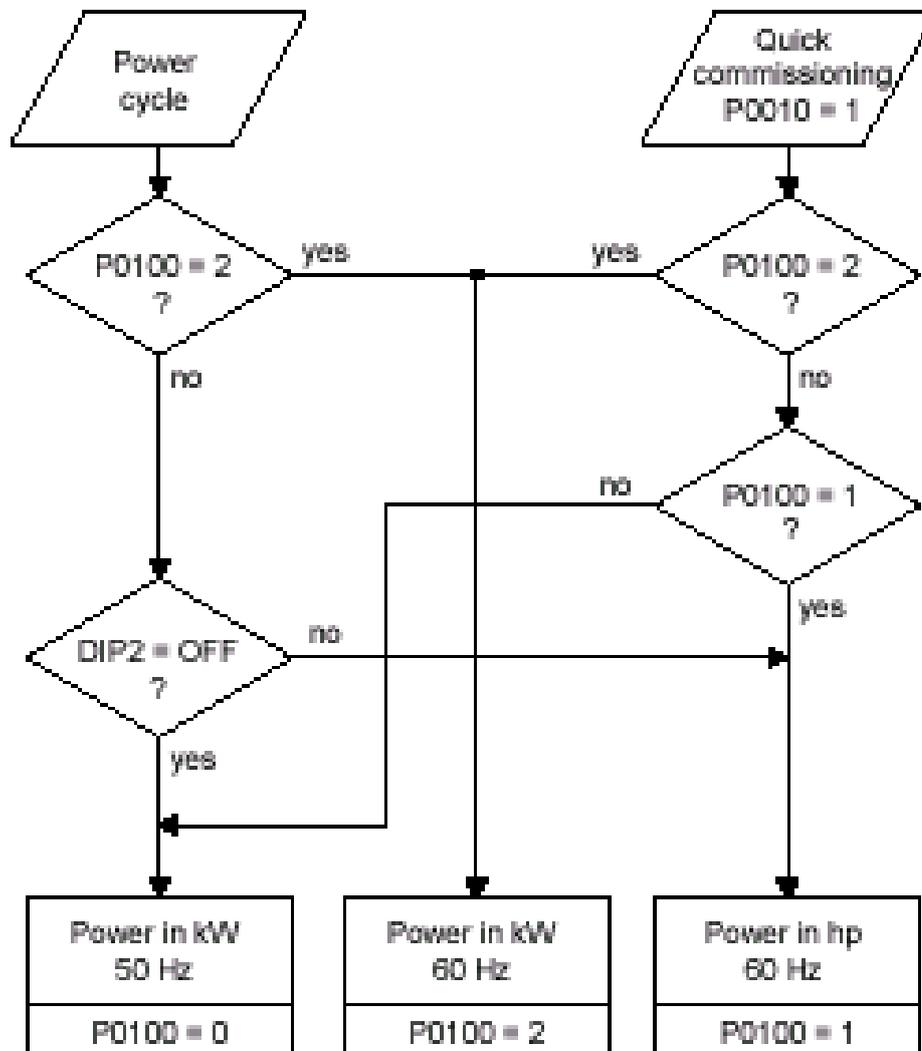
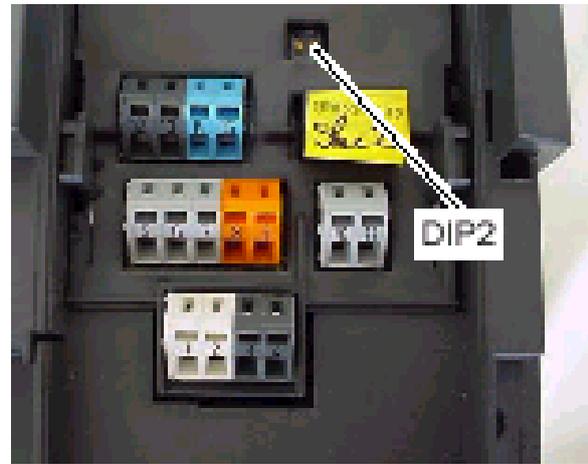
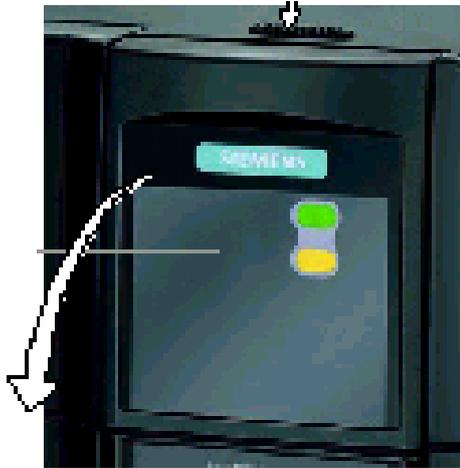
Acceso al
cond. "Y"



