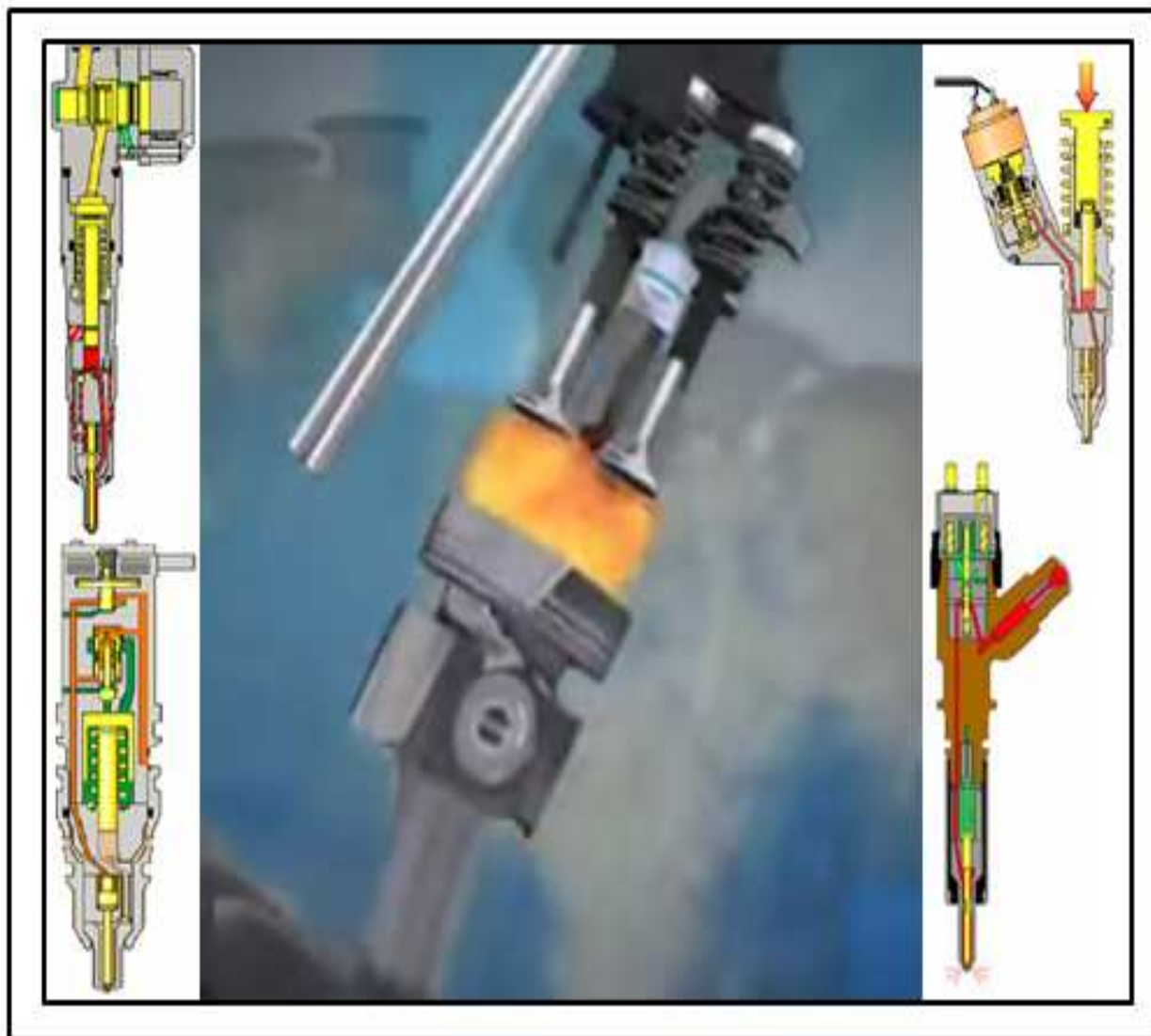




SISTEMAS DE INYECCIÓN MOTORES CICLO DIESEL

CONTENIDO	PAGINA
Generalidades.....	4
UNIDAD 1: Selección de Combustible Caterpillar, Control de Contaminación y Conservación.....	9
Lección 1: Selección de Combustible y Mantenimiento.....	10
Lección 2: Fundamentos de los Combustibles.....	29
UNIDAD 2: Calibración del Sistema de Combustible y Pruebas de los Inyectores.....	41
Lección 1: Demostración de Pruebas de Medidores.....	42
Lección 2: Práctica de la Prueba de Fluidos y Medidores.....	44
Lección 3: Introducción a los Inyectores y a las Tuberías de Combustible.....	46
Lección 4: Pruebas del Inyector de Combustible.....	64
UNIDAD 3: Reguladores y Sistemas de Combustible.....	95
Lección 1: Reguladores y Sistema de Combustible con Bomba Helicoidal de Modelos Anteriores.....	96
Lección 2: Control Hidráulico del Control de Relación Aire – Combustible.....	134
Lección 3: Sistema de Combustible de Dosificación con Manguito.....	182
Lección 4: Nuevo Sistema de Combustible con Bomba Helicoidal.....	183
Lección 5: Unidad de Avance de Sincronización de los Motores 3406B y 3406C.....	203
UNIDAD 4: Sistemas de Inyección Unitaria Mecánica de los Motores de 1,1 y 1,2 litros.....	212
Lección 1: Introducción a los Sistemas de Inyección Unitaria Mecánica (MUI) de los motores de 1,1 y 1,2 litros.....	213
Lección 2: Reguladores MUI.....	217
Lección 3: Sincronización de Inyectores.....	232

Lección 4: Ajustes de Inyección de Combustible.....	238
Lección 5: Sincronización de Inyección de Combustible.....	243
UNIDAD 5: Introducción a los Sistemas de combustible HEUI de los motores de 1,1 y 1,2 litros.....	251
Lección 1: Sistema de Combustible HEUI de los Motores de 1,1 y 1,2 Litros ...	252
UNIDAD 6: Sistemas de Combustible EUI.....	299
Lección 1: Sistemas de Combustible EUI.....	300
UNIDAD 7: Sistemas de Combustible de los Motores 3054/3056, Nippondenso y Zexel.....	309
Lección 1: Sistemas de Combustible de los Motores 3054 y 3056.....	310
Lección 2: Sistemas de Combustible Nippondenso y Zexe.....	342
UNIDAD 8: Sistema de Inyección Common Rail.	359

GENERALIDADES

Este curso presenta al estudiante los diferentes sistemas de combustible usados en los motores Caterpillar. El estudiante aprenderá a seleccionar el combustible, y se familiarizará con los procedimientos de calibración y pruebas de los inyectores, así como con la operación del regulador y de los controles hidráulicos de la relación de combustible. Se estudiarán los sistemas de combustible de Inyección Unitaria Mecánica (MUI), la Inyección Unitaria Electrónica de Accionamiento Hidráulico (HEUI) de los motores de 1,1 y 1,2 litros, la Inyección Unitaria Electrónica (EUI), el Zexel y el Nippondenso.

El programa del curso se desarrolló para usarse con los materiales de referencia y las herramientas indicadas en las páginas siguientes.

Desarrollo del Curso

Descripción

1. Curso acerca de los sistemas de combustible de las máquinas
2. Número de curso _____
3. Requisitos: Ninguno
4. Crédito: Tres horas semestrales

Métodos de presentación

1. Conferencia y debate
2. Demostraciones
3. Ejercicios de práctica de respaldo y hojas de trabajo de las prácticas

Evaluación sugerida para los logros del estudiante

1. Exámenes de la unidad _____%
2. Hojas de trabajo de la práctica _____%
3. Examen final _____%
4. Participación en clase y en las prácticas _____%

Objetivos

1. Al terminar este curso, el estudiante tendrá un conocimiento amplio de los Sistemas de Combustible Caterpillar, que le ayudará en su trabajo diario.
2. Usando las publicaciones de servicio y las herramientas adecuadas, el estudiante podrá identificar los componentes específicos de cada tipo de sistema de combustible, explicar su operación y realizar los procedimientos de pruebas y ajustes, como se indican en este curso.

Material de Referencia

Los materiales de referencia de la lista de abajo deben pedirse antes del inicio del curso. Otros materiales de referencia pueden usarse si el instructor lo considera conveniente.

Publicaciones de servicio:

- Juego de prueba de fluido de calibración 9U7840 NEHS0607.
- El combustible diésel y su motor SSBD0717.
- Tarjeta de fluido de calibración NEEG2656.
- Sistema de combustible de dosificación de manguito (CD ROM) LERV9802.
- Operación, pruebas y ajustes de los sistemas de los motores 3114, 3116 y 3126 SSNR3583.
- Manual de Servicio de los reguladores de los motores 3114, 3116 y 3126 SSNR6454.
- Especificaciones de par SSNR3130.
- Uso del grupo de herramientas 128-8822 en los motores 3114, 3116 y 3126 NSHS0610.
- Uso del probador de inyectores 5P4150 y del juego 8S2245 SSHS7292.
- Secuencia de pruebas de las boquillas de combustible de la Serie 7000 Caterpillar SEHS9083.
- Pruebas de las boquillas de combustible (video) LEVN9167.
- Sistema de combustible EUI (CD ROM) RENR1391.
- Sistema de combustible Stanadyne DB2 SSNR6574.
- Sistema de combustible Stanadyne DB4 SSNR6575.
- Tabla de conversión de presión SEES5677.
- Manual de mantenimiento FIETS NEHS0631.
- Análisis de fallas de tuberías e inyectores de combustible SSBD0639.
- Uso del grupo de herramientas de reemplazo de manguito 143-2099 NSHS0675.
- Uso del grupo de herramientas de reemplazo de manguito 127-3458 SSHS9120.
- Uso del grupo de herramientas de asiento del inyector 173-1530 NEHS0738.

- Uso del grupo de herramientas de ajuste del regulador 6V6070 SSHS8024.
- Dispositivo de extracción FT1820.
- Herramienta de extracción FT1906.
- Referencia de rendimiento del motor (GMG00977) LEXT1044.

Herramientas

Las siguientes herramientas se usan en las prácticas de taller y en los ejercicios de este curso.

- 6V6070 Grupo de herramientas de ajuste del regulador.
- 6V9128 (9S0240) Grupo de herramientas de posición de la cremallera.
- 6V6106 Indicador de esfera.
- 9S8903 Punto de contacto (bisel de cara plana).
- 3P1565 Abrazadera.
- 9S7350 Grupo de soportes.
- 8T0500 Probador de circuitos.
- FT1820 Dispositivo, Pruebas y ajustes del control de la relación de aire-combustible.
- 1U9088 (1U7315) Grupo de herramientas.
- 1D4556 Perno.
- 1U8815 Punto de contacto.
- 143-2099 (127-3458) Grupo de herramientas de reemplazo del manguito.
- 173-1530 Grupo de herramientas de asiento del inyector.
- 223-2454 (128-8822), (9U7305), (1U6680) Grupo de herramientas.
- 5P4150 Grupo de pruebas de inyector.
- 9U7411 Fluido de calibrado.
- 6V2196 Microscopio.
- 5P8558 Grupo de calibración de presión.
- 1U5230 Bomba manual.
- 8T1000 Grupo indicador de posición electrónico.
- 9U6615 (1P3536) Dispositivo de ajuste de orificio de disco.
- 6V0006 Pinzas.
- 5S8086 Pasador de contacto.
- 125-2580 Grupo de herramientas.
- 135-5973 (125-2583) Dispositivo de sujeción.
- 9X1484 Juego de servicio.
- 9U7840 Juego de pruebas de fluidos de calibración.
- FT1906 Grupo de herramientas, juego de pruebas de control de la relación de aire-combustible.
- Manómetros.
- Medidores de llenado de fluido.
- Muestras de fluido.
- Indicadores de esfera.

- Motor 3116 ó 3126 MUI.
- Motor 3116 ó 3126 HEUI.
- Caja de herramientas del mecánico.
- **NOTA: () Indica un número de versión de herramienta más reciente.**

UNIDAD I: Selección, Control de Contaminación y Conservación de Combustible Caterpillar**Introducción**

Esta unidad presenta las características, las diferencias, los procedimientos de mantenimiento y la calibración de los sistemas de combustible Caterpillar.

Objetivos

Al terminar esta unidad, el estudiante podrá explicar las diferencias en las características de los combustibles, seleccionar los combustibles apropiados con base en las normas Caterpillar y seguir los procedimientos correctos de mantenimiento del sistema de combustible.

Material de referencia

El combustible diésel y su motor SSBD0717
9U7840 Juego de prueba del fluido de calibración NEHS0607

Herramientas

9U7840 Juego de prueba del fluido de calibración

Lección 1: Selección de Combustible y Mantenimiento

Introducción

Esta lección presenta las técnicas que se deben seguir para seleccionar el combustible apropiado, y las prácticas de mantenimiento de los sistemas de combustible Caterpillar.

Objetivos

Al completar esta lección, el estudiante podrá explicar las diferencias de las características del combustible, seleccionar los combustibles apropiados con base en las normas Caterpillar y explicar los procedimientos correctos de mantenimiento del sistema de combustible.

Material de referencia

Ninguna

Herramientas

Ninguna.

INTRODUCCIÓN

Esta lección presenta las características del combustible y cómo afectan el rendimiento del motor diésel. La mayoría de las personas piensa que todos los combustibles son iguales y que éstos no afectan el rendimiento del motor. Es una equivocación. Veremos algunas de las diferencias encontradas en los diferentes combustibles.

Calidad del Combustible

- **Escoja el mejor combustible disponible**
- **La calidad del combustible es crucial en la vida del motor**
- **La mezcla de combustible puede ser distinta en cada llenado**

Caterpillar quiere que sus clientes obtengan la máxima vida útil de servicio de sus motores y un mínimo de tiempo muerto del equipo.

La selección del mejor combustible disponible es la manera de asegurar un buen rendimiento continuo del motor. La calidad del combustible es el factor más importante en la vida útil y en el rendimiento del motor. Aunque el combustible diésel parece siempre el mismo, su composición puede ser ligeramente diferente en cada llenado. Por tanto, cada vez que añadimos combustible al motor, se puede tener un rendimiento diferente.

Combustibles Destilados

- **Combustible diesel**
- **Fuel oil**
- **Aceite de horno**
- **Gasóleo**
- **Keroseno**

En los motores Caterpillar se puede utilizar una amplia gama de combustibles. Los tipos de combustibles preferidos en los motores Caterpillar son los destilados. Los combustibles destilados son: combustible diésel (números 1 ó 2), fuel oil, aceite de horno, gasóleo o keroseno.

La experiencia ha mostrado que el uso de combustibles destilados resulta en una vida útil y rendimientos máximos y mayor duración del motor. Los combustibles destilados contienen menores cantidades de agua, azufre y sedimentos que los llamados “combustibles permitidos”.

Especificaciones de Combustibles Preferidos.

Requerimiento	Número 2	Azufre bajo
No. de cetano (PC)	35 mín.	35 mín.
No. de cetano (DI)	40 mín.	40 mín.
Agua y sedimento	0,05% máx.	0,05% máx.
API - mínimo	30	30
API - máximo	45	45
Azufre	0,5%	0,05%
Punto de fluidez: 10°C (10°F) menor que la temperatura ambiente		
Punto de enturbiamiento: No mayor que la temperatura ambiente		

La figura muestra las especificaciones Caterpillar de los combustibles preferidos. Éstos se dividen en dos grupos: combustibles número 2 (combustible estándar) y combustibles de azufre bajo. Debe notarse, en la tabla de la figura 1.1.4, que estos grupos sólo se diferencian por el contenido de azufre.

Cada tipo de combustible preferido (combustible diesel, fuel oil, aceite de horno o gasóleo) se incluye dentro de una de estas categorías, según su contenido de azufre.

El combustible estándar se usa en los Estados Unidos y en el Canadá en los equipos de obras, equipos pesados, motores comerciales y aplicaciones marinas comerciales. Para facilitar la identificación de este combustible, los gobiernos exigen que se añada un colorante.

El combustible de azufre bajo se usa en los Estados Unidos y en el Canadá en camiones de carretera y en aplicaciones marinas para embarcaciones de recreación. A este combustible no se le añaden colorantes. Este combustible es casi transparente, con un ligero tono amarillo verdoso.

Los nuevos combustibles están disponibles a medida que los estándares de emisión se vuelven más estrictos. El desarrollo que sigue será el de combustibles diésel con 0,0015% máximo de azufre (15 partes por millón). Estos combustibles se exigirán en usos comerciales en 2007. En el momento se están usando en vehículos con emisiones ultra bajas.

Petróleo Crudo

- **Petróleo crudo**
- **Combustibles mezclados**

Se permite el uso de petróleo crudo y combustibles mezclados en algunos motores Caterpillar, pero se requiere un sistema de combustible especial para tolerar algunas de sus características.

El petróleo crudo es aceite o combustible sin refinar. Básicamente, es el petróleo que se extrae del pozo.

Los combustibles mezclados, algunas veces llamados pesados o residuales, se componen de elementos remanentes del petróleo crudo que ha sido refinado en combustible diésel o gasolina. Estos elementos pueden combinarse o diluirse con combustibles livianos para bajar su viscosidad. Si la viscosidad es muy alta, estos combustibles necesitan calentarse o centrifugarse para poder usarlos en el motor.

Si se usa petróleo crudo o combustible pesado, habrá una reducción de la vida útil del motor. Además, pueden requerirse procedimientos adicionales de servicio.

Especificaciones de Combustibles Permitidos.

Requerimiento	Petróleos crudos	Azufre bajo
No. de cetano (PC)	35 mín.	35 mín.
No. de cetano (DI)	40 mín.	40 mín.
Agua y sedimento	0,5% máx.	0,5% máx.
API - mínimo	30	30
API - máximo	45	45
Azufre	0,5%	5,0%
Punto de fluidez: 10°C (10°F) menor que la temperatura ambiente		
Punto de enturbiamiento: No mayor que la temperatura ambiente		

La figura muestra las especificaciones de Caterpillar de los combustibles permitidos. Los combustibles permitidos se dividen en dos grupos: petróleo crudo y combustibles pesados. Las diferencias entre los combustibles permitidos y los combustibles

preferidos son la alta concentración de agua y sedimentos de los combustibles permitidos.

Como los combustibles permitidos contienen mayor cantidad de agua, sedimentos y trazas de metales, son necesarios un seguimiento y una evaluación de los intervalos de cambio de aceite, además del uso de filtración extra para eliminar los sólidos y/o la instalación de calentadores de combustible y centrífugas para lograr que fluya el combustible.

En la tabla, note también la diferencia del porcentaje de azufre entre el petróleo crudo y el combustible pesado.

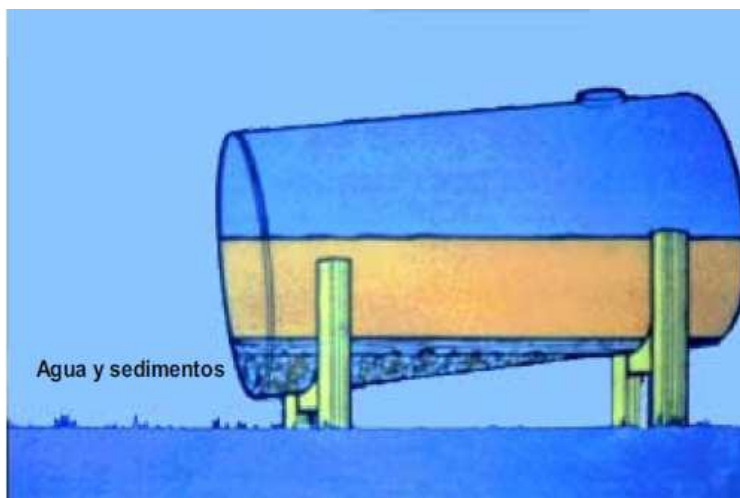
Grado de limpieza del combustible



Aunque las normas de los Estados Unidos y de Caterpillar para el grado de limpieza del combustible son iguales, no significa que todos los combustibles cumplan con estas normas.

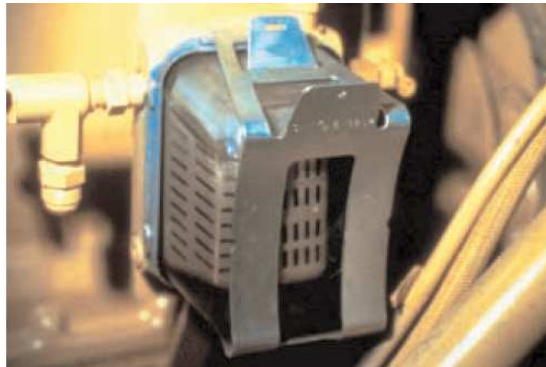
El agua y el sedimento pueden entrar al combustible en cualquier lugar entre el pozo de petróleo y el tanque de combustible del motor. Esta contaminación puede suceder aun después de que el combustible está en el tanque. Por ejemplo, en un vehículo estacionado toda la noche con nivel bajo de combustible, la humedad del aire atrapado en la parte superior del tanque de combustible se condensa en gotas de agua, las cuales caen al combustible y lo contaminan.

Contaminantes.

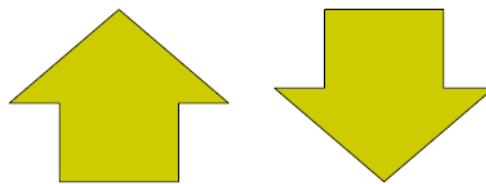


El petróleo crudo, el combustible pesado y aun los combustibles destilados pueden contener cantidades excesivas de agua y sedimentos que requieren un tratamiento previo antes de que el combustible pase al sistema de inyección.