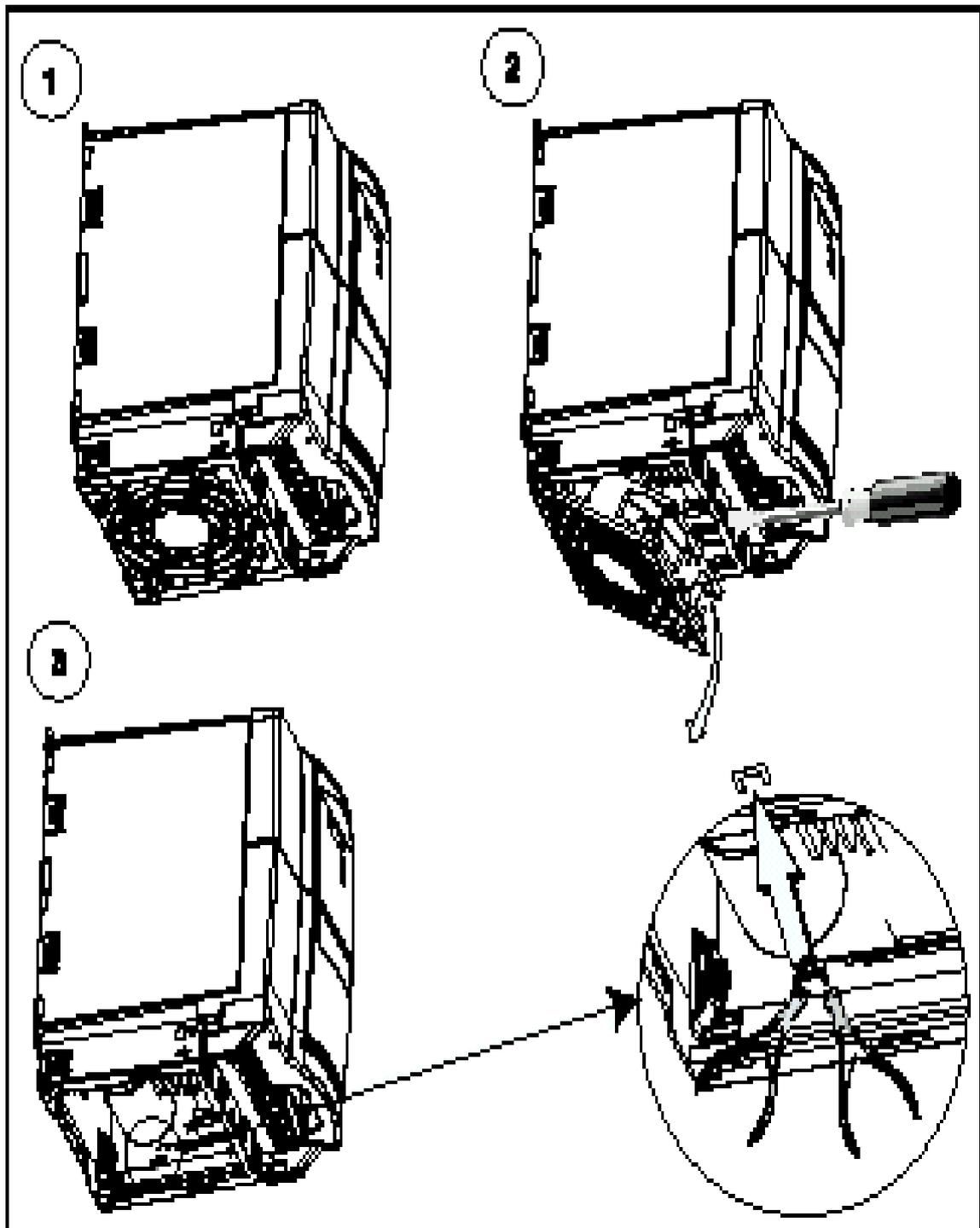


Datos del motor para la parametrización





Desactivar el condensador 'Y' en tamaños B y C



Connecting Power Terminals

**Leistungs-
anschlüsse**

**Connexions de
puissance**

Conectores de carga

Connessioni

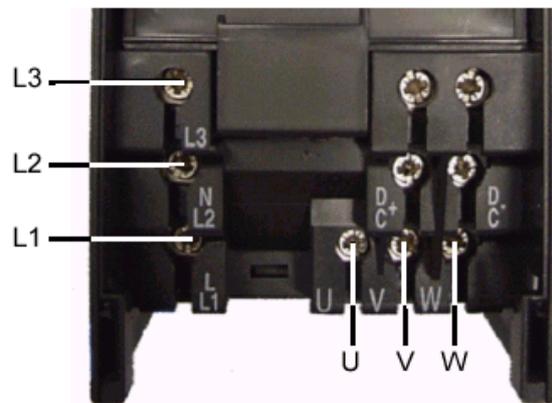
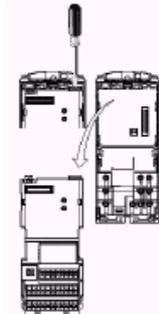
Inverter