Algunos de estos contaminantes pueden eliminarse usando tanques que permitan retirar los sedimentos. El tanque de almacenamiento de combustible debe construirse en desnivel, para que el agua y los contaminantes sólidos se asienten. Los contaminantes pueden entonces drenarse periódicamente. Tenga cuidado cuando elimine el material de drenaje, ya que en algunas áreas éste se considera residuo peligroso y debe tratarse como tal. El agua de los tanques de almacenamiento de combustible puede también dar lugar al crecimiento de bacterias que taponan los filtros de combustible y reducen la potencia del motor. Los tanques de combustible deben revisarse en busca de crecimiento de bacterias. Existen aditivos solubles en agua y en combustible que pueden adicionarse a los tanques de almacenamiento para el control de las bacterias.

Separador de agua.

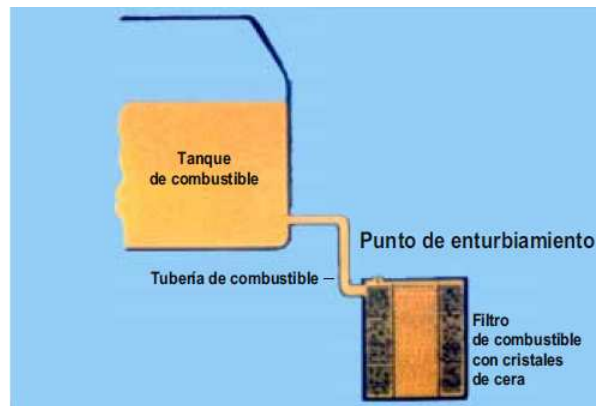
En la mayoría de los casos, el agua presente en el combustible puede eliminarse mediante un separador de agua. En aplicaciones de servicio pesado, puede usarse un separador de agua de gran capacidad. Un separador de agua es valioso únicamente si existe un buen mantenimiento. El agua debe drenarse antes de alcanzar la capacidad de la unidad, o toda el agua adicional pasará a través del separador.

Número de Cetano.**Capacidad de arranque y rendimiento**

El cetano es un compuesto químico que se encuentra en forma natural en el combustible. El número de cetano (cantidad de cetano) es una medida de la calidad del encendido de un combustible. La capacidad de arranque del motor y la aceleración con carga son especialmente sensibles al valor de cetano del combustible. A valores más altos de cetano se asegura un fácil arranque en la mayoría de las condiciones del motor. Los combustibles deben tener como mínimo un número de cetano de 35 para los motores con cámaras de precombustión, y como mínimo de 40 para motores de inyección directa. El combustible con nivel bajo de cetano (por debajo del mínimo) puede ocasionar arranque difícil, exceso de humo blanco en funcionamiento en frío y bajo rendimiento del motor.

Generalmente, un aumento en el número de cetano bajará la temperatura a la cual el motor puede arrancar aproximadamente 6,7° C a 8,3° C (12° F a 15° F).

Punto de Enturbiamiento.



En temperaturas bajas, el combustible puede contener partículas sólidas de cera que pueden taponar los filtros rápidamente. El punto de enturbiamiento de un combustible es la temperatura a la cual parte de los componentes de parafina pesados (ceras) comienzan a formar cristales. Éste es un proceso natural que sucede si se llega a la temperatura de fusión del combustible. Estos cristales de cera le dan al combustible una apariencia lechosa. Esta cera no es contaminante.

La cera es un elemento importante del combustible diésel, que posee un alto contenido de energía y un valor muy alto de cetano. El punto de enturbiamiento del combustible es importante, ya que los cristales de cera pueden taponar el filtro de combustible. Si el punto de enturbiamiento del combustible es menor que la temperatura ambiente más baja a la cual el motor se espera que arranque y opere, no habrá problema por taponamiento de filtros, ya que no habrá formación de ceras en el combustible.

Punto de Fluidez.



El punto de fluidez de un combustible es la indicación de la temperatura mínima a la cual puede fluir. A la temperatura del punto de fluidez, la cantidad de cristales de cera aumenta hasta un punto en que comienzan a fundirse. Esto puede restringir el flujo de

combustible del tanque a la bomba de transferencia del motor y, si el combustible está en la tubería entre el tanque y la bomba, podría pasar a la bomba de transferencia. El punto de fluidez del combustible es aproximadamente -12°C (10°F) menor que el punto de enturbiamiento.

El punto de fluidez puede disminuirse con mejoradores de flujo o añadiendo gasóleo o un combustible diésel más liviano. Los calentadores de combustible generalmente no pueden solucionar los problemas relacionados con temperaturas altas del punto de fluidez, ya que los calentadores de combustible comúnmente usan el refrigerante del motor como fuente de calor.

Calentadores de Combustible.



Un calentador de combustible mantendrá la cera disuelta y permitirá que el combustible fluya a través de los filtros. Hay varios tipos de calentadores de combustible disponibles en los motores Caterpillar y son optativos de fábrica. Los calentadores de combustible pueden instalarse entre la base de filtro del combustible y el filtro de rosca o entre el tanque de combustible y el filtro del combustible. En la mayoría de los calentadores se usa el refrigerante del motor para calentar el combustible y evitar que se formen cristales de hielo o cera en el filtro. Los calentadores de combustible deben usarse solamente si es necesario, ya que un aumento de la temperatura del combustible disminuye el rendimiento del motor. Hay una pérdida aproximada de 1% de potencia por cada 6°C (10°F) de aumento de la temperatura del combustible. Los calentadores de combustible no deben usarse si la temperatura ambiente es mayor que 15°C (60°F).

La temperatura del combustible a la salida del calentador de combustible no debe ser mayor que 74°C (165°F).

Algunos motores electrónicos ajustan la entrega de combustible de acuerdo con la temperatura de éste. Los calentadores de combustible usados en motores electrónicos deben tener control de temperatura.

Práctica de Seguridad.



Para bajar las temperaturas del punto de enturbiamiento y del punto de fluidez de los combustibles, algunos usuarios mezclan el combustible diésel con gasolina o nafta. Por razón de los riesgos de seguridad que esto implica, Caterpillar no recomienda estas mezclas. Las prácticas de seguridad que se siguen con el combustible diésel sin mezclar no serán adecuadas cuando se realizan estas mezclas. En un tanque de combustible, el vapor de combustible sin mezclar es leve, y no será un peligro a temperatura ambiente normal. La gasolina es muy rica en vapores, y cuando el combustible diésel se mezcla con gasolina o nafta, la relación de vapor de combustible a aire puede ser explosiva. Caterpillar recomienda los otros métodos ya vistos para disminuir las temperaturas del punto de enturbiamiento o el punto de fluidez del combustible.

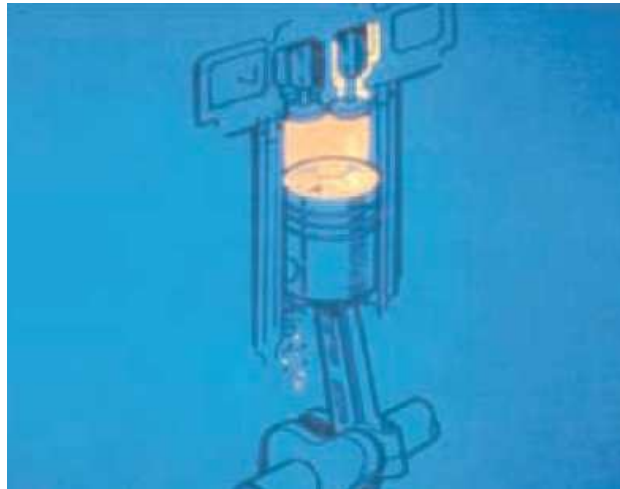
Ajuste del Punto de Enturbiamiento y de Fluidez.



Algunos usuarios también usan alcohol para ajustar los puntos de enturbiamiento y/o el punto de fluidez. El alcohol, ya sea metanol o etanol, tiene un número bajo de cetano y características de lubricación inferiores.

Los números de cetano del metanol y del etanol son similares en la gama de 0 a 10. Esto significa que el alcohol puro no tiene buenas características de encendido cuando se usa en un motor diésel, y debe mezclarse con grandes cantidades de aditivos mejoradores de cetano, que son costosos. También, en los sistemas de inyección de combustible actuales, el combustible diésel lubrica parte de los componentes del sistema de inyección, y la mezcla con alcohol reducirá sus propiedades de lubricación.

Contenido de Azufre.



Los motores diésel Caterpillar tienen un “enemigo silencioso” dentro del combustible diésel: el azufre. Se llama “enemigo silencioso” porque el contenido de azufre no afecta directamente el rendimiento del motor. Éste tampoco tiene un efecto en la capacidad de arranque del motor ni en la potencia.

El contenido de azufre se convierte en un contaminante dañino solamente después de que se ha quemado el combustible. Durante el proceso de combustión, se forman dióxido de azufre (SO_2) y trióxido de azufre (SO_3). Estos óxidos de azufre se combinan con el vapor de agua formado durante la combustión, para producir ácido sulfúrico. Este ácido produce un desgaste corrosivo en los motores y aumenta el riesgo de falla prematura del motor.

Especificación del Contenido de Azufre

Especificación de la prueba	Combustible	Contenido de azufre
ASTM D129	Combustible estándar	0,5%
ASTM D2622	Combustible de azufre bajo	0,05%

En los Estados Unidos, los combustibles que cumplen con las especificaciones de las normas ASTM 1-D y 2-D no deben contener valores mayores de 0,5% por peso de azufre.

Los combustibles de azufre bajo que cumplen con las especificaciones de las normas ASTM 1-D y 2-D no deben contener valores mayores de 0,05% por peso de azufre.

Ya está disponible una nueva especificación de combustible, que sólo contiene 0,0015% de azufre por peso. En 2007, se exigirá en los motores de carretera.

No todos los combustibles cumplen con esta especificación. De hecho, combustibles con contenidos de azufre mayores que 0,5% se encuentran regularmente en estaciones de combustible de campo.

Los motores Caterpillar pueden quemar estos combustibles de azufre alto. Sin embargo, para usar combustibles con contenidos de azufre mayores que 0,5% se deben tomar precauciones adicionales para proteger el motor del desgaste corrosivo.

Selección del Combustible.**AL COMPRAR COMBUSTIBLE
ASEGÚRESE DE QUE:**

- Cumple con las especificaciones de Caterpillar
- No tiene contaminantes

Un combustible limpio cumple con las especificaciones que Caterpillar recomienda para obtener una vida de servicio y rendimiento máximos del motor. Los combustibles contaminados y los que no cumplen con las especificaciones mínimas de Caterpillar afectarán adversamente el rendimiento y la vida útil del motor. Ésta es una

consideración que tiene que ver con costos, cuando se selecciona el tipo de combustible para su motor Caterpillar.

Control de Contaminación.



Filtro del Sistema de Combustible

Este villano invisible puede robarse la potencia de su motor, acelerar el desgaste de los componentes del sistema de combustible y reducir la eficiencia del combustible. Es crucial mantener limpios el combustible y el sistema de combustible, especialmente en aplicaciones de construcción, minería y otras de generación de polvo en donde se usen motores de alta potencia. Con las presiones altas de inyección y las tolerancias más pequeñas de los motores diésel actuales, el uso de combustible limpio aumenta el rendimiento, la productividad y la vida útil del motor.

Un elemento importante de cualquier programa de prevención de contaminación del combustible es el empleo de los filtros de combustible de alta eficiencia CAT. En ellos se usa un material de filtración de alta eficiencia, que permite máxima filtración y están diseñados especialmente para los motores diésel actuales.

La contaminación de combustible es - y seguirá siendo – una preocupación en todos los motores diésel Cat. Esto es más importante ahora, ya que los fabricantes diseñan motores diésel más económicos y que no dañan el medio ambiente. El aumento del control de emisiones y del ahorro del consumo de combustible requiere presiones de inyección más altas y tolerancias mayores entre los componentes. Para obtener altas velocidades se exige tener componentes de precisión que obligan a controlar al máximo el desgaste y la abrasión.

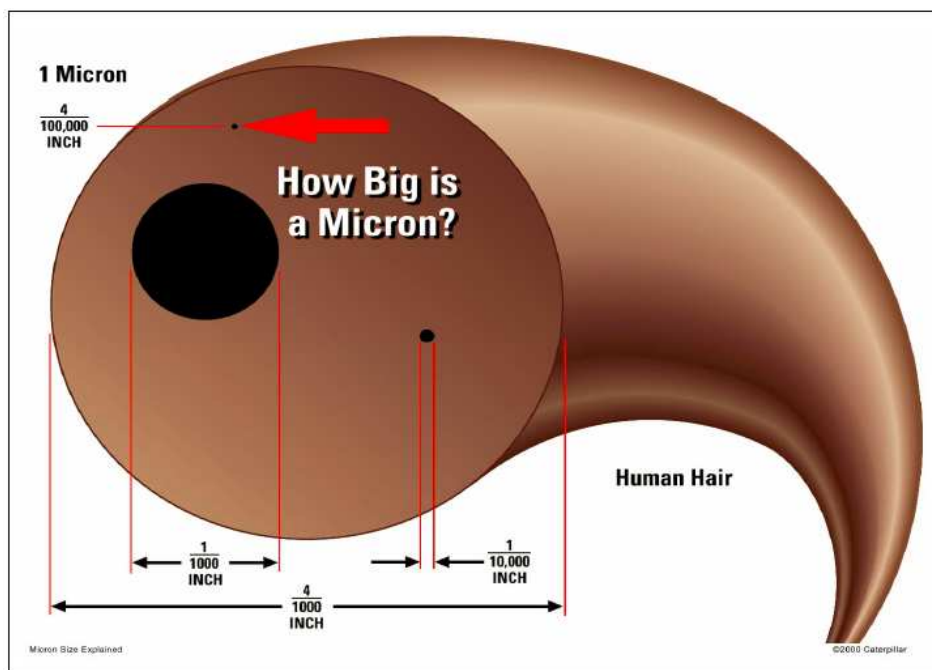
Los motores Cat actuales brindan más potencia, tienen mejor respuesta y mayor economía de combustible que nunca. También son más susceptibles al desgaste y al daño, por razón de los contaminantes en el sistema de combustible. Cualquier contaminante puede causar daños al sistema de combustible, incluyendo partículas, calor, agua y burbujas de aire. Estos contaminantes, sea que actúen individualmente o en combinación, pueden disminuir la potencia del motor, acelerar el desgaste de los componentes y finalmente llevar a una falla catastrófica del motor.

Contaminación.



Una cantidad tan pequeña como una cucharadita de tierra en un tanque de combustible puede arruinar un inyector de combustible en menos de ocho horas.

El Micrón.



La unidad de medida universalmente utilizada para dimensionar los tamaños de partículas, especialmente las no visibles, es el Micrómetro, normalmente llamado Micra o Micrón, unidad que es equivalente a la Millonésima parte de un metro.

La norma ISO (4406) que estandariza el método de cuantificación de partículas presentes en un fluido utiliza al micrón como dimensión de referencia para medir

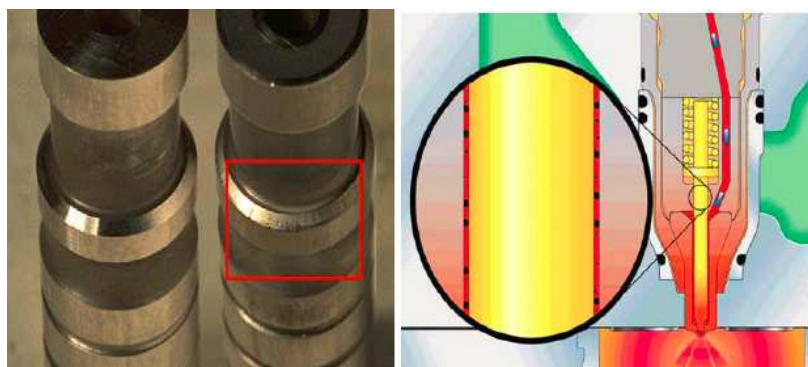
concentraciones de partículas. Así también las tolerancias de los distintos sistemas hidráulicos Caterpillar son generalmente dimensionadas en Micrones.

De ahí la importancia de conocer esta unidad y entender de qué ínfimas dimensiones estamos hablando.

La figura muestra la diferencia de tamaños al comparar la sección de un cabello humano con los diámetros de una partícula de aproximadamente 40 micrones (1/1000 in) y otras de 4 micras (1/10000 in) y 1 Micrón (4/100000 in).



Las partículas abrasivas son los contaminantes que más podemos controlar. Éstas pueden variar enormemente en tamaño, dureza y abrasión. La comparación mostrada ilustra los espacios libres muy reducidos del sistema de combustible, comparados con el tamaño de partículas visibles. Tenga presente que aun las partículas que no vemos pueden desgastar los componentes del sistema de combustible y reducir el rendimiento del motor.



La figura muestra el daño que provocan las partículas abrasivas.

Fuentes de Contaminación.

- **Proveedor de combustible**
- **Durante la operación**
- **Durante el servicio**

Un abastecedor confiable de combustible es su mejor defensa contra las fuentes de contaminación. Se requieren un muestreo periódico y pruebas de calidad del combustible para asegurarse de que cumple con los requisitos que permiten un máximo rendimiento.

En aplicaciones generadoras de polvo, como en la construcción y en la minería, los contaminantes del aire pueden ir directamente al tanque de combustible a través de los respiraderos. Una tapa mal sellada del tanque de combustible puede ser el lugar para que entre polvo. Los contaminantes también pueden producirse durante el almacenamiento o entrar al sistema a través de una transferencia incorrecta de combustible.

Cada vez que usted abre su sistema de combustible, ya sea para cambiar filtros, hacer reparaciones menores o llenar el tanque de combustible, los contaminantes pueden entrar al sistema.

Los contaminantes abrasivos aceleran el desgaste a medida que se mueven a muy altas velocidades a través del sistema de combustible.

En algunos casos, los contaminantes en el combustible pueden ser tan abrasivos como el material usado para rectificar las piezas en la fabricación.

La contaminación puede causar problemas en todo el sistema de combustible, pero el émbolo del inyector y tambor y las válvulas de control de combustible son especialmente susceptibles al daño y al desgaste.

Los espacios libres de 2,5 micrones hacen crucial mantener una película de fluido entre los émbolos del inyector y los tambores en movimiento rápido. Las partículas abrasivas microscópicas rayan el inyector, lo que finalmente puede estropearlo, o permitir el contacto metal a metal y hacer que el inyector se atasque.

Ubicadas en el sistema de combustible, las válvulas de control de combustible controlan la presión de combustible. Los contaminantes pueden producir erosión en las piezas acopladas de las válvulas, y causar fugas que hacen que funcionen a valores menores que las especificaciones. El resultado es una pérdida de potencia del motor.

Filtros de Alta Eficiencia.

Los filtros de combustible de alta eficiencia Cat están diseñados especialmente para proteger los componentes a presiones altas de inyección y los componentes de

precisión de los motores actuales. En los filtros se usa un material diseñado exclusivamente para retener más de 98% de las partículas de dos micrones o más. De este modo se elimina la mayoría de los contaminantes y se aumenta al máximo la protección de los inyectores, bombas y otros componentes del sistema de combustible.

En su totalidad, los filtros de combustible de alta eficiencia Cat son de alto rendimiento. Características como el encordado en espiral y las bandas acrílicas mantienen la estabilidad del plegado y un correcto espaciado para una máxima eficacia y capacidad. El tubo central no metálico es más fuerte y evita la contaminación metálica. Las características de auto lubricación y de sello de libre rotación evitan el agrupamiento del plegado y eliminan las fugas.

Contaminación de Combustible durante su Almacenamiento.

**Cómo reducir al mínimo
la contaminación de combustible
durante el almacenamiento
y la transferencia**

Sin los procedimientos apropiados de almacenamiento y manejo, aun el combustible más limpio se puede deteriorar o contaminar. Éstas son algunas recomendaciones que puede tener en cuenta para mantener el sistema de combustible libre de sedimento, tierra y contaminantes del ambiente.

- Periódicamente drene y lave todos los tanques de almacenamiento de combustible, incluyendo los tanques de los vehículos de transporte y los tanques fijos. Esto eliminará los sedimentos que entran con la corriente de combustible.
- Mantenga limpios los inyectores, las mangueras y todo el equipo relacionado.
- Si un inyector está sucio, límpielo completamente antes de usarlo.
- Mantenga todas las mangueras, las empaquetaduras y los sellos del equipo de almacenamiento y transferencia de combustible.
- Use filtros de tubería en todos los equipos de transferencia de combustible.
- Nunca transfiera combustible en baldes, embudos u otros recipientes abiertos.
- Sólo adquiera combustible de una fuente confiable y de buena reputación. Para asegurarse de que está obteniendo un producto que mantiene siempre su alta calidad, exija pruebas periódicas.

Contaminación del Combustible Durante la Operación del Motor.**Cómo reducir al mínimo
la contaminación de combustible
durante la operación**

Luchar contra la contaminación de combustible es una tarea de tiempo completo para todos, desde el operador de la máquina hasta los técnicos de mantenimiento. Esta lista de verificación debe ser parte de cualquier programa de inspección diaria:

- Reparar inmediatamente cualquier fuga en la tubería de combustible. Si está saliendo combustible, pueden estar entrando los contaminantes.
- Nunca opere una máquina sin la tapa de combustible bien instalada.
- Si la tapa de combustible no sella correctamente, a causa de empaquetaduras deterioradas o de otro daño, reemplácela inmediatamente.
- Asegúrese de que las tuberías de los respiraderos del tanque de combustible estén abiertas y funcionen correctamente.
- No deje funcionar las máquinas hasta el punto de agotar el combustible del tanque. El hacerlo puede enviar los sedimentos del fondo del tanque al sistema de combustible.
- Alerta a los técnicos de servicio y mantenimiento si se presenta inexplicablemente una pérdida de potencia, humo de escape excesivo o arranque difícil, especialmente cuando el motor está a temperatura de operación.