Umrichter

Variateur

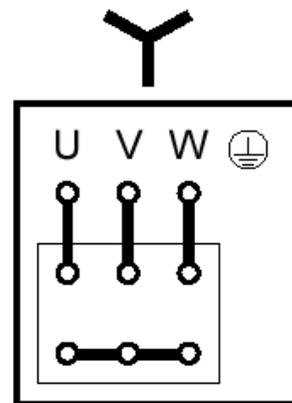
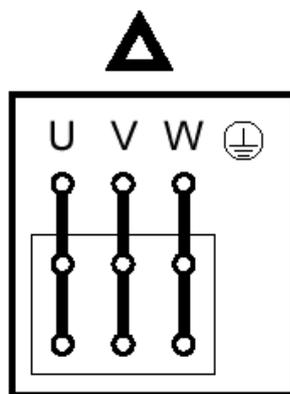
Convertidor

Inverter



Motor
Motor
moteur
motor
motore

PE = Ground

Latacunga, Febrero del 2004

Elaborado por:

Mauricio Raúl Garcés Núñez
CI: 180328200-1

Marcelo Guillermo Candelejo Gallegos
CI: 050226812-1

Ing. Juan Trajano Castro Clavijo
Director de Carrera de Ingeniería Automotriz

Dr. Washington Yandún Ávila
Secretario Académico de la ESPE - Latacunga

CONCLUSIONES

- El sistema de inyección diesel Cummins PT es muy sencillo en su construcción y cuenta con pocas piezas móviles lo que facilita su aprendizaje.
- Variando la presión y el tiempo de inyección se controla la velocidad y la potencia del motor.
- En la bomba de combustible Cummins PTG la presión máxima de combustible se controla por el gobernador.
- El gobernador es del tipo mecánico y va montado en el interior de la bomba principal.
- Este sistema esta provisto de una válvula de paro eléctrica, que se utiliza para cortar el flujo de combustible a los inyectores.
- La velocidad de corte de combustible es de 1800 rpm.
- La función del inyector es para el tiempo, medición, inyección y atomización del combustible.
- Se ha utilizado un motor eléctrico de 1700 rpm y 2 hp con un variador de velocidad, los cuales nos permiten simular correctamente el sistema de inyección Cummins PT.
- El entrenador se ha construido en su totalidad con elementos originales del sistema de inyección Cummins.
- En la actualidad los sistemas de inyección Cummins son electrónicos, lo que hace que sean más confiables y precisos.
- El mantenimiento de este sistema es de los más sencillos en comparación con los demás sistemas de inyección diesel.

RECOMENDACIONES

- Antes de emplear el simulador del sistema de inyección Cummins PT se deben seguir los pasos y tomar las precauciones mencionadas en el manual.
- Examinar la teoría del funcionamiento del sistema de inyección Cummins PT.
- Se debe utilizar las herramientas adecuadas para no causar deterioro al entrenador.
- No se debe producir fuego en el momento en que se estén realizando las prácticas.
- Constatar de que no existan fugas en el sistema de inyección de combustible.
- Realizar las prácticas con un número no mayor de tres estudiantes para mejorar el aprendizaje.
- El conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor al diámetro de los cables de alimentación.
- Situar el simulador en un lugar nivelado para que no existan errores en las mediciones de caudales.
- Todas las prácticas deben realizarse con la presencia de un instructor.
- Seguir el cuadro de mantenimiento del simulador.
- Investigar las nuevas innovaciones en los sistemas de inyección de combustible Cummins.

BIBLIOGRAFÍA

- DAGEL F. JHON, MOTORES DIESEL Y SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGUNDA EDICIÓN, TOMO II.
- MIRALLES DE IMPERIAL, JUAN - MOTORES DIESEL INYECCIÓN Y COMBUSTIBLE - ED. CEAC, BARCELONA.
- ED MAY, MECANICA PARA MOTORES DIESEL TEORÍA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN, TOMO II, MÉXICO 1938.
- DETROIT DIESEL GMC SERIE 53 - MANUAL DE TALLER (MANUALES DE SERVICIO).
- LÓPEZ - MANUAL DE ESPECIFICACIONES DIESEL.
- [www. Auto city. Com](http://www.Auto.city.Com) / documentos técnicos
- www.cummins.com
- http://www.uamerica.edu.co/motores/d1/pages/dies_pt.htm
- WWW.fleetguard.com
- <http://www.filtercouncil.org/techdata/tsbs/fmctsb.html>

ANEXOS

3.2.2.1 Poner en servicio con el panel BOP



Mediante el panel BOP se pueden modificar los valores de parámetros. Para parametrizar con el panel BOP se debe retirar el SDP y se debe colocar el BOP (véase Anexo A).

El panel BOP contiene una pantalla de siete segmentos en la que se muestran los números y valores de parámetros, mensajes de alarma y de fallo así como valores de consigna y valores reales. No es posible el almacenamiento de información de parámetros con el BOP.

La Tabla 3-2 muestra los ajustes por defecto realizados en fábrica para el funcionamiento vía el panel BOP.

ATENCIÓN

- ✦ Por defecto están bloqueadas las funciones de control del motor del BOP. Para controlar el motor mediante el panel BOP, se debe ajustar el parámetro P0700 a 1 y el parámetro P1000 a 1.
- ✦ El panel BOP se puede colocar y retirar del convertidor mientras se esté aplicando potencia.
- ✦ Si el panel BOP se ha ajustado como control E/S (P0700 = 1), el accionamiento se parará si se retira el panel BOP.

Tabla 3-2 Ajustes por defecto para manejo usando el panel BOP

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, kW (60Hz, hp)
P0307	Potencia del motor	Las unidades (kW o Hp) dependen del ajuste de P0100. [valor dependiente de la variante.]
P0310	Frecuencia del motor	50 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad del motor	1395 (1680) rpm [dependiendo de la variante]
P1062	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

Botones en el panel BOP

Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 = 1.
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada).
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.

	Funktionen	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Corriente de salida. (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (o - unidades en V). 5. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (3,4 ó 5), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.

3.3 Operación general

Para una descripción completa de los parámetros estándares y ampliados, consultar la Lista de parámetros.

ATENCIÓN

1. El convertidor no lleva ningún interruptor de alimentación, por lo que está bajo tensión en cuanto se conecta la alimentación de red. Espera, con la salida bloqueada, hasta que se pulse el botón 'Marcha' o la presencia de una señal digital ON en el borne 5 (giro a derechas).
 2. Si está colocado un panel BOP o AOP y la frecuencia de salida está seleccionada para su visualización (P0005 = 21), entonces se visualiza la correspondiente consigna aproximadamente cada 1,0 segundos mientras el convertidor esté parado.
 3. El convertidor está programado de fábrica para aplicaciones estándar asociado a motores estándar de cuatro polos de Siemens con la misma potencia nominal que el convertidor. Si se utilizan otros motores es necesario introducir sus especificaciones tomadas de la placa de características correspondiente. En la Figura 3-7 puede verse la forma de leer los datos del motor.
 4. No es posible cambiar los parámetros del motor hasta ajustar P0010 = 1.
 5. Se debe volver a poner P0010 a 0 para iniciar la marcha.
-

Operación básica con el panel BOP/AOP

Prerrequisitos

P0010 = 0 (a fin de iniciar correctamente la orden de marcha).

P0700 = 1 (habilita el botón Marcha/Parada en el panel BOP).

P1000 = 1 (habilita las consignas del potenciómetro motorizado).

1. Pulsar el botón verde para  poner en marcha el motor.
2. Pulsar el botón mientras  que gira el motor. La velocidad del motor sube a 50 Hz.
3. Cuando el convertidor alcanza 50 Hz, pulsar el botón . Con ello baja la velocidad del motor.
4. Cambiar el sentido de giro con el botón .
5. El botón rojo para el motor .

Búsqueda de averías con el panel BOP

Las alarmas y fallos se muestran en el BOP con Axxx o Fxxx. En el Apartado 6.3 están recogidos en una lista los distintos mensajes.

Si una vez dada la orden ON no arranca el motor:

- Comprobar que $P0010 = 0$.
- Comprobar que está presente una señal ON válida.
- Comprobar que $P0700 = 2$ (para control por entrada digital) o $P0700 = 1$ (para control desde panel BOP).
- Comprobar que esté presente la señal de consigna (0 a 10V en borne 3) o de que la consigna se haya introducido en el parámetro correcto, dependiendo de la fuente de consigna (P1000) ajustada. Véase Lista de parámetros para más detalles.

Si el motor falla y no arranca tras cambiar los parámetros, ajustar $P0010 = 30$ y luego $P0970 = 1$ y pulsar **P** para restablecer en el convertidor los valores por defecto ajustados en fábrica.

Seguidamente conectar un interruptor entre los bornes **5** y **8** en la placa de control. El accionamiento deberá girar ahora a la velocidad de consigna definida por la entrada analógica.

ATENCIÓN

Los datos del motor deben estar relacionados con los datos del convertidor de potencia y tensión

1.2 Puesta en servicio rápida (P0010=1)

Para la puesta en servicio rápida (P0010=1) se requieren los parámetros siguientes.