Contaminación del Combustible Durante el cambio de Filtros.**Cómo reducir al mínimo
la contaminación de combustible
al cambiar los filtros**

Cuando cambie filtros:

- Proteja al máximo su motor durante la filtración con los filtros de combustible de alta eficiencia Cat. La ligera diferencia en costos se compensa con una mayor protección.
- Siga las recomendaciones programadas de cambio de filtros. Si ocurre un taponamiento prematuro del filtro, revise la calidad del combustible y otras fuentes de contaminación.
- Quite los filtros cuidadosamente y asegúrese de no enviar la suciedad y los escombros del compartimiento del motor a las aberturas.
- Mantenga los filtros en su empaque original hasta el momento de la instalación.
- Nunca llene manualmente un filtro nuevo. El hacer esto permite que parte del combustible llegue directamente al sistema sin pasar por el filtro.

Contaminación del Combustible Durante el Servicio al Motor.

**Cómo reducir al mínimo
la contaminación de combustible
cuando se realiza servicio al motor**

Durante el servicio del motor:

- Limpie la suciedad, el polvo y otros escombros del compartimiento del motor antes de quitar los filtros y otros componentes del sistema de combustible.
- Use un lavador de alta presión para retirar el lodo, el polvo y toda la tierra del motor antes de desarmarlo para las reparaciones.
- Ajuste la tapa y los tapones de todas las aberturas durante las reparaciones, aun si sólo se necesita abrirlos por unos minutos.
- Limpie las piezas reutilizables con disolventes siguiendo los procedimientos apropiados de limpieza y secado.
- Nunca ponga los componentes en el suelo.
- Mantenga las piezas nuevas en su empaque original hasta que sea necesario.
- No reutilice los sellos. Reemplácelos.
- Realice la inspección de rutina de las conexiones de la tubería de combustible desde los tanques hasta la bomba.
- Mantenga la programación regular para el drenaje de los tanques de combustible de la máquina. Semanalmente, para condiciones severas de polvo, y cada tres meses para condiciones normales.

Lección 2: Fundamentos de los Combustibles

Introducción

En esta lección veremos las propiedades físicas y la densidad del combustible, incluyendo la calibración del combustible.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar las prácticas de conservación del combustible y sus propiedades físicas.

Material de referencia

- El combustible diésel y su motor SSBD0717
- 9U7840 Juego de pruebas de fluidos de calibración NEHS0607

Herramienta

- 9U7840 Juego de pruebas de fluidos de calibración.

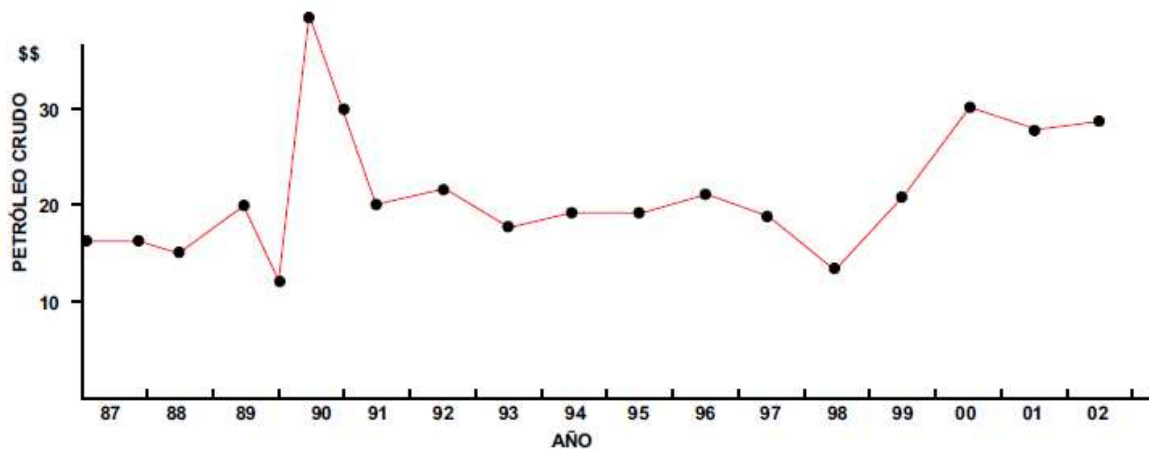
Costo de Operación del Motor.



Además de producir potencia, el combustible también es su mayor costo de operación. Infortunadamente, con frecuencia, a medida que aumenta el costo de combustible, su calidad disminuye. Es importante entender los efectos que un combustible de inferior calidad tiene en su motor. A menos que se tomen las medidas específicas mencionadas en esta lección, el uso del combustible incorrecto puede resultar en desgaste excesivo y quizá en una falla prematura del motor.

Antes de 1970, la mayoría de los fabricantes de motores diesel de velocidad media a alta diseñaban sus motores para operar con combustibles altamente refinados (combustibles destilados). La operación eficiente y económica de estos motores dependía de la calidad del combustible usado, y había alta disponibilidad de combustibles económicos y de buena calidad. Los costos de los combustibles no se consideraron un factor significativo sino hasta 1970.

En 1973, ocurrió una crisis de suministro de petróleo. Esto produjo una reducción del suministro de combustible en el mundo. Los precios subieron en forma dramática y llegaron a ser más altos de lo que cualquiera hubiera podido predecir. La calidad de los combustibles disponibles también disminuyó y se espera que disminuya aún más. Los dueños de maquinaria de hoy día deben tener presentes los costos del combustible y de cómo afectan su operación.



Antes de la crisis del petróleo de 1973, el costo del combustible representaba menos de 30% de los gastos de operación del motor. Hoy, esta cifra frecuentemente está entre 60% y 90%. La mayoría de los dueños de motores grandes están considerando seriamente los combustibles alternativos para poder reducir el aumento de los costos. Esta lección presenta algunas alternativas e indica algunas de las características más importantes del combustible para que usted pueda comprarlo de forma inteligente.

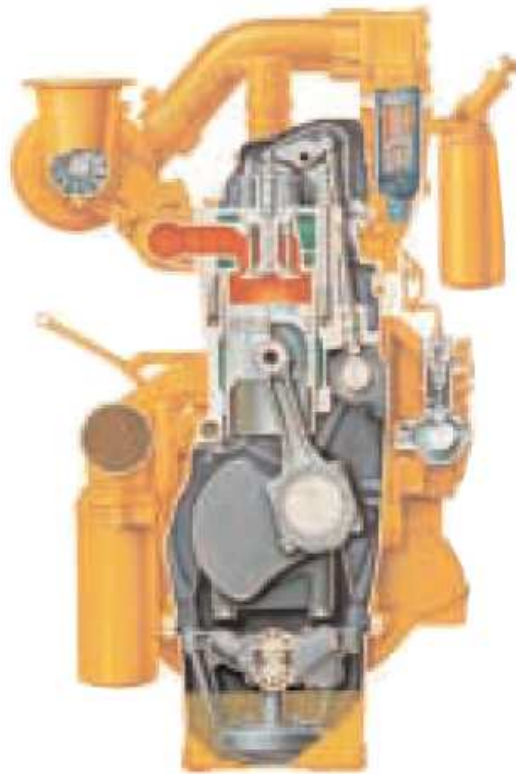
Prácticas de conservación del combustible

Las siguientes sugerencias genéricas se usan en la gama de aplicaciones de motores diésel. Éstas deben seguirse en aquellas aplicaciones de motor en donde corresponda.

1. No aumente el valor de ajuste de combustible para obtener más potencia.
2. Fije el limitador de la cremallera para obtener el mínimo humo negro con aceleración aceptable, excepto si es un motor certificado para camión. Sólo pueden usarse los valores de ajuste de fábrica y del certificado de regulación de emisiones apropiado.
3. No fije la velocidad en vacío más alta que la necesaria. No trabaje en vacío sin necesidad. A menos que la operación sea en ambientes con temperaturas extremadamente bajas, apague y vuelva a arrancar el motor, en lugar de operar en vacío por largos períodos.
4. Mantenga limpios los filtros de aire. Use el indicador de restricción del filtro de aire para evitar adivinar la condición del filtro.

5. Opere con un buen sistema eléctrico. Una celda de la batería en mal estado sobrecargará el alternador, consumirá más potencia del motor y más combustible. También ocasionará arranque difícil, lo cual lleva a exceso de operación en vacío.
6. Asegúrese de que el turbocompresor esté girando libremente de modo que se mantenga la relación correcta de aire-combustible. Un tubo de escape limpio indica que estos elementos están funcionando correctamente.
7. Evite los derrames de combustible. No sobrellene el tanque de combustible. El combustible se expande cuando se calienta y puede salirse del tanque, especialmente si éste no tiene un diseño adecuado.
8. Asegúrese de que todas las mangueras y conexiones de aire estén apretadas. Las fugas de aire mantienen el compresor trabajando innecesariamente.
9. Opere con un termostato todo el año. Los motores fríos consumen más combustible y se desgastan más rápidamente.
10. Calcule las especificaciones del motor y del grupo electrógeno más adecuadas para el trabajo. Los motores operan más eficazmente con factores de carga relativamente altos.
11. El ventilador del motor consume cerca de US\$ 0,06 por hora por caballo de fuerza. Siempre que sea posible, use radiadores de mayor tamaño y ventiladores de potencia menor. Los mandos de ventilador de velocidad modulada o de conexión/desconexión son muy eficaces para obtener un menor consumo de combustible.

El combustible Produce la Potencia del Motor.



El combustible produce la potencia del motor diésel cuando se pulveriza y se mezcla con aire en la cámara de combustión. La presión producida al subir el pistón en el cilindro hace que la temperatura aumente rápidamente. Cuando se inyecta el combustible, la mezcla combustible/aire se enciende y la energía del combustible obliga a los pistones a ir hacia abajo y girar el cigüeñal. Un combustible perfecto se quemaría completamente sin dejar residuos o productos gaseosos. Sin embargo, no hay un combustible perfecto.

El precio no es el único factor cuando se elige el combustible del motor. Antes de decidir qué tipo de combustible usar, lea esta lección, que tiene explicaciones básicas y fáciles de entender de las funciones y propiedades del combustible y de cómo afectan su motor.

Una vez que conozca las diferencias entre los combustibles será más fácil ver las consecuencias de usar un combustible incorrecto o de baja calidad.

Tenga presente que el combustible limpio que cumpla con las especificaciones Caterpillar dará una vida normal de servicio al motor y excelente rendimiento. Usar cualquier otro combustible es un riesgo que no debe correr.

Selección del Combustible.

La experiencia ha mostrado que los combustibles destilados cumplen con las especificaciones básicas que permiten un rendimiento óptimo y mayor duración del motor. Dependiendo de los costos y de la disponibilidad del combustible, las aplicaciones apropiadas para combustibles alternativos, como petróleo, combustibles pesados o residuales pueden también proporcionar un costo competitivo en la operación del motor. Antes de ver las características de estos combustibles, vamos a definir las propiedades del combustible y sus efectos en la operación del motor y en los sistemas de manejo de combustible.

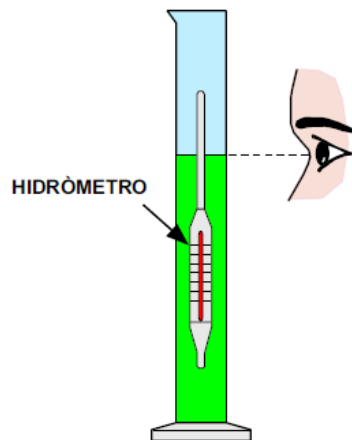
Propiedades del Combustible, de acuerdo a sus efectos Funcionales.

La calidad del combustible puede afectar significativamente el rendimiento y el mantenimiento de cualquier motor diésel. Las siguientes propiedades tienen un impacto en la operación de un motor diésel y de sus sistemas de tratamiento y manejo de combustibles.

Gravedad Específica

La gravedad específica de un combustible diésel es el peso de un volumen fijo del combustible comparado con el peso del mismo volumen de agua (a la misma temperatura). Mientras más alta sea la gravedad específica, más pesado es el combustible. Mientras más pesado sea el combustible, habrá más energía o potencia (por volumen) para usar en el motor.

La gravedad específica se mide con un hidrómetro especial para combustible (figura 1.2.4). La lectura del hidrómetro está en una escala del Instituto de Petróleos Americano (API). La escala es inversa a la gravedad específica. Esto es, mientras mayor sea el número API, más liviano es el combustible. Para la mayoría de los motores diésel Caterpillar es óptima una lectura API de 35. Los combustibles livianos, como el keroseno, tienen un valor API de entre 40 y 44.



Hidrómetro de Combustible.

El hidrómetro flota en el combustible. Usted puede notar el punto en el cual el nivel de líquido está en línea con la escala del hidrómetro. Este punto es la gravedad del combustible en unidades API. La lectura del hidrómetro depende de la temperatura del combustible.

Siempre debe usarse la tabla de corrección incluida con la herramienta, para compensar el valor de la temperatura actual del combustible. Las instrucciones detalladas se describen en el Manual de Operación de la herramienta "Juego de pruebas de fluidos de calibración del equipo de inyección del combustible 9U7840", (NEHS0607).

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y DENSIDAD DEL COMBUSTIBLE		
Gravedad		Densidad
Grados API a 15°C (60°F)	Gravedad específica 15°C (60°F)	libras/galón
25	0,9042	7,529
26	0,8984	7,481
27	0,8927	7,434
28	0,8871	7,387
29	0,8816	7,341
30	0,8762	7,296
31	0,8708	7,251
32	0,8654	7,206
33	0,8602	7,163
34	0,8550	7,119
35	0,8498	7,076
36	0,8448	7,034
37	0,8398	6,993
38	0,8348	6,951
39	0,8299	6,910
40	0,8251	6,870
41	0,8203	6,830
42	0,8155	6,790
43	0,8109	6,752
44	0,8063	6,713
45	0,8017	6,675
46	0,7972	6,637
47	0,7927	6,600
48	0,7883	6,563
49	0,7839	6,526

Efectos en el motor.

Los combustibles livianos como el keroseno no tienen energía para producir potencia nominal. Las hojas de especificaciones generalmente muestran las clasificaciones cuando se usa combustible de densidad API de 35 a 29° C (85° F), (peso 7,001 libras por galón y 18.390 BTU por libra). El mismo combustible de densidad API de 35 pesa 7,076 por galón a 15° C (60° F). Cuando se compara el consumo de combustible o el rendimiento del motor, tenga en cuenta siempre la temperatura de la medición y obtenga los valores corregidos de la gravedad específica y de la densidad del combustible.

Para compensar una pérdida de potencia, los valores de gravedad específica y de densidad del combustible del motor no deben corregirse haciendo mezclas con combustibles livianos (con un número de densidad mayor que 35 API). La vida útil de los componentes del sistema de combustible puede disminuir si se usan combustibles muy livianos, ya que la lubricación en el sistema de inyección será menos efectiva (pues disminuye la viscosidad del combustible).

Los combustibles livianos pueden contener una mezcla de metanol o etanol con combustible diésel. La mezcla de alcohol (etanol o metanol) o gasolina con combustible diésel puede crear atmósferas explosivas en el tanque de combustible. Además, la condensación de agua en el tanque puede hacer que el alcohol se separe y se estratifique en el tanque. Caterpillar no recomienda el uso de estas mezclas de combustibles.

Combustibles Pesados.

El combustible pesado tiende a formar depósitos en la cámara de combustión, lo que puede resultar en mayor desgaste de la camisa y de los anillos. Este problema se nota más en motores pequeños de alta velocidad.

Consulte la sección "Combustibles pesados" en la página 32 de la publicación "El combustible diésel y su motor" (SSBD0717).

La mezcla de combustibles es la única manera de corregir los problemas de densidad del combustible.

Lubricación y viscosidad

Viscosidad

La viscosidad es una medida de la resistencia a fluir de un líquido. Una viscosidad alta indica que el combustible es espeso y no fluye fácilmente.

El combustible con la viscosidad incorrecta (ya sea muy alta o muy baja) puede causar daños al motor.

Cuando compare mediciones de viscosidad del combustible, asegúrese de que estén a la misma temperatura. Caterpillar recomienda una viscosidad del combustible de entre 1,4 centistokes (cSt) y 20 centistokes cuando se envía a la bomba de inyección del combustible. En los motores con inyectores unitarios puede esperarse un aumento de temperatura de 38°C (68°F) entre la bomba de transferencia y el inyector.

Efectos en el motor

El combustible de viscosidad alta aumenta el desgaste del tren de engranajes, la leva y el seguidor del conjunto de la bomba de combustible, a causa de la presión más alta de inyección. El combustible se pulveriza con menor eficacia y el motor tendrá mayor dificultad en el arranque.

Los combustibles de baja viscosidad no proveen lubricación adecuada a los émbolos, tambores e inyectores, y su uso debe considerarse cuidadosamente.

Pasos para Corregir Problemas de Viscosidad.

- La viscosidad del combustible varía con la temperatura del combustible.
- De algún modo, el calentamiento o el enfriamiento pueden usarse para ajustar la viscosidad.
- Otro modo de ajustar la viscosidad es haciendo mezclas de combustibles.

Viscosidad y Combustible Pesado.

Las familias de Motores 3500 y 3600 Caterpillar pueden operar con una mezcla de combustibles pesado y destilado. En este caso la viscosidad es el factor crucial. Los combustibles pesados se clasifican generalmente por su viscosidad, expresada en centistokes (cSt) o en "segundos redwood". Con modificaciones especiales, en los motores de la familia 3500 se pueden usar combustibles hasta de 180 cSt. En los motores modificados de la familia 3600 se pueden usar combustibles con valores de 380 cSt o más. Los combustibles pesados deben diluirse o calentarse hasta que alcancen una viscosidad de 20 cSt o menos, antes de que pasen al sistema de combustible. A menos que el motor tenga una velocidad extremadamente baja, hay poco beneficio económico en tratar de usar combustibles con viscosidades mayores que 380 cSt.

Pasos para Corregir Problemas de Viscosidad.

Para manejar combustibles con alta viscosidad, puede necesitarse instalar componentes adicionales. La instalación puede requerir:

- Calentamiento del tanque de combustible y de la tubería de combustible.
- Filtrado del flujo de retroceso y centrifugación.
- Bombas de transferencia de combustible impulsadas externamente.
- Filtrado de combustible adicional.
- Lavado de la turbina de escape del turbocompresor (motores de la familia 3600)

Punto de Enturbiamiento.

El punto de enturbiamiento de un combustible es la temperatura a la cual el combustible comienza a enturbiarse. Esta apariencia se debe a la formación natural de cristales, de ceras o de parafinas en los productos de petróleo cuando la temperatura es menor que el punto de fusión.

Efectos en el Motor.

El punto de enturbiamiento del combustible debe ser menor que la temperatura externa más baja posible (ambiente) para evitar que los filtros se tapen.

Los puntos de enturbiamiento y el punto de fluidez del combustible dependen del tipo de refinación del combustible. Generalmente, es más importante el punto de

enturbiamiento, ya que es la temperatura a la cual comienza el taponamiento del filtro de combustible y no habrá flujo de combustible al motor.

Pasos para evitar las Temperaturas Altas de Punto de Enturbiamiento.

Se pueden realizar tres pasos para evitar que el combustible alcance el punto de enturbiamiento.

1. Use un calentador de combustible si la temperatura externa es menor que el punto de enturbiamiento del combustible. Como el punto de enturbiamiento es también el punto de fusión de la cera, cuando la temperatura del combustible es mayor que la del punto de enturbiamiento, la cera permanecerá soluble en el combustible. El calentador debe calentar el combustible antes de que pase a través de los filtros. Los calentadores de combustible generalmente usan el refrigerante del motor para calentar el combustible y evitar que se formen partículas de cera. Asegúrese de que el calentador pueda manejar el máximo flujo de combustible del motor.

Cuando la temperatura ambiente es lo suficientemente baja para requerir el uso de un calentador de combustible, deje funcionando el motor en baja velocidad en vacío hasta que la temperatura del combustible sea lo suficientemente alta para evitar la formación de cera en el circuito del filtro de combustible del motor. De otro modo, las velocidades altas con combustible frío aumentarán el riesgo de taponamiento.

NOTA: No permita que el combustible se caliente demasiado. Temperaturas de combustible mayores que 52°C (125°F) afectarán la potencia del motor. Cuando use combustible destilado, nunca caliente a temperaturas mayores que 75°C (165°F). Las temperaturas altas de combustible también afectan la viscosidad del combustible. Si la viscosidad del combustible es menor que 1,4 sSt, puede ocurrir el daño de la bomba.

2. Se pueden también mezclar combustibles con punto de enturbiamiento alto con combustibles de punto de enturbiamiento bajo, como el keroseno o el diesel No.
3. El proveedor de combustibles puede añadir al combustible mejoradores de flujo (modificadores de cristales de cera). Éstos no cambiarán el punto de enturbiamiento del combustible, pero evitan que se formen cristales de cera. Caterpillar no recomienda el uso de combustibles con mejoradores de flujo, por los problemas de compatibilidad que puedan ocurrir. Para los combustibles pesados y para los combustibles mezclados, vea la sección de esta lección "Combustibles pesados".

Punto de Fluidez.

El punto de fluidez de un combustible es el valor de la temperatura mínima a la que fluirá. En el punto de fluidez, aumenta la cantidad de cristales de cera hasta que comienzan a agruparse. Esto puede restringir el flujo de combustible desde el tanque hasta la bomba de transferencia del motor, pero si el combustible permanece alrededor del tubo de la toma de combustible, la bomba de transferencia lo moverá. El punto de fluidez es de aproximadamente 6 0C (10 0F) menor que el punto de enturbiamiento.

Pasos para corregir temperaturas con punto de fluidez alto

El punto de fluidez puede bajarse adicionando mejoradores de flujo o keroseno o diésel No. 1. Los calentadores de combustible generalmente no pueden solucionar los problemas relacionados con temperaturas altas de puntos de fluidez.

Unidad II: Calibración de Combustible y Pruebas De los Inyectores.

Introducción

En esta unidad veremos los procedimientos para la prueba, evaluación y calibración de fluidos, medidores de llenado de fluidos e indicadores de esfera. La unidad también cubre la identificación de fallas de las tuberías y de los inyectores de combustible y las pruebas de los inyectores de combustible.

Objetivos

El estudiante podrá evaluar los fluidos de calibración, los medidores de llenado de líquidos, los medidores digitales y los indicadores de esfera. El estudiante también podrá explicar los tipos de fallas en los inyectores y en las tuberías de combustible.

Material de Referencia

- Tabla de conversión de presión SEES5677.
- Manual de mantenimiento FIETS NEHS0631
- Juego de prueba de fluidos de calibración 9U7840 NEHS0607.
- Tarjeta de fluidos de calibración NEEG2656.
- Análisis de fallas de los inyectores y de las tuberías de combustible SSBD0639.
- Instrucción especial "Uso de la unidad de prueba de inyectores 5P4150" SSHS7292.
- Tabla para colgar en la pared SEHS9083.
- Video "Pruebas del inyector de combustible" SEVV9167.

Herramientas

- 5P8558 Grupo de calibración de presión
- 1U5230 Bomba de mano
- 9U7840 Juego de prueba de fluidos de calibración
- 9U6615 (1P3536) Dispositivo de esfera de ajuste de orificio
- 8T1000 Grupo indicador de posición electrónico
- 5P4150 Grupo de prueba de inyectores
- 9U7411 Fluido de calibración
- 6V2196 Microscopio
- Indicadores de esfera
- Manómetros
- Medidores de llenado de fluidos
- Muestras de fluidos
- Caja de herramienta del mecánico

Lección 1: Demostración de las Pruebas de Medidores.**Introducción**

Esta lección contiene información y ejercicios para realizar los procedimientos de las pruebas de medidores.

Objetivo

Al terminar esta lección, el estudiante podrá calibrar y probar adecuadamente un medidor de 2% en una práctica de taller.

Material de referencia

- Tabla de conversión de presión SEES5677
- Manual de mantenimiento FIETS NEHS0631

Herramientas

- 5P8558 Grupo de calibración de presión
- 1U5230 Bomba manual
- Manómetros

PRÁCTICA DE TALLER 1
PRUEBAS DE LOS MEDIDORES**Indicaciones:**

Con las herramientas y el material de referencia apropiados, realice las siguientes tareas.

1. Use la tabla de conversión de presión, SEES5677, y registre e indique los procedimientos necesarios para hacer la conversión de una unidad a otra.

El instructor verificará los procedimientos de conversión.

2. Con el Manual de Mantenimiento FIETS, NEHS0631, revise los procedimientos de las pruebas de medidores.

El instructor verificará los procedimientos de las pruebas de medidores.

3. Demuestre los procedimientos correctos para hacer la prueba de un medidor. Determine y registre las gamas de tolerancia.

El instructor revisará las gamas de tolerancia.

4. Con un medidor de 2%, calcule y registre las lecturas de las gamas de 98% y 102%.

El instructor revisará las lecturas.

5. Con el Manual FIETS, revise el medidor en los puntos de prueba 34 (en las gamas de 25%, 50%, 75% y 100%).

El instructor revisará las gamas de tolerancia.

6. El instructor revisará todos los procedimientos de calibración.

Lección 2: Práctica de la Prueba de Fluidos y Medidores.

Introducción

Esta lección contiene información de la prueba y evaluación de varios medidores e indicadores de esfera.

Objetivo

Al terminar esta lección, el estudiante, mediante una práctica de taller, podrá evaluar y probar correctamente los fluidos de calibración, los medidores de llenado de líquidos, los medidores digitales y los indicadores de esfera, mediante una práctica de taller.

Materiales

- Manual de mantenimiento FIETS NEHS0631
- Juego de pruebas de fluidos de calibración 9U7840 NEHS0607
- Tarjeta de fluidos de calibración NEEG2656

Herramientas

- 5P8558 Grupo de calibración de presión.
- 1U5230 Bomba de mano.
- 9U7840 Juego de prueba de fluidos de calibración.
- 9U6615 (1P3536) Dispositivo de esfera de ajuste de orificio.
- 8T1000 Grupo indicador de posición.
- Indicadores de esfera.
- Medidores de llenado de fluidos.
- Muestras de fluidos.
- Caja de Herramienta del Mecánico.

PRÁCTICA DE TALLER 2**PRUEBA DE FLUIDOS Y MEDIDORES****Indicaciones:**

Con las herramientas y el material apropiados, realice las siguientes tareas:

1. Evalúe cuatro muestras de fluidos. Escriba un resumen de cada muestra.

2. Evalúe cuatro tipos de medidores de llenado de fluidos. Escriba un resumen de su condición.

3. Realice y evalúe un indicador de esfera. Escriba un resumen de su operación.

4. Evalúe los resultados con el instructor.

Lección 3: Introducción a los Inyectores y Tuberías de Combustible.

Introducción

En esta lección, se analizan las fallas de los inyectores y de las tuberías de combustible.

Objetivos

Al término de esta lección el estudiante podrá identificar y explicar la función de inyectores de combustible e identificar fallas de los inyectores y tuberías de combustible.

Material de Referencia

- Análisis de fallas de inyectores y tuberías de combustible SSBD0639

Herramientas.

- Ninguna

Operación del Inyector de Cápsula.

En los motores Caterpillar se usan dos tipos de inyector. Uno de los inyectores se usa en motores con cámaras de precombustión (PC). El otro tipo de inyector se usa en los motores de inyección directa (DI).

Aunque ambos inyectores son similares en apariencia, su diferencia está en la operación. Es importante entender las diferencias en los dos tipos de inyectores para poder realizar con precisión el análisis de fallas y/o pruebas de los inyectores.



Fig. 2.3.1 Componentes del inyector de cápsula de PC

La bomba de inyección de combustible envía el aceite, a través de la tubería de combustible y del cuerpo de la válvula, al inyector. El combustible pasa por el conjunto de tuerca y va a una rejilla de acero inoxidable. Esta rejilla es el último filtro que el combustible debe pasar antes de la inyección.

Luego de pasar por la rejilla, el combustible entra a los manguitos alrededor de la válvula de retención. La válvula de retención tiene un vástago largo que se extiende hacia abajo a través del resorte y el retenedor. El resorte y el retenedor están precargados en el vástago y retenidos por un anillo en el extremo inferior del vástago.

Cuando la presión del combustible es lo suficientemente alta para sacar de su asiento la válvula de retención, fluye, pasando la válvula de retención, por un orificio único a la cámara de precombustión, donde se inicia la combustión. La válvula de retención se mueve de su asiento cuando la presión de combustible es lo suficientemente alta para superar las fuerzas del resorte y de la compresión del cilindro.

Estas fuerzas actúan juntas en el inyector de cámara de precombustión (PC) para mantener la válvula de retención contra el asiento. La presión de combustible necesaria para superar estas dos fuerzas está entre 10.300 kPa y 13.800 kPa (1.500 lb/pulg² y 2.000 lb/pulg²).

La presión de combustible en las tuberías alcanza valores entre 41.500 kPa y 48.000 kPa (6.000 lb/pulg² y 7.000 lb/pulg²) antes de que termine la inyección. La inyección

termina cuando la bomba de combustible no suministra suficiente presión de combustible para sobrepasar la fuerza de resorte y la compresión del cilindro.

La presión a la cual la válvula de retención se mueve de su asiento se llama presión de apertura de la válvula (VOP). Esta presión de apertura en un inyector de la cámara de precombustión (PC) es más alta durante la operación del motor. Cuando se revisa un inyector de cámara de precombustión (PC) en una unidad de prueba de inyector 5P4150, el valor VOP está entre 2.760 y 5.170 kPa (400 y 750 lb/pulg²). La VOP es menor cuando se revisa el inyector en una unidad de prueba del inyector, porque la presión del combustible no tiene que sobrepasar todos los factores que afectan la presión de inyección real, como la restricción de la tubería, la fuerza de resorte del inyector y la compresión del cilindro.

Como las presiones usadas en las pruebas son menores que las utilizadas en condiciones de operación real, el patrón de rociado también es diferente. El patrón de rociado en la prueba del inyector no indica exactamente si el inyector de PC está en buenas condiciones.

La caja del inyector tiene dos funciones importantes:

Primera, la caja mantiene juntas las piezas internas y en correcta alineación. Las superficies de contacto entre la punta, el conjunto de la válvula de retención, el manguito y el conjunto de la tuerca están maquinadas con alta precisión y tienen un terminado mediante un proceso de pulido para evitar fugas internas. Cuando se aprieta la tuerca retenedora del cuerpo de la válvula, la superficie lisa de esas piezas internas forma un sello de metal a metal. Este sello de metal a metal evita las fugas internas.

Segunda, la caja actúa como una empaquetadura para ambos extremos del inyector. Como la caja está hecha de metal blando, ésta forma un sello entre el inyector y la cámara de precombustión y entre el inyector y el cuerpo de la válvula cuando se aprieta la tuerca retenedora del cuerpo de la válvula.



Fig. 2.3.2 Componentes del inyector de cápsula de inyección directa (DI)

La bomba de inyección de combustible envía el combustible a través de la tubería de combustible y, del cuerpo, al inyector. El combustible pasa el conjunto de la tuerca a la rejilla de acero inoxidable. Esta rejilla es el último filtro antes de la inyección del combustible.

Luego de pasar la rejilla, el combustible entra al manguito en el área alrededor de la válvula de retención. Cuando la combinación de la presión del cilindro y la cámara de combustión es mayor que la fuerza del resorte, la compresión en la válvula de retención se moverá de su asiento. El combustible, entonces, pasa a través de los orificios y es inyectado. Esto sucede cuando la punta del inyector se levanta y el combustible comienza a rociarse en el cilindro. La presión alta que lleva sobrepasa la fuerza de resorte y mueve la punta del inyector de su asiento, lo que hace que el combustible comience a rociarse. Esta operación se llama VOP (presión de apertura de la válvula). La inyección continuará hasta que las presiones de compresión y la del combustible sean lo suficientemente fuertes para sobrepasar la fuerza del resorte. El resorte empujará la válvula hacia atrás (punta del inyector) contra el asiento. La VOP depende del tipo de inyector en los sistemas de combustible PC, DI, MUI, EUI y HEUI.

Durante la inyección, el combustible pasa entre la válvula de retención y la guía, sale por el orificio de drenaje de la caja y queda atrapado alrededor del cuerpo de la válvula. Después de cada inyección, el combustible atrapado retorna a la tubería de combustible. Este movimiento de combustible lubrica la válvula de retención y la guía. Esta capacidad de lubricación se revisa durante la prueba de pérdida de presión.

En los sistemas de combustible en que se usan inyectores de cápsula DI, la inyección de combustible comienza a una presión inferior que la VOP de prueba. La presión de combustible alcanzará valores hasta de 69.000 kPa (10.000 lb/pulg²) antes de que termine la inyección. La inyección termina cuando la bomba de combustible no puede suministrar la suficiente presión de combustible para sobrepasar la fuerza del resorte.

Es importante hacer notar la diferencia entre la VOP de un inyector en uso en un motor y una en prueba con la unidad de prueba de inyector 5P4150. La VOP de un inyector en prueba en una unidad es mayor que la VOP en el motor, gracias a que en la prueba no hay presión del cilindro. Durante la operación del motor, esta presión del cilindro ayuda a que la válvula se abra en el inyector DI. Una baja VOP o una fuga excesiva de la punta del inyector pueden llevar gases de combustión al inyector, hacer que funcione en forma irregular y que se produzca humo.

Los inyectores de cápsula de combustible Caterpillar pueden identificarse por los números estampados en la caja, como se muestra en la figura 2.3.3. La identificación del inyector estampada en la caja muestra la marca CAT, el número de pieza y el código de fabricación.



Fig. 2.3.3 Marcas de identificación de los inyectores de cápsula DI y PC

La erosión de los bordes internos de los orificios del inyector se produce por los materiales abrasivos que entran al sistema de inyección de combustible. Este daño, que puede detectarse por la apariencia externa de los orificios erosionados del inyector, afectará la operación del motor. Los orificios erosionados ocasionan un flujo excesivo de combustible, consumo excesivo y producción de humo negro. Este tipo de daño es, generalmente, el resultado de combustible sucio y/o filtro defectuoso de combustible o de mantenimiento inadecuado del filtro.

La figura 2.3.4 muestra el corte de un inyector nuevo al que se hará un examen interno. Observe que los bordes alrededor del orificio son agudos y bien definidos.

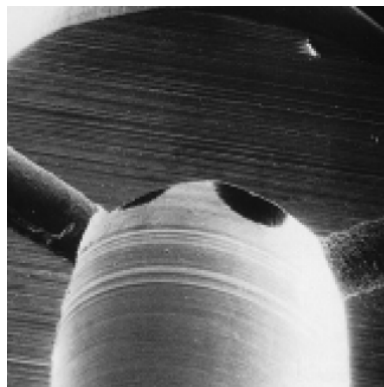


Fig. 2.2.4 Corte de un inyector de combustible nuevo (aumentado 50 veces)

En comparación, la figura 2.3.5 muestra cómo el material abrasivo en el combustible erosionó los bordes alrededor de los orificios del inyector. El inyector de esta figura estuvo en operación por cerca de 3.500 horas. En casos severos, este tipo de daño ocurrirá en menor tiempo.

NOTA: Este tipo de daño no puede detectarse con el Grupo de pruebas del inyector 5P4150.

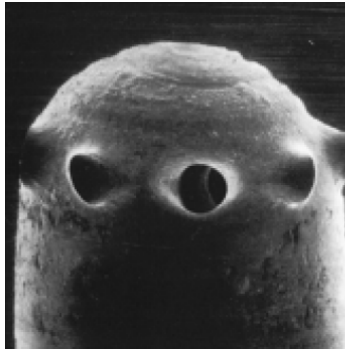


Fig. 2.3.5 Corte de un inyector con mantenimiento inadecuado del filtro de combustible (aumentado 50 veces)

El inyector de combustible de la figura 2.3.6 estuvo en operación cerca de 5.000 horas. Los bordes bien definidos indican que el combustible usado en este inyector tenía alto grado de limpieza y por tanto estuvo libre de materiales abrasivos.

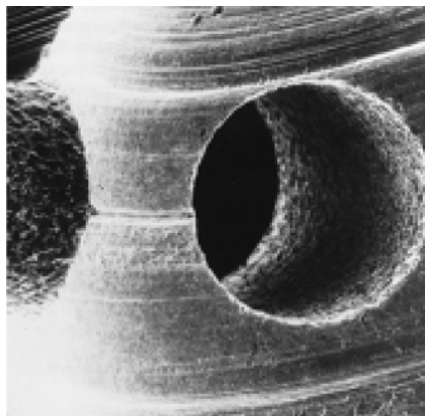


Fig. 2.3.6 Corte de un inyector usado, con mantenimiento del combustible



Fig. 2.3.7 Inyector DI (sin cápsula)

El combustible desde la bomba de inyección de combustible fluye a través de las tuberías y va alrededor del cuerpo de la válvula. Cuando la combinación de presión de combustible y la compresión en la cámara de combustión es mayor que la fuerza de la presión del resorte, la válvula se moverá de su asiento y comenzará la inyección. A medida que la presión de combustible aumenta, la válvula se moverá más de su asiento hasta hacer contacto con el tornillo de ajuste del levantamiento. La inyección continuará hasta que la presión de la compresión y la del combustible sean suficientes para sobrepasar la fuerza del resorte. El resorte entonces empujará la válvula contra el asiento.

El tornillo de presión y el de ajuste del levantamiento afectan directamente la función de estos inyectores. La posición del tornillo de presión dentro del cuerpo de la válvula determina cuánta presión de combustible se necesita para mover la válvula de su asiento. Esta presión es la correspondiente a la presión de apertura de la válvula (VOP). Si el tornillo de presión se ajusta más cerca del asiento del resorte, la VOP aumenta. Si el tornillo de presión se ajusta más lejos del asiento del resorte, la VOP disminuye.

Las pruebas han demostrado que los inyectores dentro de la gama especificada en la Instrucción Especial "Uso del Grupo de prueba del inyector 5P4150" (SSHS7292-10 o mayor) darán un rendimiento aceptable del motor.

El tornillo de ajuste de levantamiento controla la distancia que la válvula se mueve de su asiento. Si el tornillo de ajuste de levantamiento se fija lejos de la válvula, la válvula puede moverse más lejos de su asiento. Esto permite que pase un mayor volumen de combustible a través del inyector durante la inyección. Si el tornillo de ajuste de

levantamiento se fija más cerca de la válvula, habrá menos movimiento de la válvula. Esto permite un menor flujo de combustible a través del inyector durante la inyección.

NOTA: No aumente el levantamiento de la válvula más de lo especificado. Esto no aumentará significativamente la potencia del motor, pero sí puede hacer que se rompa el resorte del inyector y afectar la operación del motor.

La cavidad debajo de la tapa es también importante en la función del inyector. Esta área del inyector es el volumen de combustible atrapado durante la inyección y después de ella. A medida que aumenta la presión de combustible del inyector, una pequeña cantidad de combustible fluye, pasa la válvula y va a esta cavidad. Este movimiento de combustible lubrica las piezas en movimiento dentro del inyector. Al terminar la inyección, el combustible debajo de la tapa se mueve, pasa la válvula y retorna a la tubería de combustible.

La función de esta cavidad debajo de la tapa del inyector elimina la necesidad de tuberías de retorno de combustible. Siempre es necesario quitar la tapa antes de que el inyector sea examinado en un probador de inyectores. La traba hidráulica no se presenta en el inyector en operación normal, sino solamente cuando se examina en un probador de inyector. En operación normal, el inyector está bajo presión sólo 3% del tiempo que el motor está en operación. Por esta razón, hay suficiente tiempo entre inyecciones para que el combustible debajo de la tapa vuelva a la tubería de combustible. Cuando no hay combustible debajo de la tapa, no se producirá traba hidráulica. Si se examina un inyector en un probador de inyector con la tapa en posición, se producirá una traba hidráulica.

Cuando se examina el inyector en un probador de inyector, todo el tiempo hay presión dentro del inyector. Por esta presión constante, el combustible no tiene tiempo de retornar a la tubería de combustible. Una combinación de combustible debajo de la tapa y fuerza del resorte producirá traba hidráulica, ya que estas fuerzas combinadas son mayores que la presión del combustible.

NOTA: La tapa se instala para la prueba de fugas de la tapa.

Hay otros dos componentes importantes en la función de estos inyectores: el sello de compresión y el de carbón. El sello de compresión evita fugas de compresión del cilindro. El sello de carbón impide que se formen depósitos de carbón en la culata alrededor del inyector.

Operación del inyector de combustible DI (Serie 7000)

El combustible de la bomba de inyección fluye a través de las tuberías de combustible y va alrededor del cuerpo de la válvula. Cuando la combinación de presión de combustible y compresión en la cámara de combustión es mayor que la fuerza de presión del resorte, la válvula se moverá de su asiento y empezará la inyección. A

medida que la presión de combustible aumenta, la válvula se moverá más de su asiento hasta que hace contacto con el tope. La inyección continuará hasta que la presión de compresión y la del combustible sean suficientes para sobrepasar la fuerza de resorte. El resorte empujará la válvula de nuevo a su posición contra el asiento.

El manguito y el espaciador afectan directamente la función del inyector. La posición del espaciador, del manguito y del tope determina cuánta presión de combustible se necesita para mover la válvula de su asiento. Ésta es la presión de apertura de la válvula (VOP). La presión se ajusta en fábrica y no se puede modificar.

El manguito y su longitud apropiada controlan qué tanto se mueve la válvula de su asiento.

Otros dos componentes importantes de la función del inyector son el sello de compresión y el de carbón. El sello de compresión evita que haya fugas de compresión del cilindro, controla la profundidad de proyección del inyector dentro del cilindro y el patrón de rociado del orificio dentro del cilindro para la combustión. El sello de carbón evita que se forme carbón en la culata alrededor del inyector.



Fig. 2.3.8 Inyector DI (Serie 7000)

NOTA: Las pruebas han mostrado que los inyectores dentro de la gama especificada en la Instrucción Especial “Uso del Grupo de prueba del inyector 5P4150” (SSHS7292-10 o mayor), y la tabla para colgar en la pared “Servicio de

pruebas para los inyectores de combustible de la Serie 7000 Caterpillar” proporcionan un rendimiento aceptable del motor.

Identificación del inyector de combustible DI (Serie 7000).

Códigos de fabricación y número de pieza

Los nuevos inyectores de combustible de inyección directa (Serie 7000) tienen estampados, al lado del protector, la marca registrada Caterpillar, el número de pieza y el código del fabricante.

Tuberías de Combustible.

Por más simple que pueda parecer una tubería de combustible, su diseño es muy importante para el funcionamiento correcto del sistema de combustible. Algunas de las características que afectan el diseño de una tubería de combustible son el tamaño del orificio del inyector, la longitud y el diámetro interno.

El diámetro interno del extremo de la tubería de combustible es generalmente 0,25 milímetros (0,010 pulg) mayor que el diámetro interno del resto de la tubería. Esta diferencia es necesaria para permitir la alineación entre los componentes. También, como los casquillos se hacen de metal blando, se necesita una abertura mayor, ya que ésta disminuirá cuando se apriete la tuerca de la tubería de combustible. Este material blando se utiliza para asegurar un buen sellado entre las piezas acopladas.

Los ángulos y los dobleces de las tuberías de combustible de un motor pueden parecer extraños, pero son necesarios. La mayoría de los motores actuales tienen tuberías de combustible de la misma longitud para mantener una sincronización de inyección en los cilindros del motor. Si una tubería de combustible es más grande que las otras, el tiempo que toma en llegar el combustible al inyector es mayor. La sincronización es crucial para el rendimiento del motor.