Puesta en servicio (P0010=1)

No	Nombre	Nivel de acceso	Cstat
P0100	Europa / Norte América	1	C
P0205	Aplicación del convertidor	3	C
P0300	Selección del tipo de motor	2	C
P0304	Tensión nominal del motor	1	C
P0305	Corriente nominal del motor	1	C
P0307	Potencia nominal del motor	1	C
P0308	CosPhi nominal del motor	2	C
P0309	Rendimiento nominal del motor	2	C
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	C
P0311	Velocidad nominal del motor	1	C
P0320	Corriente de magnetización del motor	3	CT
P0335	Ventilación del motor	2	CT
P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]	2	CUT
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1	CT
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	CT
P1080	Velocidad Mín.	1	CUT
P1082	Velocidad Máx.	1	CT
P1120	Tiempo de aceleración	1	CUT
P1121	Tiempo de deceleración	1	CUT
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	2	CUT
P1300	Modo de control	2	CT
P1500[3]	Selección consigna de par	2	CT
P1910	Cálculo de los parámetros del motor	2	CT
P3900	Fin de la puesta en servicio	1	C

Vista del
convertidor

Tamaño A

Tamaños B & C

Panel SDP
colocado



Conexiones
de potencia

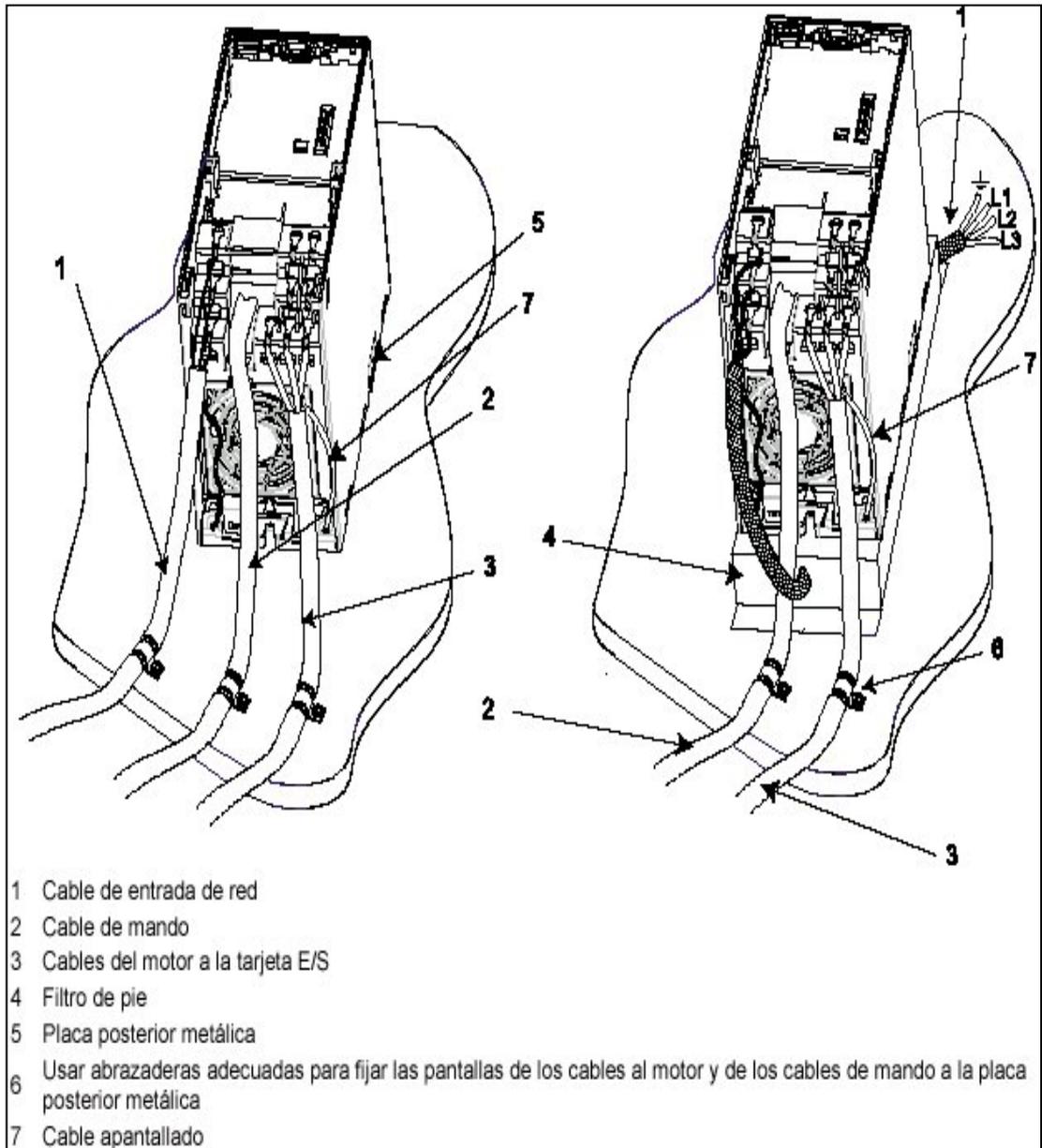


Bornes de
mando

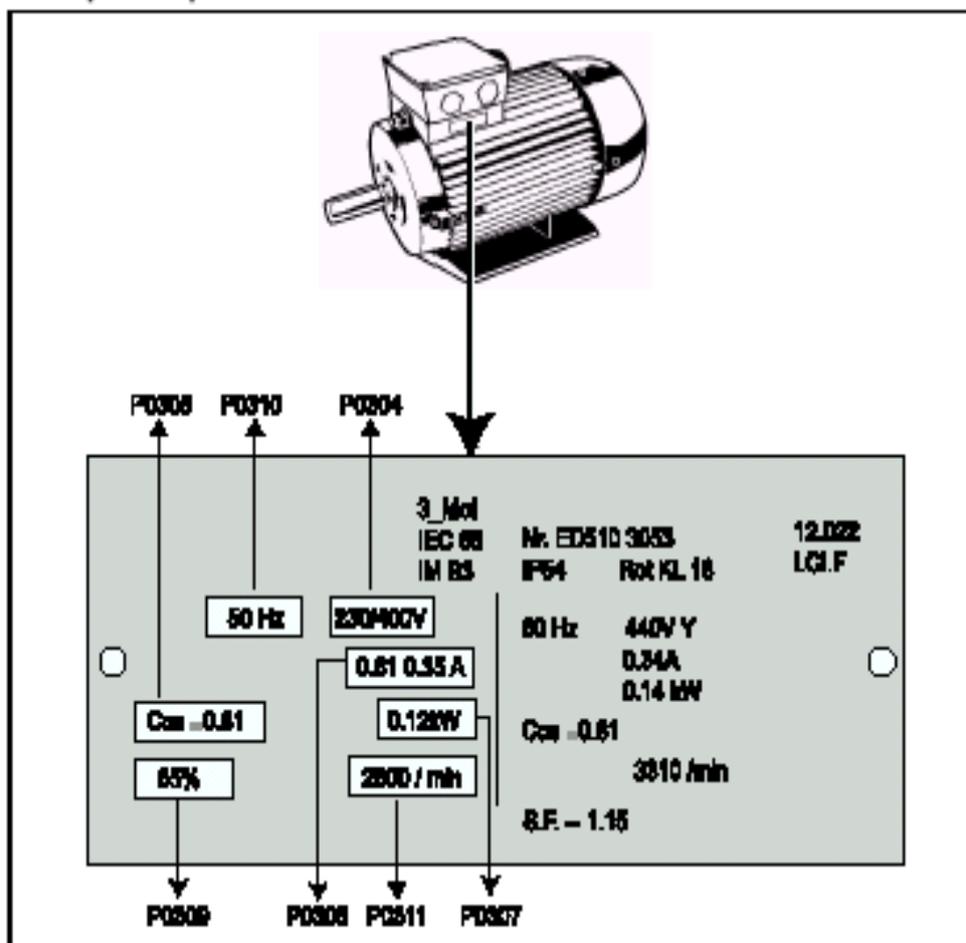


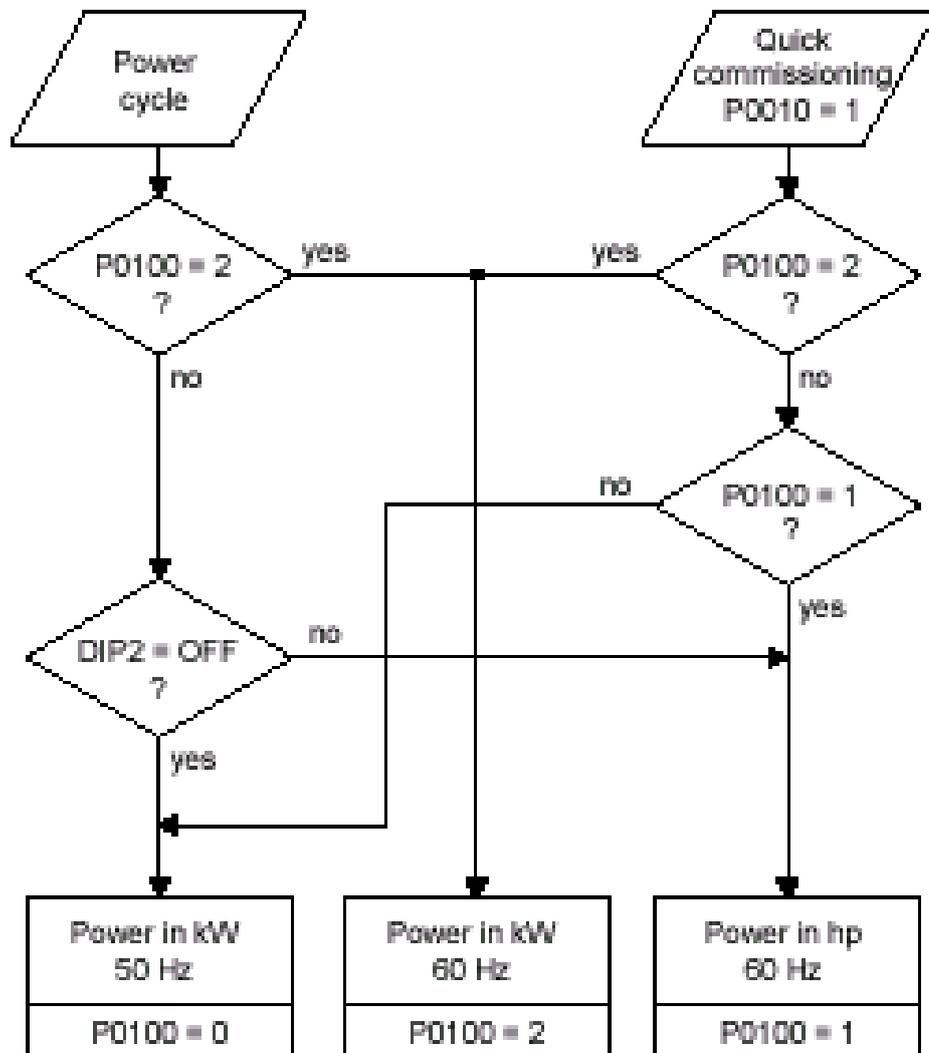
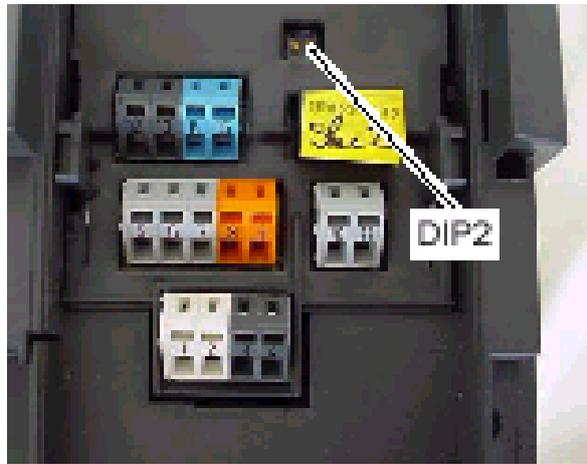
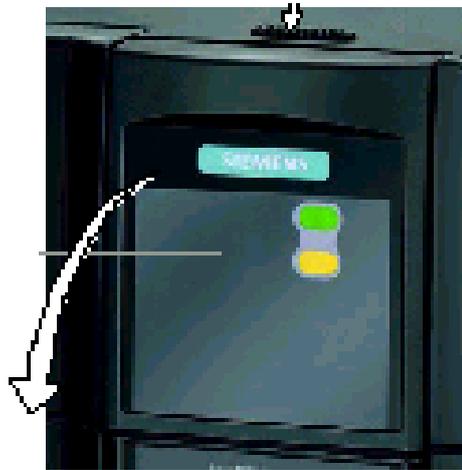
Acceso al
cond. "Y"