No todas las tuberías tienen el mismo diámetro interno. Por razón de esas diferencias de diámetro, es importante que se use la tubería de combustible correcta. Para propósitos de identificación, todas las tuberías de combustible tienen adherida una etiqueta metálica. En ella se encuentra la información del número de pieza de la tubería de combustible. Revise el manual de piezas para asegurarse del uso correcto de las tuberías de combustible. Después de instalada la nueva tubería de combustible, quite la etiqueta metálica, para evitar daños.

Falla de las tuberías de combustible

Los casquillos de la tubería de combustible se hacen de metal blando para asegurar el sello entre la tubería de combustible y sus piezas conectadas. La abertura del casquillo es ligeramente mayor que el diámetro interno de la tubería de combustible. Esta abertura más grande compensa la pequeña distorsión que ocurre cuando se aprieta la tuerca de la tubería de combustible.

A medida que se aprieta la tuerca de la tubería de combustible, disminuye el tamaño de la abertura del casquillo. Si se usa un par excesivo en la tuerca, la abertura del casquillo puede disminuir hasta un punto en el que puede haber reducción del flujo de combustible. Si se vuelven a usar tuberías muy apretadas, resultará un sello defectuoso entre la tubería de combustible y sus piezas acopladas.

Este sello defectuoso puede originar fugas de combustible. La figura 2.3.9 muestra un casquillo de tubería de combustible dañado, por causa de un par excesivo en la tuerca de la tubería de combustible. Observe la marca dejada en el extremo del casquillo. Una marca leve es normal en todas las tuberías de combustible, pero cuando la tuerca se aprieta demasiado, la marca es profunda y comienza a dañarse el área detrás de la marca.

Consulte el Manual de Servicio correspondiente para el par correcto de las tuercas de la tubería de combustible.



Fig. 2.3.9 Daño de la tubería de combustible

En esta foto, la tubería de combustible fue dañada, por razón de un par excesivo aplicado a la tuerca.

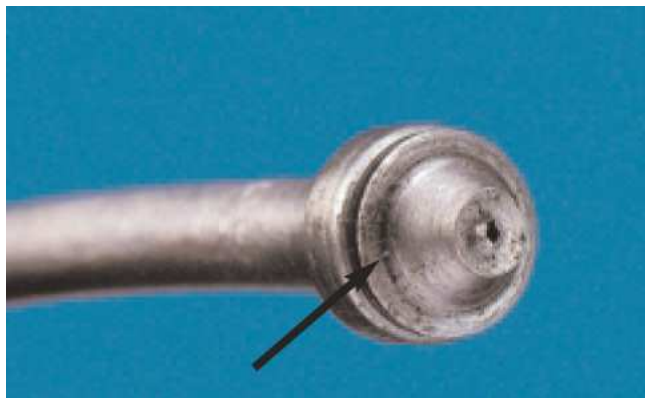


Fig. 2.3.10 Casquillo roto de la tubería de combustible

Esta foto muestra un casquillo roto de tubería de combustible.

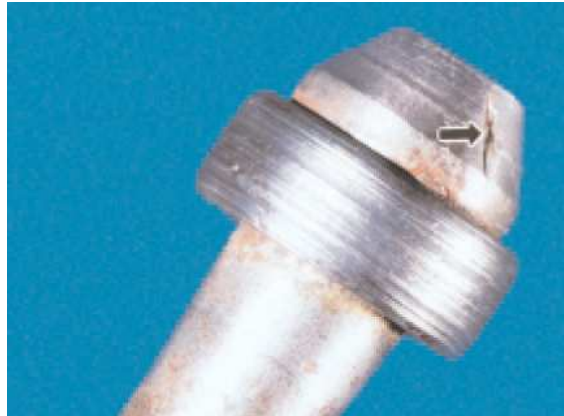


Fig. 2.3.11 Casquillo de tubería de combustible rayado

La figura 2.3.11 muestra un casquillo rayado (flecha) de una tubería de combustible. Esto evita un buen sellado entre el casquillo y su pieza acoplada. El resultado puede ser dilución de combustible.

El rayado del casquillo normalmente resulta de un manejo inadecuado o por material extraño. Siga las recomendaciones cuando quite o instale las tuberías de combustible. Asegúrese de que la tubería de combustible y sus componentes acoplados estén libres de material extraño antes de instalar la tubería de combustible.



Fig. 2.3.12 Arandela agrietada de la tubería de combustible

Una arandela de la tubería de combustible agrietada o rota (flecha), como se muestra en la figura 2.3.12, es normalmente el resultado de una falla de material y puede causar pérdidas de par y escape de combustible.



Fig. 2.3.13 Tensión en la tubería de combustible

Una tubería doblada o muy tensa puede romperse, como se muestra en la figura 2.3.13. Debe tenerse cuidado para evitar que las tuberías de combustible se doblen o se sobre tensionen demasiado cuando se instalan en el motor. Las tuberías de combustible deben estar en el sitio correcto antes de apretar las tuercas y las abrazaderas. La tubería de combustible rota debe reemplazarse. No ponga abrazaderas en tuberías de combustible rotas.



Fig. 2.3.14 Abrazaderas flojas de la tubería de combustible.

Las tuberías de combustible de las figuras 2.3.14 y 2.3.15 fueron dañadas por abrazaderas flojas de la tubería de combustible. Si se aflojan las abrazaderas, el movimiento durante la operación del motor gradualmente desgasta las tuberías.

La tubería de combustible de la figura 2.3.14 tiene solamente un ligero desgaste y puede usarse nuevamente.

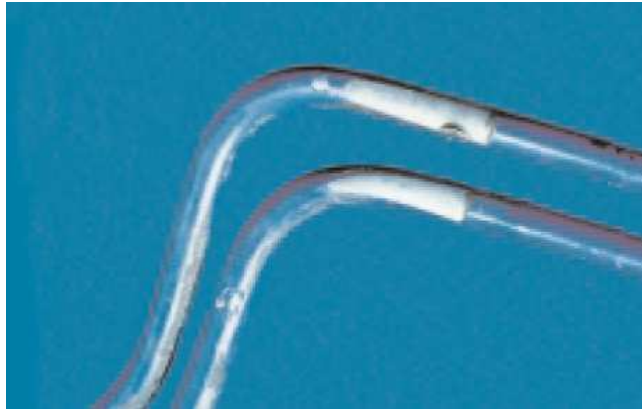


Fig. 2.3.15 Daños causados por abrazaderas flojas.

La tubería de combustible de la figura 2.3.15 debe reemplazarse, como resultado de los daños provocados por abrazaderas flojas.

Las abrazaderas también se desgastan. Si la abrazadera se dañó, como se muestra en la figura 2.3.16, debe reemplazarse.



Fig. 2.3.16 Daño por vibración en la abrazadera.

Si se dañó una tubería de combustible por razón de una abrazadera floja, no ponga abrazaderas en el área dañada.

Los daños o las fallas del pistón pueden resultar de calor excesivo alrededor de la cámara de combustión. El calor excesivo puede deberse a una falla del sistema de enfriamiento o de la boquilla de enfriamiento del pistón, a una sincronización de inyección incorrecta, a una restricción de la entrada de aire o escape, a un espacio libre incorrecto entre el pistón y el cilindro o a una falla del inyector de combustible. El calor excesivo puede hacer que un pistón se agarrote o que se erosione el cráter del pistón.

Es importante determinar la causa de este calor excesivo para identificar correctamente la causa del daño o la falla del pistón.

Cuando el pistón está dañado o agarrotado, hay cuatro factores que deben considerarse para determinar la causa:

Primero, considere el número de pistones dañados. Generalmente, si se ha dañado más de un pistón, la causa no es una falla del inyector de combustible. En estos casos, la causa pudo ser una falla del sistema de enfriamiento, una sincronización de inyección incorrecta o una restricción en la entrada o escape de aire. Si el daño del pistón se limitó a uno solo, la causa puede ser un espacio libre incorrecto entre el pistón y el cilindro, una falla en la boquilla de enfriamiento del pistón o una falla del inyector de combustible.

Segundo, después de determinar cuántos pistones se afectaron, examine el daño. El examen, en la mayoría de los casos, determina si el daño fue causado por una falla del inyector de combustible.



Fig. 2.3.17 Pistón dañado por una falla del inyector de combustible

El pistón de la figura 2.3.17 se dañó por una falla del inyector. Observe las condiciones de los bordes del cráter del pistón. Los bordes se erosionaron, por razón del calor excesivo en el cráter del pistón. La erosión comenzó en la parte interna del cráter del pistón y avanzó hacia afuera. Este calor excesivo fue el resultado del exceso de combustible inyectado. Esta condición la pueden ocasionar inyectores con VOP cero o cualquier otra falla del inyector que lleve a aumentar el flujo del combustible. Mientras más opere un motor en estas condiciones, más se erosionará el cráter del pistón. Si varios pistones tienen daño por erosión del cráter, inspeccione en busca de temperatura excesiva o restricción en la entrada o escape de aire. Una operación a grandes altitudes con ajustes incorrectos de inyección de combustible puede también causar daño de los pistones.



Fig. 2.3.18 Pistón dañado por causa diferente a una falla del inyector de combustible

En comparación, la figura 2.3.18 muestra un daño del pistón causado por una razón diferente de una falla del inyector. Observe la condición de los extremos del cráter del pistón donde no hay erosión. En este pistón, el daño está en las paredes. Este tipo de daño indica una falla del sistema de enfriamiento, un espacio libre incorrecto entre el pistón y el cilindro o una falla de la boquilla de enfriamiento del pistón.



Fig. 2.3.19 Daño del pistón, por causa de una sincronización de inyección incorrecta.

El daño del pistón causado por sincronización de inyección incorrecta afectará a varios pistones. Éstos tendrán apariencia similar a un pistón dañado por una falla del inyector de combustible. La diferencia entre los dos es que los pistones dañados por el inyector de combustible tendrán erosionado todo el borde alrededor del cráter del pistón. El pistón dañado por una incorrecta sincronización de inyección tendrá erosionados sólo cuatro puntos alrededor del cráter, como se muestra en la figura 2.3.19.

Guía de Localización y Solución de Problemas de Inyectores de Combustible, de Caterpillar, de la serie 700.

Problema	Causa	Corrección
Punta faltante o fuera de posición	1. Cuerpo con fisura	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Recalentamiento (sello de carbón derretido)	Reemplace el conjunto de inyector
Presión de apertura incorrecta	1. Piezas con fallas o desgastadas	Reemplace el conjunto de inyector
El inyector no abre	1. Orificios taponados	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Piezas con falla	Reemplace el conjunto de inyector
El inyector no pasa la prueba de "patrón de rociado"	1. Orificios taponados o con depósitos de carbón	1. Reempl. el conjunto de inyector 2. Descarte si orificios erosionados
	2. Punta con fisura	Reemplace el conjunto de inyector
	3. Material extraño en la punta	Reemplace el conjunto de inyector
	4. La punta del inyector fue cepillada con cerdas de acero	Reemplace el conjunto de inyector
Fugas en la punta	1. Depósitos en área del asiento	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Asiento de válvula erosionado y picado	Reemplace el conjunto de inyector
	3. Piezas con falla o desgaste	Reemplace el conjunto de inyector
	4. Punta con fisura	Reemplace el conjunto de inyector
Flujo alto por el orificio del tornillo de purga	1. Desgaste excesivo en la guía	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Piezas con falla o desgaste	Reemplace el conjunto de inyector
Escape externo en el tornillo de purga	1. Arandela del sello con desgaste	1. Reemplace la arandela de sello
	2. Manchas en la superf. del casco	Reemplace el conjunto de inyector
	3. Tornillo de purga con falla	3. Reemplace el tornillo de purga
Escape externo en la parte superior o inferior del sello (en el protector)	1. Presión excesiva	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Piezas con falla o desgaste	Reemplace el conjunto de inyector
	3. Par bajo del adaptador	Reemplace el conjunto de inyector
VOP de cero	1. Aguja pegada	Reemplace el conjunto de inyector
	2. Escombros	Reemplace el conjunto de inyector
	3. Punta rota	Reemplace el conjunto de inyector
	4. Piezas con falla	Reemplace el conjunto de inyector

Fig. 2.3.20 Tabla de localización y solución de problemas de los inyectores.

Lección 4: Pruebas del Inyector de Combustible.

Introducción

Esta lección trata acerca de las pruebas de los inyectores de combustible Caterpillar, incluyendo equipo, material de referencia y procedimientos de las pruebas. La lección también trata acerca de los síntomas del motor con inyectores defectuosos.

Objetivo

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes básicos de los inyectores de combustible, realizar las pruebas de los inyectores de combustible de lápiz y cápsula e identificar los síntomas de un inyector defectuoso.

Material de referencia

- Uso de la unidad de prueba del inyector 5P4150 y del juego 8S2245 SSHS7292
- Pruebas del inyector de combustible (video) SEVV9167
- Secuencia de pruebas para los inyectores de combustible de la Serie 7000 Caterpillar SEHS9083

Herramientas

- 5P4150 Grupo de pruebas de inyectores
- 5P8558 Grupo de calibración de manómetros
- 6V2196 Microscopio
- 9U7411 Fluido de calibración.

Aplicación de Los Motores.



Fig. 2.4.1 Aplicaciones del motor

Desde hace unos años, la población de motores Caterpillar ha venido creciendo rápidamente, gracias a la aceptación general que los motores Caterpillar tienen en muchos campos. Además de usarse en equipos de movimiento de tierra, los motores diésel Caterpillar potencian barcos y botes, plataformas petroleras, camiones de carretera, equipos agrícolas y muchos otros productos.

Los usuarios esperan de sus motores vida útil prologada y excelente rendimiento. En particular, confían en que el motor produzca potencia plena y sea eficiente en el consumo de combustible.

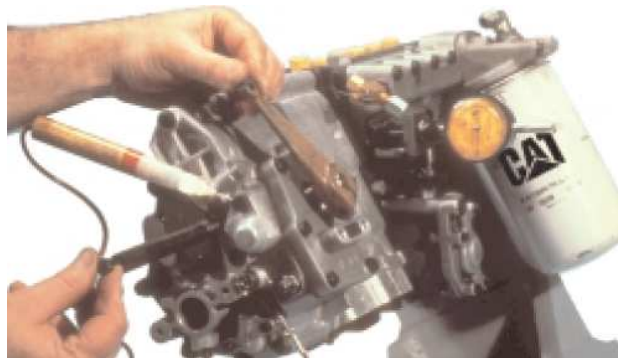


Fig. 2.4.2 Prueba del inyector de combustible.

Una manera de asegurar este rendimiento es realizar el servicio y las pruebas correctas a los componentes del sistema de combustible. La prueba del inyector de combustible es extremadamente importante.



Fig. 2.4.3 Inyectores de combustible.

Caterpillar ha empleado una gran cantidad de tiempo en estudios de laboratorio y campo que indiquen cuándo debe reemplazarse el inyector. Los inyectores en buenas condiciones, algunas veces se reemplazaban porque no se interpretaban bien los resultados de la prueba del inyector de combustible.

- **Operación del inyector**
- **Componentes del inyector**
- **Pruebas del inyector**

Fig. 2.4.4 Servicio del inyector de combustible

Se describirán con detalle la operación del inyector, el diagnóstico de los síntomas y las piezas que componen el inyector.

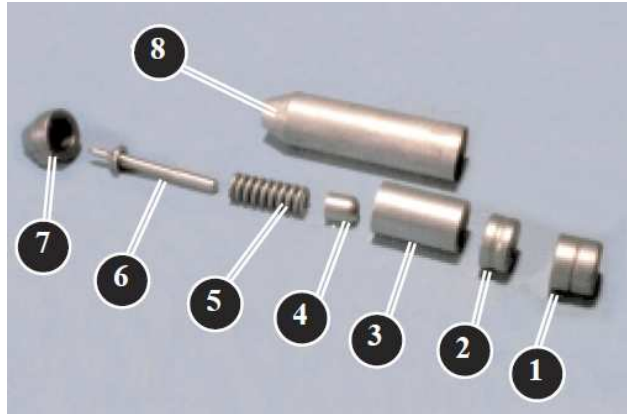


Fig. 2.4.5 Componentes del inyector de cápsula DI.

La figura muestra un inyector de cápsula de inyección directa desarmado de un Motor 3406. Estos componentes son similares a los encontrados en la mayoría de los otros inyectores. Estos incluyen: la rejilla o filtro (1), el tope (2), el espaciador (3), la guía de válvula (4), el resorte de apertura de válvula (5), el conjunto de la válvula de retención (6) y la punta con los orificios (7). La caja (8) mantiene las piezas en alineamiento apropiado hasta que son presionadas juntas mediante una tuerca del adaptador del inyector de combustible. La caja también ayuda a sellar las partes superior e inferior del inyector.

VOP Presión de tubería	13.100 kPa (1.900 lb/pulg ²) hasta 68.948 kPa (10.000 lb/pulg ²)
A 3.000 rpm A 600 rpm	Inyección 25 veces por segundo Inyección 5 veces por segundo

Fig. 2.4.6 Motor 3208/Inyector 9N3979.

Esta tabla muestra que un inyector de combustible debe suministrar combustible a alta presión y que esta presión varía rápidamente. En el Motor 3208, la presión de apertura de la válvula (VOP) es de alrededor de 13.100 kPa (1.900 lb/pulg²) y durante la inyección las presiones en la tubería pueden aumentar hasta 68.948 kPa (10.000 lb/pulg²).

También de la tabla vemos que a 3.000 rpm el inyector suministra combustible 25 veces por segundo, mientras que a velocidad en vacío de 600 rpm lo hace 5 veces por segundo.

Es obvio que un inyector de combustible trabaja bajo condiciones extremas.

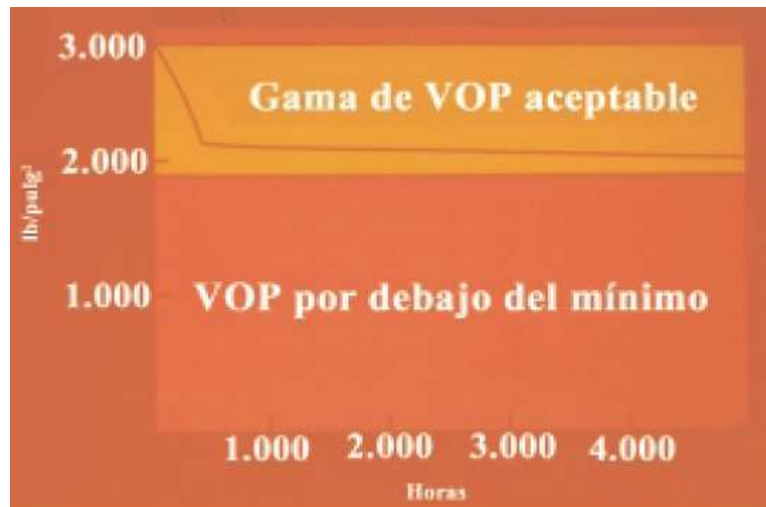


Fig. 2.4.7 Gamas VOP (Inyectores 1W5289).

Las condiciones de operación severas producen desgaste de las piezas internas del inyector. Por ejemplo, el desgaste del resorte de apertura de la válvula eventualmente puede llevar a una reducción de la presión de apertura de la válvula. Esta tabla muestra que la VOP aceptable en los inyectores 1W5289 está entre 13.100 kPa (1.900 lb/pulg²) y 19.995 kPa (2.900 lb/pulg²) como lo indica la sección amarilla de la figura. Un inyector nuevo probablemente tendrá la VOP en el límite alto de la gama aceptable.

Cuando se pone en servicio un inyector, la VOP generalmente muestra una disminución fuerte durante las primeras 200 horas de servicio, pero después de este período de acondicionamiento, permanece prácticamente constante y en la gama aceptable por largo tiempo. Esta caída de presión de apertura de la válvula no afecta el rendimiento del motor.

Paradójicamente, VOP un poco inferiores pueden producir más potencia.

Vida Útil del Inyector.

**LA VIDA ÚTIL DEL INYECTOR
DEBE SER DE ALMENOS
5.000 HORAS**

Fig. 2.4.8 Vida útil del inyector de combustible.

Si se usa combustible limpio dentro de las especificaciones Caterpillar, la vida útil de un inyector puede ser de al menos 5.000 horas y, en la mayoría de los casos, con un adecuado mantenimiento, los inyectores operarán mucho más tiempo. En efecto, hay inyectores aún en servicio después de más de 30.000 horas.

Algunos inyectores se reemplazan después de relativamente pocas horas de servicio, debido a que las pruebas de los inyectores no siempre llevan a la causa principal del problema.



Fig. 2.4.9 Grupo de prueba del inyector 5P4150.

Los inyectores de combustible Caterpillar se examinan en el Grupo de prueba de inyectores 5P4150. El grupo de prueba tiene dos manómetros: uno de presión baja y el otro de presión alta. El manómetro de presión baja puede medir presiones hasta de 6.895 kPa (1.000 lb/pulg²) y se usa para probar inyectores de cápsula de motores con cámara de precombustión. El medidor de presión alta tiene un límite de hasta 34.474 kPa (5.000 lb/pulg²) y se usa para inyectores de cápsula en motores con inyección directa y para inyectores de lápiz.

El aparato de prueba tiene cinco válvulas de lanzadera de operación manual que controlan la selección del manómetro y mantienen o drenan la presión. En el lado izquierdo del aparato de prueba están la válvula protectora del manómetro de presión baja y la válvula aisladora de la bomba. En el lado derecho están la válvula protectora del manómetro de presión alta y la válvula de CONEXIÓN/DESCONEXIÓN.



Fig. 2.4.10 Válvulas de lanzadera 5P4150.

En la parte trasera del aparato de prueba está la válvula protectora de los dos manómetros de presión, la cual debe estar en posición abierta siempre que se realice la prueba de un inyector. No olvide revisar esta válvula antes de la prueba.



Fig. 2.4.11 Llène el tanque con aceite de calibración.

Ahora, asegúrese de que el tanque esté lleno con aceite de calibración limpio. Un nivel bajo de aceite hará que se produzca una operación débil de la bomba del aparato de prueba. No use combustible diesel en el aparato de prueba, porque la evaporación del combustible diesel dejará un depósito de barniz en los inyectores de prueba.

Asegúrese también de que los manómetros de presión estén limpios, sin daño y calibrados correctamente.



Fig. 2.4.12 Grupo de calibración de manómetros 5P8588.

En la figura 2.4.12, se está instalando un manómetro al Grupo de calibración de manómetros 5P8558, para verificar la exactitud de los manómetros de prueba. La calibración debe hacerse al menos cuatro veces al año para mantener la medición exacta de los manómetros y reducir el número de reemplazos de inyectores buenos causados por mediciones erradas o poco exactas.



Fig. 2.4.13 Manómetro en mal estado.

La figura muestra un manómetro dañado. La aguja no retorna a la posición cero. Éste producirá lecturas inexactas y debe reemplazarse.

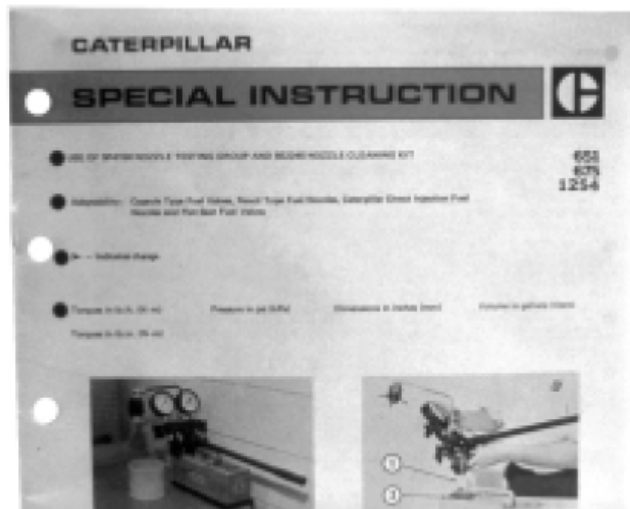


Fig. 2.4.14 Instrucción Especial de prueba de inyectores.

La publicación Instrucción Especial "Uso del Grupo de pruebas de inyectores 5P4150" (SSHS7292) proporciona instrucciones detalladas de todas las pruebas de los inyectores de combustible Caterpillar. Allí también se encuentran los procedimientos para la localización y solución de problemas, limpieza y ajuste de inyectores de lápiz, y la lista de piezas y de información de pedidos de piezas del equipo de prueba del inyector.

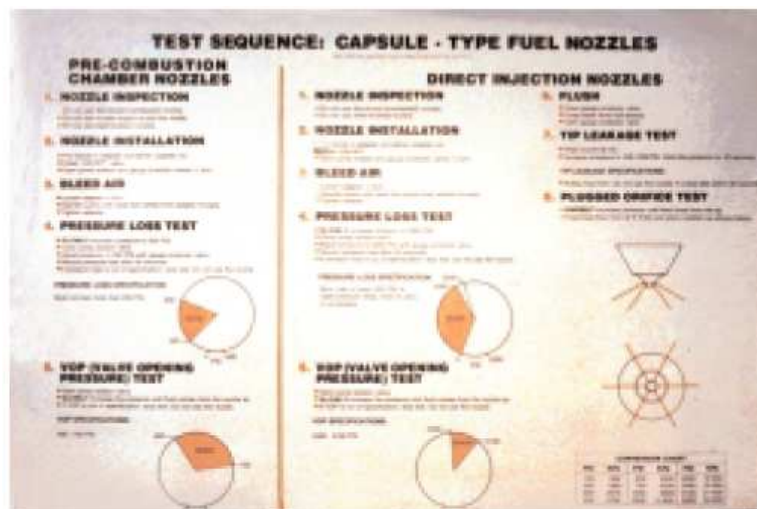


Fig. 2.4.15 Tabla de pared de pruebas de inyectores.

También hay tablas para colgar en la pared que suministran, paso a paso, las instrucciones de las pruebas del inyector.

En esta figura 2.4.15 se muestra una tabla con los procedimientos de las pruebas de los inyectores de cápsula.

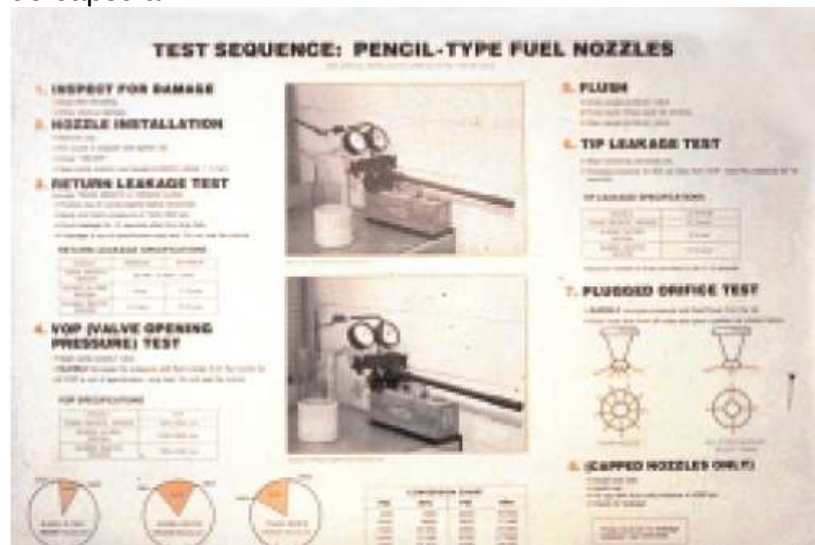


Fig. 2.4.16 Tabla de pared de inyectores de lápiz.

Una segunda tabla indica los procedimientos de las pruebas de los inyectores de combustible de lápiz.

Una mirada de cerca a esta tabla muestra que el primer paso de la prueba es revisar el inyector en busca de daños externos.



Fig. 2.4.17 Inspeccione los inyectores en busca de daños.

Antes de instalar un inyector en el adaptador, debe examinarse visualmente por daño externo, como el de un cepillado incorrecto con cerdas de acero o depósitos excesivos de carbón en la punta del inyector.



Fig. 2.4.18 Punta de inyector y microscopio 6V2196.

El microscopio 6V2196, mostrado en uso a la derecha de la figura, puede usarse para revisar orificios taponados o dañados causados por un cepillado con cerdas de acero o para buscar material extraño. La punta del inyector, a la izquierda, da cierta idea de cómo se verá el inyector aumentado. Es normal encontrar manchas y algo de carbón en la punta del inyector.



Fig. 2.4.19 Cepillo de cerdas de bronce.

El exceso de carbón puede eliminarse de la punta del inyector limpiándolo con cepillo de cerdas de bronce. No use cepillo de cerdas de acero.



Fig. 2.4.20 Cerdas de acero y cerdas de bronce.

Las cerdas de acero (vistas a la derecha) tienen un diámetro muy grande y son muy duras para usarse en la limpieza de las puntas de los inyectores. Las cerdas de bronce son de diámetro más pequeño, blandas y quitan el carbón sin dañar los orificios.

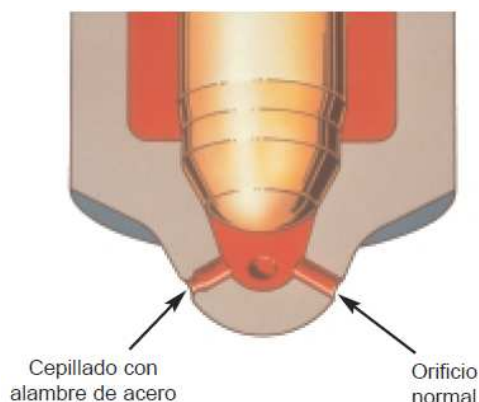


Fig. 2.4.21 Orificio en mal estado y orificio normal.

Esta figura muestra la diferencia entre un orificio normal y uno dañado por el cepillado con cerdas de acero. Un orificio normal tendrá bordes agudos, limpios, que permiten un completo flujo de combustible. Un cepillo de cerdas de acero hace que estos bordes agudos se enrosquen y que se cierre parcialmente el orificio de inyección, reducen el suministro de combustible y, por tanto, la potencia del motor.



Fig. 2.4.22 Inyector instalado en el equipo de prueba.

Después de revisar visualmente el inyector, estamos listos para instalarlo en el equipo de prueba. Si el inyector tiene tapa, quítela antes de instalarlo en el equipo de prueba. Inspeccione dentro de la tapa en busca de escombros o partículas de metal que puedan indicar una falla del inyector o del sistema de combustible. Entonces, conecte el inyector al extremo de la tubería de extensión y apriete la tuerca a mano para no dañar el equipo de prueba.

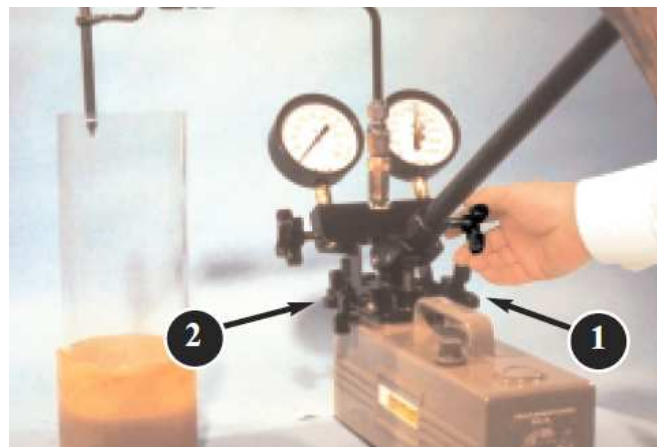


Fig. 2.4.23 Válvulas de ajuste en el equipo de prueba.

Para completar la instalación, cierre la válvula de CONEXIÓN/DESCONEXIÓN (1) y abra la válvula aisladora de la bomba (2) y la válvula de protección del manómetro de presión alta.

NOTA: Siempre use gafas de seguridad cuando pruebe los inyectores de combustible. El aceite a presión alta que sale de los orificios en la punta del inyector puede incrustarse en la piel y causar serias lesiones al operador.

Siempre mantenga la punta del inyector señalando hacia abajo del operador o hacia el recipiente colector.



Fig. 2.4.24 Prueba de fugas de retorno.

La prueba de fugas de retorno determina si hay fuga interna excesiva del inyector.

Para realizar esta prueba, ponga la punta del inyector ligeramente inclinada y aplique una presión entre 9.653 kPa (1.400 lb/pulg²) y 11.032 kPa (1.600 lb/pulg²). Entonces, cuente el número de gotas que caen de la parte superior del inyector en 15 segundos. Si hay fuga excesiva de combustible por la parte superior del inyector, puede deberse a una traba hidráulica que evitará un suministro adecuado de combustible.

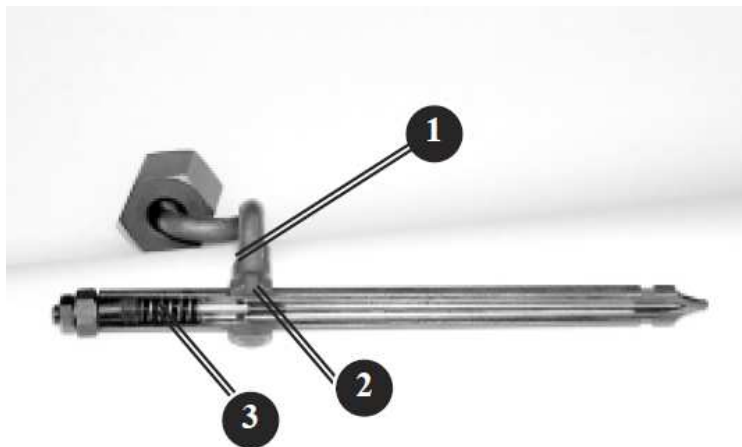


Fig. 2.4.25 Piezas internas del inyector.

Sin embargo, recuerde que cierta cantidad de fuga es necesaria para lubricar las piezas internas del inyector. Parte del combustible debe escapar del área de volumen del inyector (1), pasar la válvula de retención y la guía (2), e ir alrededor del resorte de apertura de la válvula (3).

PRUEBA DE PRESIÓN DE APERTURA DE LA VÁLVULA (VOP)	
▪ Abra la válvula aisladora de la bomba ▪ Aumente LENTAMENTE la presión hasta que salga fluido del inyector ▪ Si el valor VOP está fuera de especificación, detenga la prueba No use el inyector	
ESPECIFICACIONES VOP	
INYECTOR	VOP
7N449, 9N3979, 1W5829	10.342-17.926 kPa (1500-2600 lb/pulg ²)
9L9263, 9L7883 9N2366	16.547-19.995 kPa (2400-2900 lb/pulg ²)
9L6968, 9N3700 9N3299	13.100-19.995 kPa (1900-2900 lb/pulg ²)

Fig. 2.4.26 Prueba VOP.

A continuación, pruebe la presión de apertura de la válvula. Esto determina la presión que sacará del asiento la válvula de retención del inyector y que iniciará la inyección.



Fig. 2.4.27 Prueba VOP.

Bombee lentamente la manija del equipo de prueba hasta que comience a salir fluido por la punta del inyector. Verifique la lectura del manómetro de presión alta para asegurarse de que la VOP esté dentro de las especificaciones. La instrucción especial de la prueba del inyector indica cómo ajustar el resorte de apertura de la válvula si la VOP está muy baja o muy alta. Durante esta prueba, algo de ruido puede ocurrir a medida que la válvula de retención se mueve de su asiento.

Esto sucede, gracias a que la VOP se mantiene constante, y ocurre sólo cuando el inyector está en el equipo de prueba. En el motor, la presión aumenta rápidamente

hasta 68.945 kPa (10.000 lb/pulg²), lo que mantiene la válvula de retención abierta y elimina el ruido.

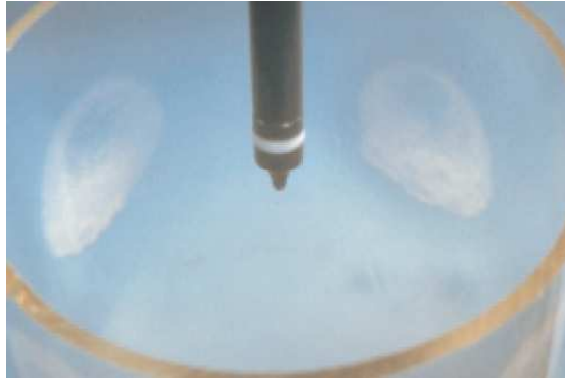


Fig. 2.4.28 Drenaje del inyector después de la prueba de la VOP.

Después de la prueba de la VOP, es necesario drenar el inyector para eliminar cualquier aire atrapado en el sistema.

Cierre la válvula de protección del manómetro de presión alta para evitar daños del manómetro, y bombee con la palanca del equipo de prueba tres carreras completas, hasta asegurarse de que sale fluido de la punta del inyector.



Fig. 2.4.29 Prueba de fuga por la punta.

La siguiente prueba es la de fuga por la punta y se realiza para asegurarse de que hay un buen sello en el asiento de la válvula.

Primero, limpie completamente la punta y el cuerpo del inyector. Entonces, aumente la presión hasta 1.379 kPa (200 lb/pulg²) por debajo de la VOP mínima y mantenga la presión por 15 segundos.

Cuente el número de gotas que caen de la punta. Consulte la tabla de especificaciones para asegurarse de que la fuga por la punta no es excesiva.

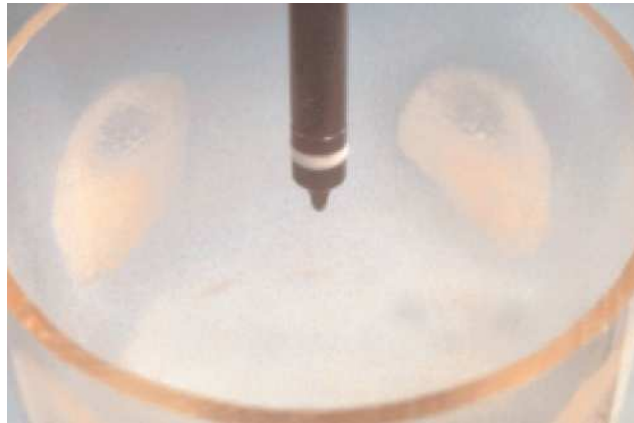


Fig. 2.4.30 Prueba de orificio taponado.

La prueba de orificios taponados se diseñó para asegurarse de que todos los orificios estén abiertos, como se muestra en la figura.

Anteriormente, la prueba realizaba un aumento lento de la presión hasta que el fluido salía por la punta del inyector.



Fig. 2.4.31 Patrón de la prueba de orificio taponado.

Esta carrera a baja presión puede producir una inyección parcial que causa un patrón defectuoso y da la apariencia de orificios taponados. Muchos inyectores se cambiaron innecesariamente a causa de esto. Para evitar esto, se cambiaron las instrucciones de

la prueba y ahora se hace una carrera rápida en el equipo de prueba. El líquido debe fluir desde todos los orificios y presentar un patrón como el que se muestra arriba.

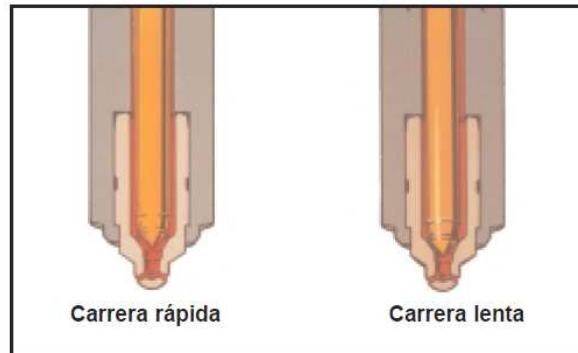


Fig. 2.4.32 Carreras del inyector.

La carrera rápida, ilustrada a la izquierda de la figura, hace que el conjunto de la válvula de retención se levante completamente de su asiento como si estuviera en condiciones de operación en el motor. Esto nos dará una mejor indicación de las aberturas de los orificios.

En una carrera lenta no se levanta completamente la válvula de retención, sino que se mueve hacia un lado del asiento e interfiere con el flujo de aceite de uno o más orificios. El patrón resultante puede dar la apariencia de un orificio taponado.

Actualmente, si todos los orificios están abiertos, y se inyecta la cantidad apropiada de combustible, el patrón producido no es crucial para la combustión como generalmente se pensó. Una mirada al cráter de combustión de un pistón mostrará por qué esto es verdad.



Fig. 2.4.33 Cráter de combustión en la corona del pistón.

La figura 2,4,33 muestra la combustión en la corona del pistón. El inyector suministra el combustible en un área de diámetro de 6,35 cm (2,5 pulg) a las velocidades altas

mencionadas anteriormente. Un motor "ve" el patrón de combustible de forma diferente de como nosotros lo captamos en el colector de plexiglás usado durante la prueba, ya que el aire que circula en este cráter se mueve a 3.000 cm/segundo (100 pies/segundo) lo que ayuda a pulverizar el combustible tan pronto como se inyecta.

Por razón de la diferencia de velocidad y tamaño entre el equipo de prueba y el cráter de combustión, la prueba de orificio taponado no debe usarse para interpretar patrones de inyección, sino sólo como indicación de que todos los orificios están abiertos y el combustible inyectado se envía en sentido correcto.



Fig. 2.4.34 Inyectores de lápiz.

Esto completa la secuencia de pruebas en los inyectores de lápiz. Si un inyector pasa estas pruebas, debe funcionar bien dentro del motor.



Fig. 2.4.35 Inyectores de combustible de cápsula.

Hay dos tipos de inyectores de cápsula de combustible. A la izquierda de la figura vemos el inyector usado en los sistemas de combustible con cámara de precombustión. El inyector de la derecha se usa en el sistema de combustible de inyección directa.

La diferencia principal entre estos dos tipos de inyectores es que los inyectores de cámara de precombustión tienen sólo un orificio de diámetro grande que inyecta el combustible a la cámara de precombustión, mientras que los de inyección directa tienen múltiples orificios para inyectar el combustible en el cráter de combustión de la corona del pistón.

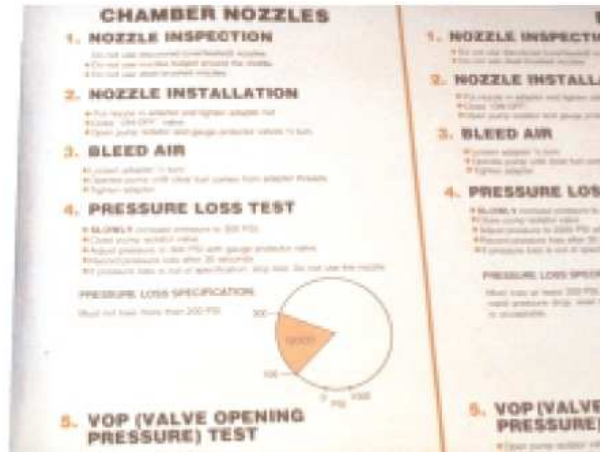


Fig. 2.4.36 Pruebas de los inyectores DC.

Las pruebas del inyector de cámara de precombustión son únicamente la de pérdida de presión y la de presión de apertura de la válvula. Como estos inyectores tienen sólo un orificio de diámetro grande, no se hace la prueba de orificio taponado.