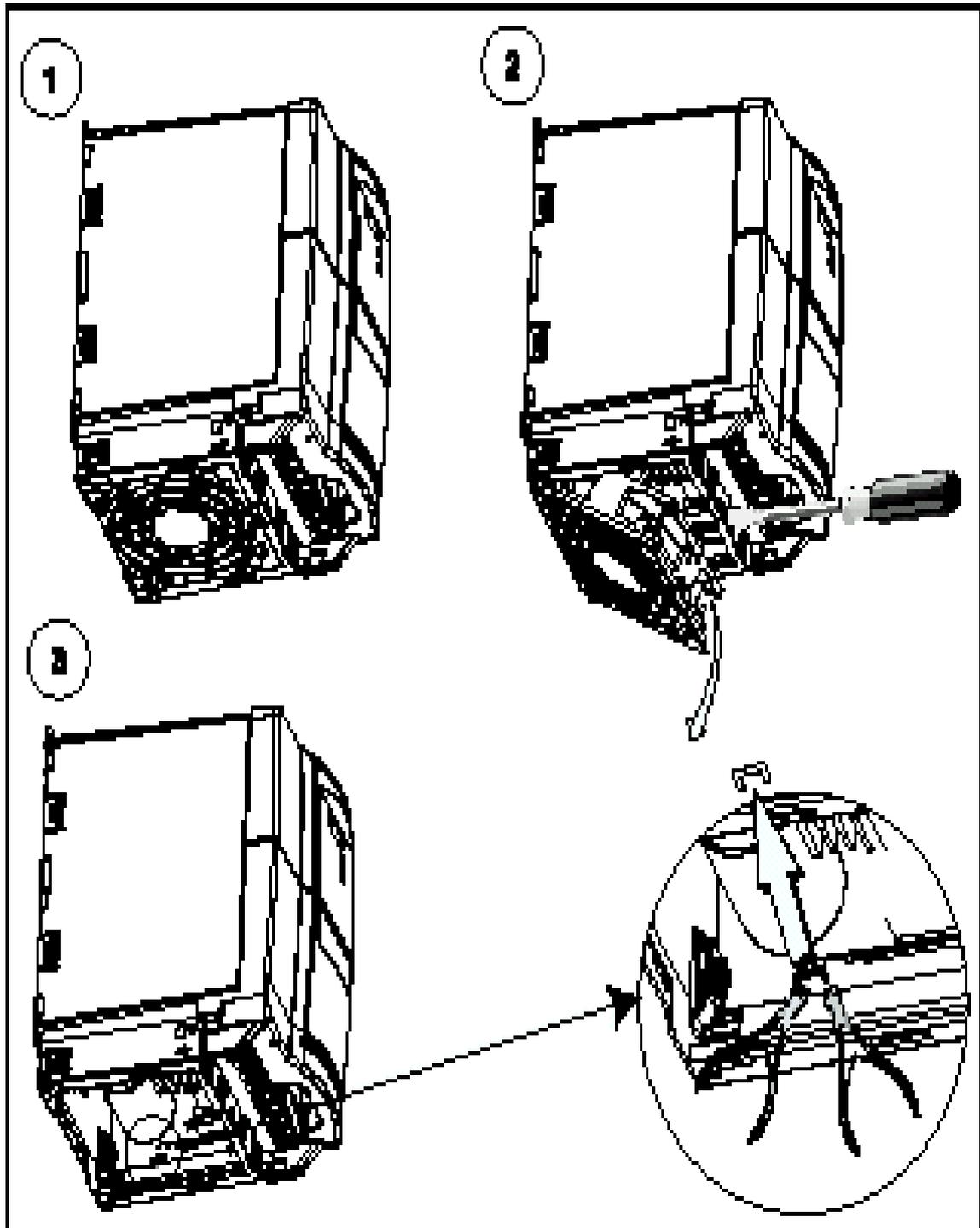


Datos del motor para la parametrización





Desactivar el condensador 'Y' en tamaños B y C



Connecting Power Terminals

**Leistungs-
anschlüsse**

**Connexions de
puissance**

Conectores de carga

Connessioni

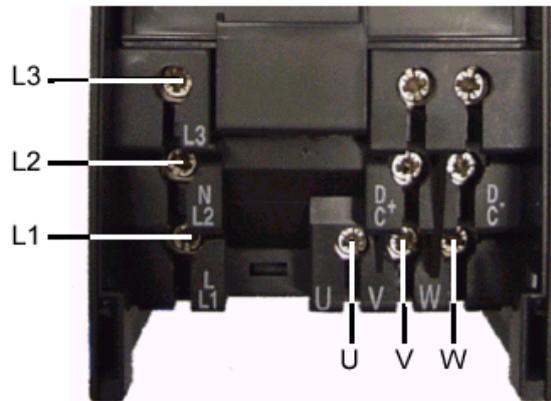
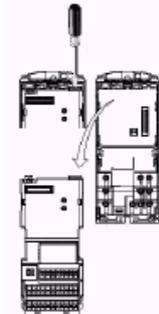
Inverter

Umrichter

Variateur

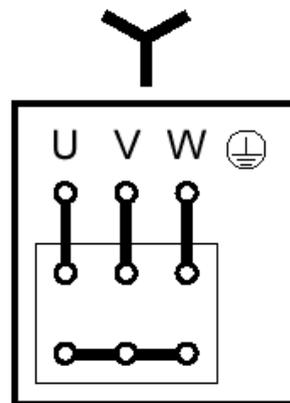
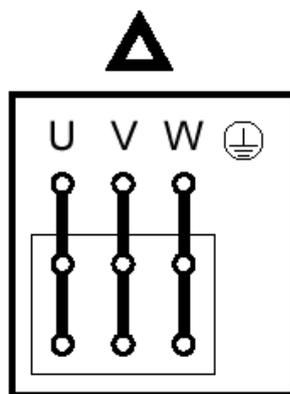
Convertidor

Inverter



Motor
Motor
moteur
motor
motore

PE = Ground

Latacunga, Febrero del 2004

Elaborado por:

Mauricio Raúl Garcés Núñez
CI: 180328200-1

Marcelo Guillermo Candelejo Gallegos
CI: 050226812-1

Ing. Juan Trajano Castro Clavijo
Director de Carrera de Ingeniería Automotriz

Dr. Washington Yandún Ávila
Secretario Académico de la ESPE - Latacunga