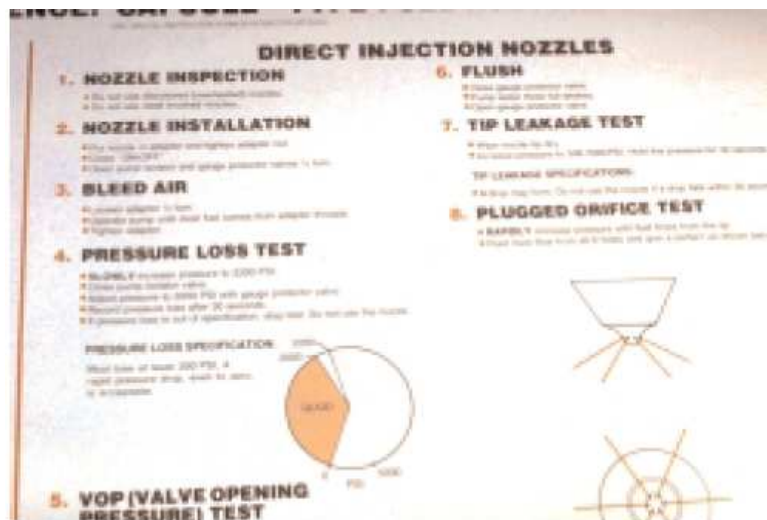


Fig. 2.4.37 Pruebas de inyectores DI.

Las pruebas de los inyectores de inyección directa incluyen la prueba de pérdida de presión, la prueba de fugas de la punta y la prueba del orificio taponado.

Las siguientes pruebas usan inyectores DI en su descripción.



Fig. 2.4.38 Inspección de inyectores.

Antes de instalar el inyector en el adaptador del equipo de prueba, realice una inspección visual en busca de decoloración o daño por cepillo con cerdas de acero.



Fig. 2.4.39 Cajas de inyectores.

Para que el inyector funcione correctamente, la caja debe estar en buenas condiciones y sin daños, como lo muestra el inyector más a la izquierda de la figura.

El inyector del centro tuvo un par de instalación excesivo, lo que hizo que la parte superior de la caja se abultara y dejara el inyector inaceptable para el uso. Es aceptable un ligero abultamiento en la parte superior de la caja. Revise cuidadosamente para ver si hay cualquier fisura en la caja.

El inyector de la derecha tiene una caja abultada en el medio y debe cambiarse. Este problema puede deberse a una fuga interna, un par de instalación bajo o calentamiento, si así lo indica un color oscuro del inyector.



Fig. 2.4.40 Orificio de inyector y microscopio 6V2196.

El uso del microscopio 6V2196 Caterpillar, mostrado a la derecha de la gráfica, hará más fácil la inspección de los orificios del inyector.

- La vista aumentada de la izquierda muestra que la caja tiene algunas hendiduras y rayones, que no afectarán el rendimiento del inyector.
- Los orificios no están taponados y no hay depósitos excesivos en la punta del inyector, de modo que el inyector puede instalarse en el equipo de prueba.



Fig. 2.4.41 Instalación del inyector en el equipo de prueba.

Ponga el inyector en su soporte (1) y atornille el soporte al adaptador SP8744 (2). El adaptador es de auto sellado y normalmente necesita poca fuerza de giro en el soporte del inyector.

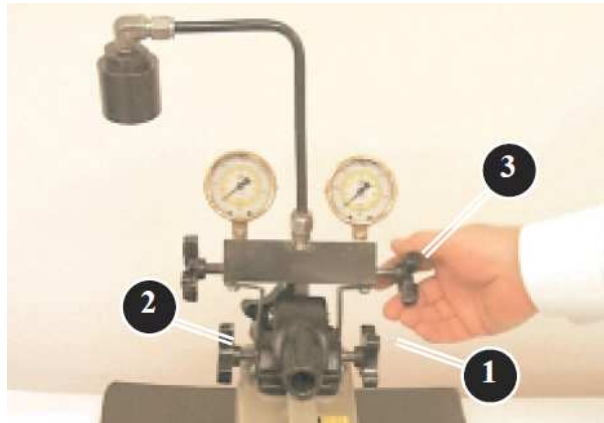


Fig. 2.4.42 Ajuste de válvulas en el equipo de prueba.

Para completar la instalación, cierre la válvula de CONEXIÓN/DESCONEXIÓN (1), abra la válvula aisladora de la bomba (2) y gire media vuelta la válvula de protección del manómetro de presión alta.

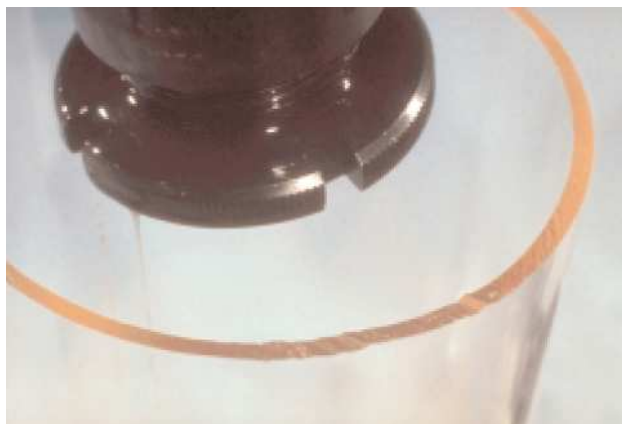


Fig. 2.4.43 Drenaje de aire atrapado.

Antes de realizar cualquier prueba en los inyectores de combustible de cápsula, debe drenarse todo el aire atrapado en el sistema.

Para hacer esto, suelte el soporte del inyector media vuelta y bombee con la palanca del equipo de prueba hasta que el fluido limpio salga de las roscas del adaptador. Luego, apriete el soporte en el adaptador y comience la secuencia de pruebas.



Fig. 2.4.44 Prueba de pérdida de presión.

Hay dos elementos en la prueba de pérdida de presión: el primero es la cantidad de presión que se pierde y el segundo es el tiempo que toma perder la presión.

La presión en el inyector se aumenta hasta 15.168 kPa (2.200 lb/pulg²) y luego se cierra la válvula aisladora de la bomba. El aceite debe escaparse hacia atrás entre la válvula de retención y la guía para lubricar las piezas del inyector; por tanto, la presión caerá. Si el inyector está bueno, esta pérdida debe ser de al menos 1.379 kPa (200 lb/pulg²) en 30 segundos.

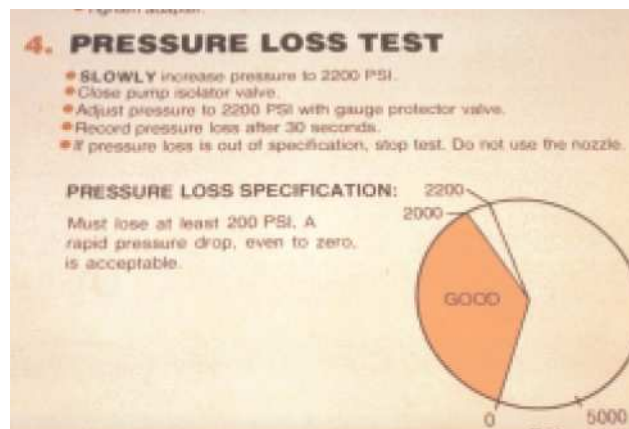


Fig. 2.4.45 Prueba de pérdida de presión.

Una caída rápida de presión, aun hasta cero, es aceptable. La pérdida excesiva de presión indicaría que se necesitarían más de cuatro carreras completas con la palanca del equipo de prueba para obtener la presión de 15.168 kPa (2.200 lb/pulg²). Si esto sucede en el equipo de prueba, descarte el inyector.

Una pérdida rápida y total de presión no causará dilución del aceite por combustible en el cárter.

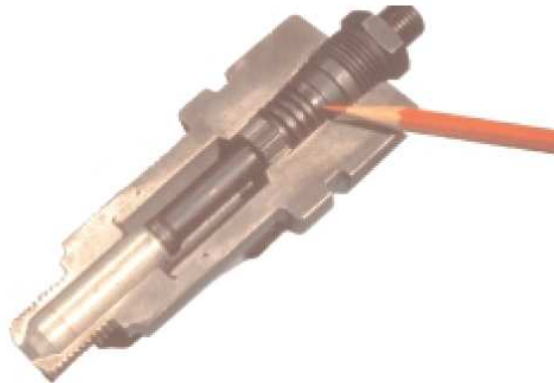


Fig. 2.4.46 Sello del adaptador del inyector.

Si el aceite lubricante tuviera dilución por combustible, esto generalmente causaría daño del sello de caucho cuadrado en el adaptador del inyector o se debería a una fuga de las conexiones del sistema de combustible.

El combustible se fuga hacia atrás del inyector sólo cuando el área de volumen atrapada del adaptador (vea el lápiz en la figura) esté lleno. Ésta es una característica del diseño del inyector y tiene que ver con la pérdida de presión rápida del equipo de prueba. Una vez llena el área de volumen atrapada, no hay más fugas de combustible en el inyector a menos que esté dañado el sello de caucho.



Fig. 2.4.47 Prueba de la VOP.

Ahora, probaremos la presión de apertura de la válvula de los inyectores de inyección directa. Esta prueba mide la presión a la cual se levanta de su asiento la válvula de retención, al comienzo de la inyección.

Baje lentamente la palanca del equipo de prueba y observe cuando comience la inyección. En este punto, lea en el manómetro de presión alta y compare la VOP obtenida con el valor de la tabla de especificación.

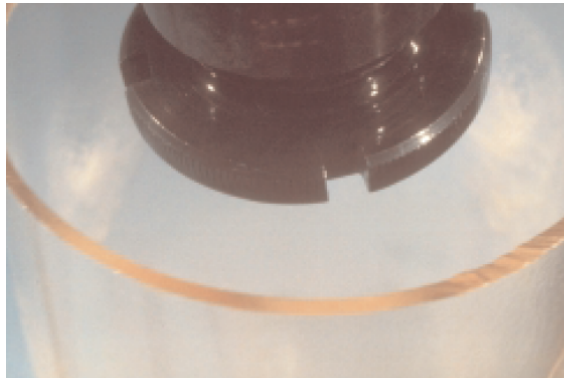


Fig. 2.4.48 Drenaje del inyector y unidad de prueba.

Antes de continuar la secuencia de pruebas, el inyector y el equipo de prueba deben drenarse para sacar el aire atrapado.

Para hacer esto, cierre la válvula de protección del manómetro de presión alta y bombee con la palanca del equipo de prueba tres carreras completas. Debe salir fluido limpio del inyector.

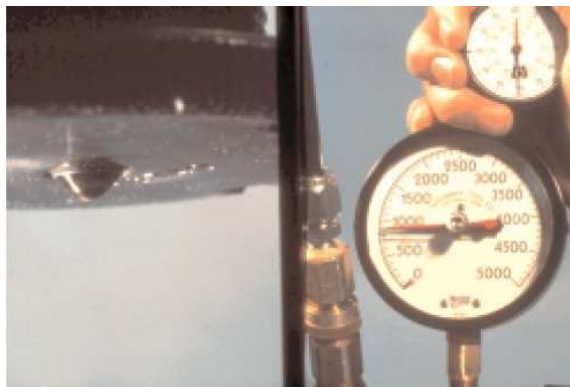


Fig. 2.4.49 Prueba de escape por la punta.

La prueba de escape por la punta del inyector se hace para asegurarse de que haya un buen sello en el asiento de la válvula, ya que los inyectores de inyección directa no deben tener fuga de combustible a presiones bajas.

Primero, seque la punta del inyector. Limpie alrededor de la parte interna de la conexión al equipo de prueba para evitar que cualquier fuga de retorno del adaptador boca abajo le dé una indicación falsa de escape en la punta. Luego, aumente la presión

hasta un valor entre 3.447 kPa y 6.895 kPa (de 500 lb/pulg² a 1.000 lb/pulg²) y mantenga esta presión por 30 segundos. Durante este tiempo puede aparecer una gota en el inyector, pero no debe caer.



Fig. 2.4.50 Prueba de orificio taponado.

La prueba del orificio taponado incluye una carrera rápida de la palanca del equipo de prueba que se acerca más a la condición de inyección rápida con la que trabaja un inyector en un motor. La válvula de retención se levantará completamente de su asiento y permitirá un flujo sin restricción de combustible a los orificios.

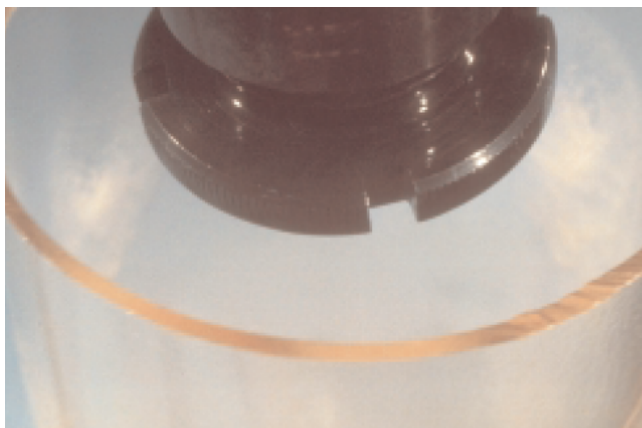


Fig. 2.4.51 Asegúrese de que todos los orificios inyecten combustible.

Para tener una indicación exacta de si hay orificios taponados, bombee la palanca del equipo de prueba a carrera plena tan rápidamente como sea posible. Revise para ver si se inyecta fluido de todos los orificios. Recuerde que este combustible inyectado se

pulverizará rápidamente en la corona del pistón por el movimiento del aire en el cráter de combustión.



Fig. 2.4.52 Inyectores de lápiz y de cápsula.

En este punto puede revisar los procedimientos de las pruebas de los inyectores de lápiz o de cápsula.

- **Alto consumo de combustible**
- **Aumento de potencia**
- **Humo blanco en el arranque**

Fig. 2.4.53 VOP por debajo de especificación.

Un inyector con presión de apertura de válvula por debajo de las especificaciones suministrará combustible en exceso a la cámara de combustión. Esto significa consumo mayor de combustible y, en los motores con cámara de precombustión, se producirá más potencia.

Los motores de inyección directa mostrarán un aumento leve de potencia y se presentará humo blanco en el motor a temperaturas de operación normal.

Es importante recordar que una VOP baja generalmente no afecta la marcha suave del motor sino cuando ésta sea menor que 70% de la especificación mínima. Muchos motores aún funcionarán suavemente con inyectores con VOP moderadamente bajas. Por debajo de este valor, se afectará el rendimiento del motor y podrían ocurrir daños.

- **Fallo de encendido del motor**
- **Agarrotamiento del pistón**
- **Dilución de aceite del cárter**
- **Gases de combustión en el sistema de combustible**

Fig. 2.4.54 Válvula pegada y abierta.

Un inyector con una válvula de retención pegada y abierta hará que el motor tenga un difícil arranque y tarde o temprano puede agarrotar el pistón y/o causar dilución de aceite del cárter. Esto puede también llevar a que los gases de combustión vayan al sistema de combustible, especialmente en los inyectores de inyección directa.

El material extraño puede hacer que una válvula se pegue en posición abierta. Por esta razón, no lave los inyectores antes de la prueba de la VOP, pues el lavado puede desprender los escombros, y las pruebas subsecuentes mostrarán un inyector bueno. Si hay indicación de escombros en el inyector, inspeccione en busca de combustible sucio o un sistema de combustible contaminado.

- **Rateo a baja velocidad**
- **Niveles altos de emisión**

Fig. 2.4.55 Fuga excesiva en la punta del inyector.

Fugas excesivas en la punta del inyector hacen que el combustible fluya al cilindro después de la inyección, lo cual produce rateo a velocidades bajas y altos niveles de emisiones. En casos extremos, la falla puede ocurrir a velocidades altas y los gases de combustión pueden entrar al inyector.

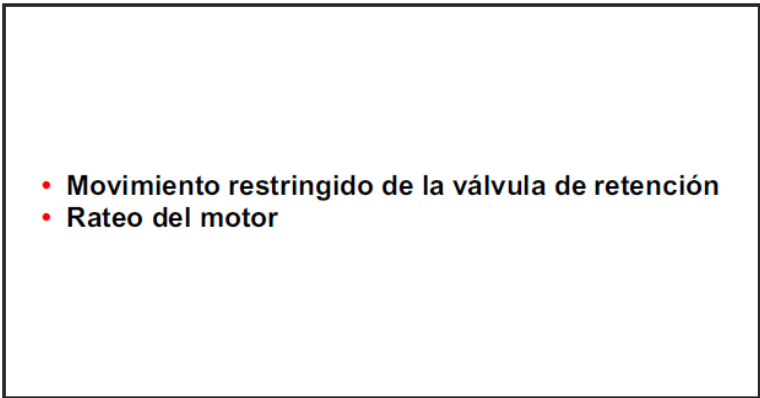
- 
- **Movimiento restringido de la válvula de retención**
 - **Rateo del motor**

Fig. 2.4.56 Fuga de retorno insuficiente.

La fuga de retorno insuficiente en los inyectores de inyección directa indica que las piezas internas del inyector no están siendo lubricadas correctamente. Esto puede restringir el movimiento de la válvula de retención y, como resultado, el motor puede funcionar erráticamente y ratear.

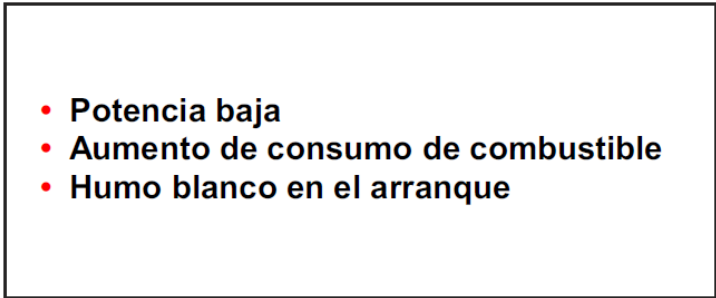
- 
- **Potencia baja**
 - **Aumento de consumo de combustible**
 - **Humo blanco en el arranque**

Fig. 2.4.57 Orificios taponados.

Los orificios taponados producen una distribución incorrecta de combustible, lo que puede hacer que un motor funcione con potencia baja. Esto generalmente se detecta en el aumento del consumo de combustible, y puede haber excesivo humo blanco en el arranque y puesta en marcha del equipo.

Los contaminantes del combustible por partículas de material de desgaste excesivo en el sistema de combustible pueden taponar o deteriorar los orificios. El uso continuo de combustible con contaminantes puede también resultar en desgaste abrasivo de los orificios, lo que aumentará su diámetro y originará flujo de combustible, humo y potencia excesiva.

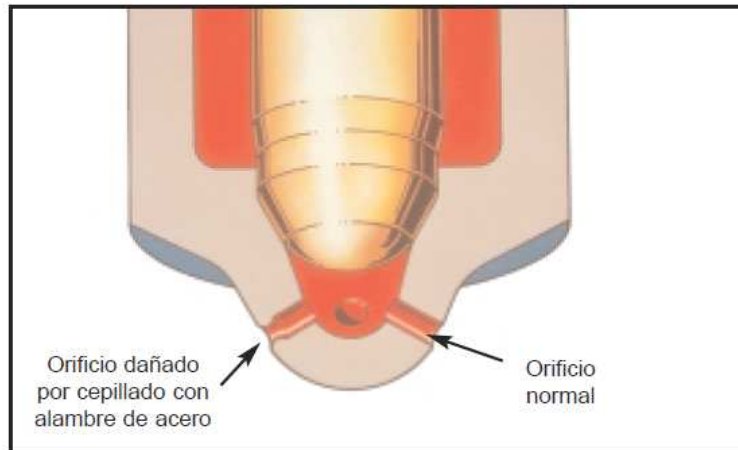


Fig. 2.4.58 Orificio en mal estado y orificio normal.

Los inyectores cepillados con cerdas de acero producen potencia baja, pero no afectan los resultados de las pruebas. Esto se debe a que no se dañan las piezas internas que controlan la presión de apertura de la válvula, la fuga de retorno y la fuga de la punta del inyector, y funcionarán correctamente aunque no haya flujo adecuado de combustible a través de los orificios dañados.

NOTA: Revise la "Tabla de localización y solución de problemas de los inyectores de combustible" (Lección 4, Hoja 1) como ayuda para entender los problemas del sistema de combustible causados por los inyectores.

UNIDAD III: Reguladores y Sistemas de Combustibles

Introducción

En esta unidad veremos los diferentes reguladores y sistemas de combustible usados en los motores Caterpillar.

Objetivos

Después de completar esta unidad, el estudiante podrá identificar los componentes del regulador y del sistema de combustible y explicar su operación.

Material de referencia

- Referencia de rendimiento del motor (GMG00977) LEXT1044
- CD del sistema de dosificación con manguito LERV9802
- Uso del Grupo de herramientas de ajuste del regulador 6V6070 SSHS8024
- Dispositivo de extracción FT1820
- Herramienta de extracción FT1906

Herramientas

- 6V6070 Grupo de herramientas de ajuste del regulador
- 6V9128 (9S0240) Grupo de herramientas de la posición de la cremallera
- 6V6106 Indicador de esfera
- 9S8903 Punto de contacto (cara cónica plana)
- 3P1565 Abrazadera de collar
- 9S7350 Grupo de soporte
- 8T0500 Probador del circuito
- FT1820 Dispositivo, pruebas y ajustes del control de la relación de aire combustible
- FT1906 Grupo de herramientas, juego de pruebas del control de la relación de aire- combustible.
- Caja de herramientas del mecánico.

Lección 1: Reguladores y Sistemas de Combustible con Bomba Helicoidal de Modelos Antiguos.

Introducción

Esta lección explica la función de los controles del regulador e incluye la identificación de los componentes y su operación.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes del regulador y de los sistemas de combustible con bomba helicoidal y explicar su operación.

Material de referencia

- Ninguno

Herramientas

- Ninguna



Fig. 3.1.1 Reguladores.

Todos los motores diesel Caterpillar con sistemas de combustible mecánico tienen regulador. Los motores diesel pueden aumentar la velocidad a más de 2.000 revoluciones por segundo. Sin un regulador, un motor diesel podría destruirse rápidamente.



Fig. 3.1.2 El motor diesel debe tener un regulador.

Nunca opere un motor diesel sin un regulador de control. Si usted tuviera un motor diesel sin carga y sin el regulador conectado, y moviera la cremallera de combustible a la posición máxima de "ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE", la velocidad del motor excedería los límites de operación de seguridad mucho antes de poder apagarlo. Uno o dos segundos bastarían para colapsar el sistema antes de que usted sepa qué sucedió, tiempo en que el motor ya habrá sido seriamente dañado por sobrevelocidad.

La frase "Nunca opere un motor sin un regulador" no puede menospreciarse. Además, los reguladores mantienen el motor en funcionamiento a las velocidades deseadas y permiten el aumento o la disminución de la salida de potencia del motor para cumplir con las variadas demandas de carga.



Fig. 3.1.3 Regulador mecánico.

Esta lección presentará y explicará el regulador mecánico. El regulador mecánico es el más simple y el básico de los diferentes tipos de reguladores.

Además del regulador mecánico, en los motores Caterpillar se usan reguladores servo-mecánicos, hidráulicos y electrónicos. Estos reguladores se verán en otras presentaciones.



Fig. 3.1.4 Regulador en el motor.

Éste es un acercamiento de un regulador montado en la parte trasera de la caja de la bomba de inyección de combustible.

Se usarán diagramas para explicar la construcción y la operación del regulador.

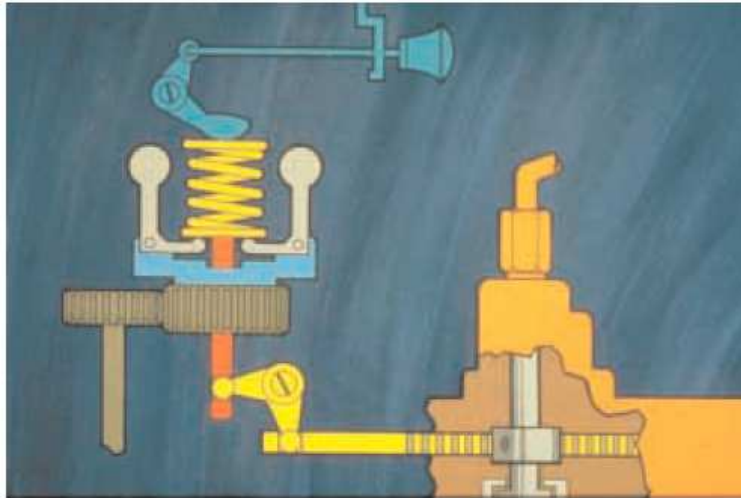


Fig. 3.1.5 Mecanismos de medición de velocidad y regulación de combustible.

Los reguladores mecánicos de los motores diesel constan de dos mecanismos básicos: El mecanismo de medición de velocidad (izquierda) y el de regulación de combustible (derecha).

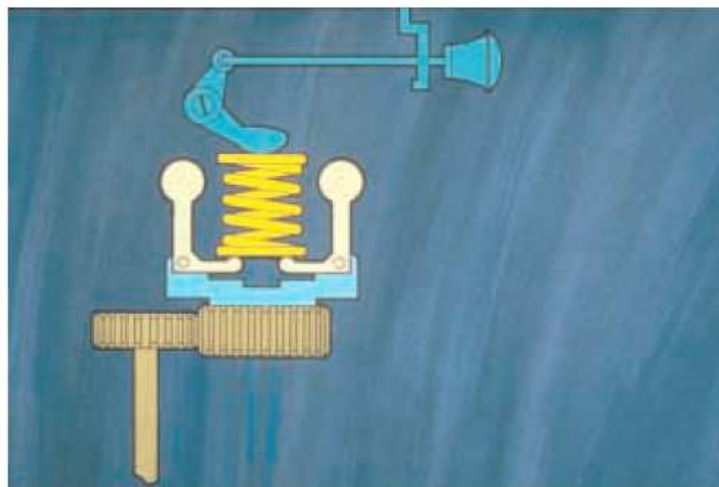


Fig. 3.1.6 Mecanismo de medición de velocidad.

El mecanismo de medición de velocidad indica los cambios de velocidad del motor.

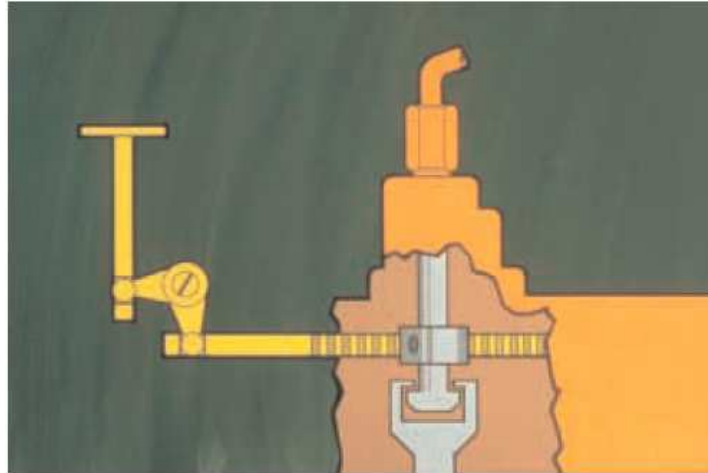


Fig. 3.1.7 Mecanismo de regulación de combustible.

El mecanismo de regulación de combustible permite aumentar o disminuir la cantidad de combustible entregada al motor para adaptarse a los cambios de velocidad.

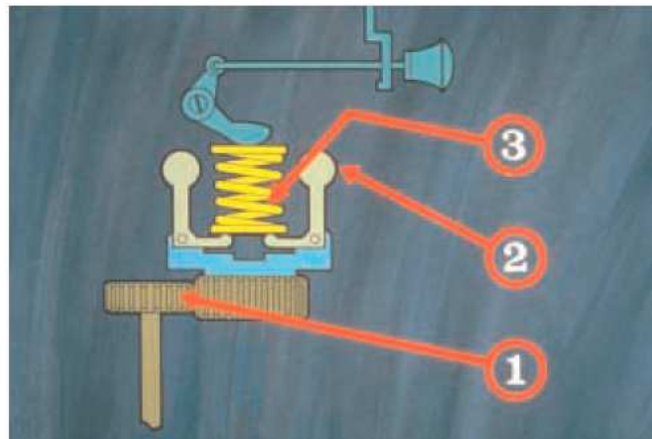


Fig. 3.1.8 Componentes del mecanismo de medición de velocidad.

El mecanismo de medición de velocidad es simple, tiene pocas piezas en movimiento e indica con exactitud la velocidad del motor. Sus principales piezas son: el mando de engranajes del motor (1), los contrapesos (2) y el resorte (3).

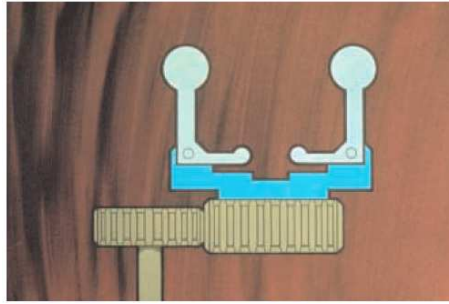


Fig. 3.1.9 Contrapesos.

El motor hace girar los contrapesos.

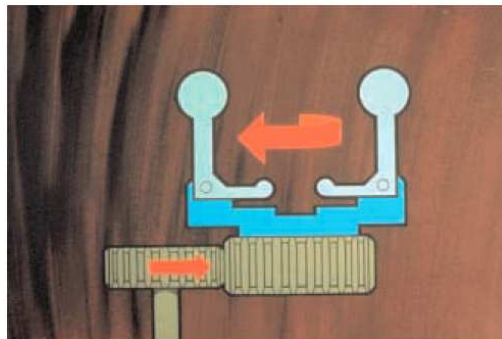


Fig. 3.1.10 Giro de los contrapesos.

Los contrapesos giran en este sentido.

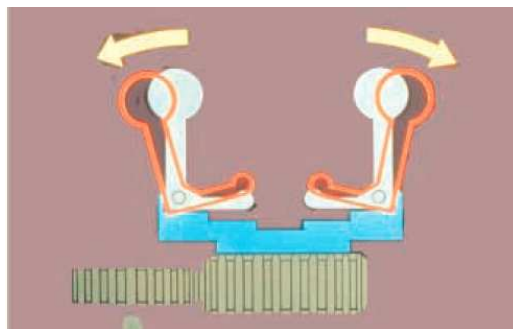


Fig. 3.1.11 Los contrapesos ejercen fuerza centrífuga.

A medida que los contrapesos giran, ejercen una fuerza centrífuga hacia afuera. Los contrapesos se mueven hacia afuera pivotando los brazos de bola en un movimiento hacia afuera. La fuerza hacia afuera depende de la velocidad de rotación. La fuerza centrífuga es el principio de operación básico del mecanismo de medición de velocidad. Pero, ¿qué es la fuerza centrífuga?



Fig. 3.1.12 Bola en una cuerda.

Si atamos una bola a una cuerda.



Fig. 3.1.14 Fuerza centrífuga que actúa en la bola.

más y más rápido, en la bola se ejerce una fuerza hacia afuera, llamada fuerza centrífuga. La fuerza centrífuga hace girar la bola hacia arriba y hacia afuera hasta que la cuerda queda prácticamente recta.

Y podemos ver que, mientras más rápido la giramos, la fuerza tira más de la cuerda y hace girar la bola más lejos hacia afuera.

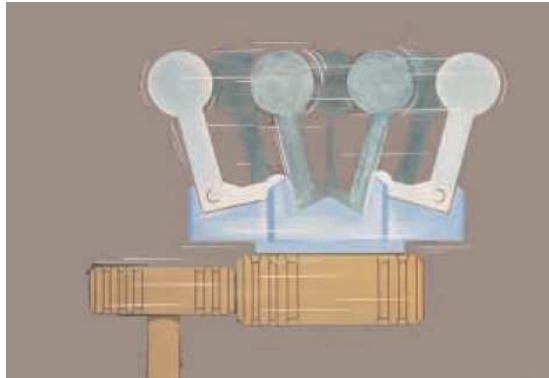


Fig. 3.1.15 Fuerza centrífuga que actúa en el regulador.

Esta fuerza centrífuga es el principio básico usado en la operación de la medición de la velocidad del regulador del motor diesel. Tenga en mente la fuerza centrífuga mientras vemos las otras partes del mecanismo de velocidad del motor. Recuerde: mientras mayor sea la velocidad del motor, mayor es la fuerza centrífuga y, por tanto, mayor el movimiento de los contrapesos y de los brazos de la bola.

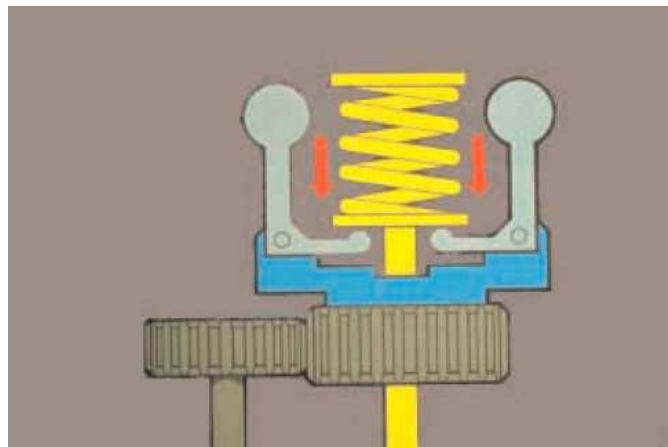


Fig. 3.1.16 Resorte del regulador.

El regulador controla la fuerza centrífuga. El resorte actúa contra la fuerza de rotación de los contrapesos y tiende a oponerse a éstos. La fuerza ejercida por el resorte depende del ajuste del control del regulador.

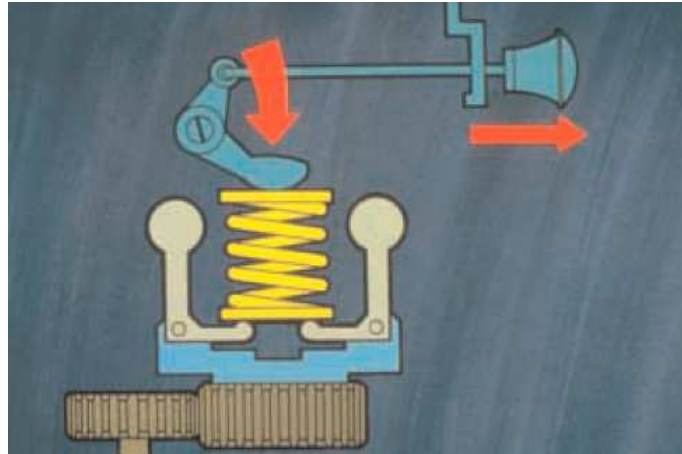


Fig. 3.1.17 Palanca de control del regulador.

Una palanca conectada al control del regulador empuja o comprime el resorte. La fuerza del resorte se opone a los contrapesos para regular el ajuste de velocidad deseada del motor.

El control del regulador, mostrado aquí como una simple perilla de tirar/empujar, puede ser una palanca de control de operación manual o un pedal de aceleración.

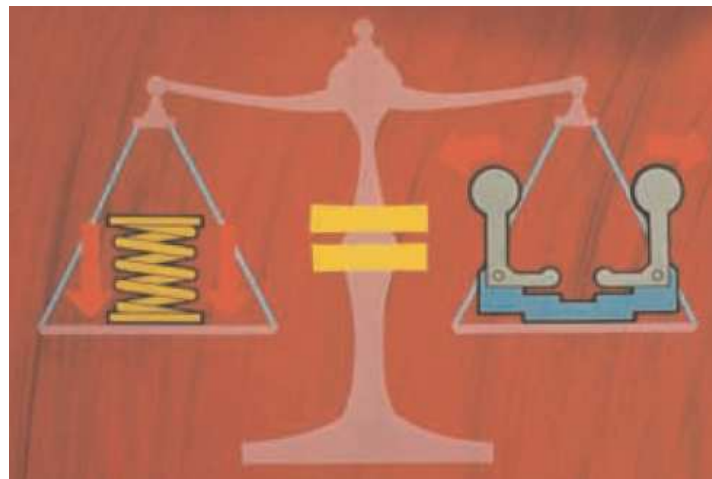


Fig. 3.1.18 Resorte = Fuerza centrífuga (velocidad constante)

Mientras la fuerza del resorte equilibra la fuerza centrífuga del contrapeso, la velocidad del motor permanece constante.

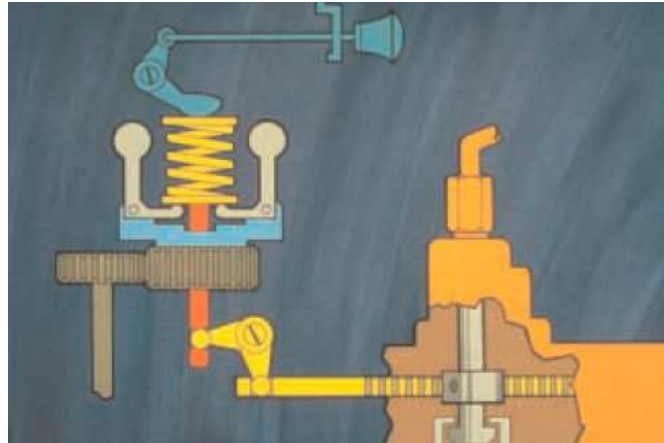


Fig. 3.1.19 Componentes del regulador.

El mecanismo de medición de velocidad, entonces, detecta y mide los cambios de velocidad del motor. El mecanismo de regulación de combustible se conecta al de medición de velocidad con las bombas de inyección de combustible, para controlar la velocidad del motor.

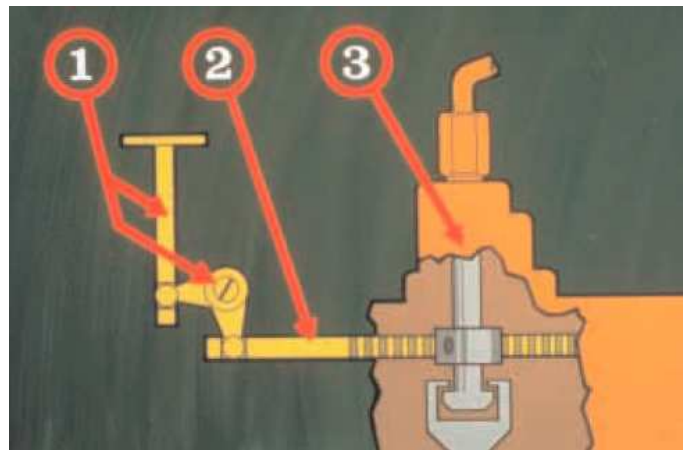


Fig. 3.1.20 Componentes de regulación de combustible.

El mecanismo de regulación de combustible consta del varillaje de conexión (1), la cremallera (2) y la bomba de inyección de combustible (3).

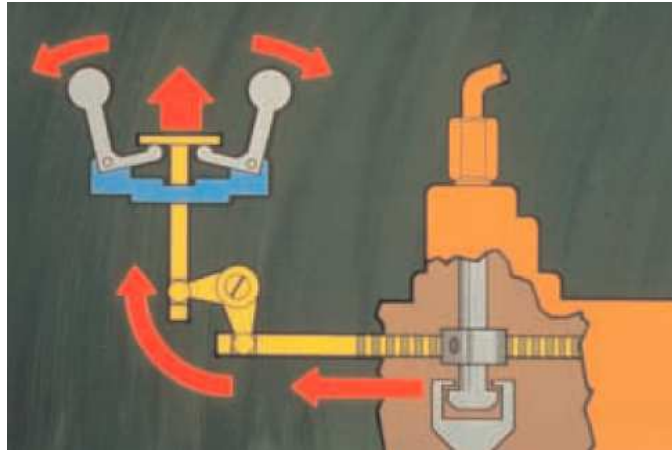


Fig. 3.1.21 Movimiento de los contrapesos.

El movimiento de los contrapesos - hacia afuera - en este ejemplo, se debe a que la velocidad del motor se transfiere a través del varillaje simple a la cremallera y, por tanto, al émbolo de la bomba de inyección de combustible.

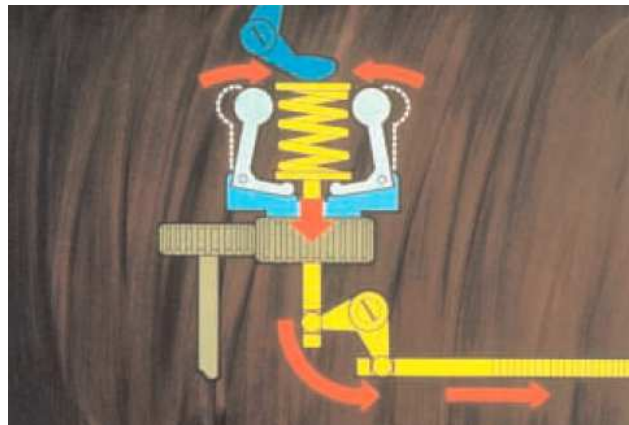


Fig. 3.1.22 Aumento de la carga del motor / Disminución de la velocidad.

Cuando aumenta la carga del motor - como cuando se excava con un tractor topador - la velocidad disminuye. Los contrapesos son obligados a disminuir de velocidad y el resorte mueve el varillaje y la cremallera para aumentar la cantidad de combustible al motor. La posición de aumento de combustible se mantiene hasta que la velocidad del motor vuelve al valor deseado y la fuerza de los contrapesos de nuevo equilibra la fuerza del resorte.

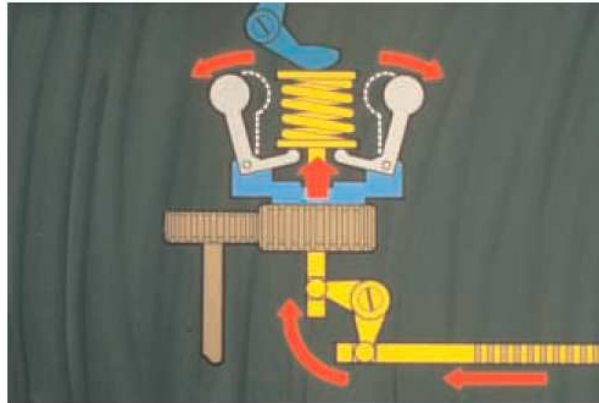


Fig. 3.1.23 Disminución de la carga del motor/Aumento de la velocidad.

Cuando disminuye la carga del motor, la velocidad aumenta. La fuerza de los contrapesos aumenta, sobrepasa la fuerza del resorte, mueve la cremallera a la posición de disminución de combustible y se envía menos combustible al motor. La posición de disminución de combustible se mantiene hasta que la velocidad del motor retorna al ajuste del control de regulador, y la fuerza del resorte de nuevo equilibra la fuerza de los contrapesos.

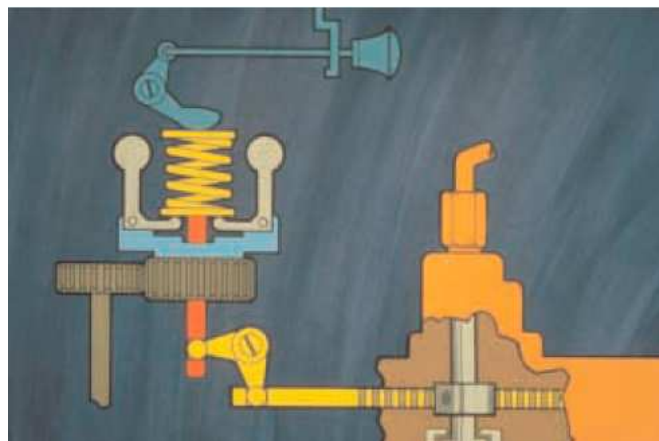


Fig. 3.1.24 Regulador básico.

En resumen, el regulador básico consta de engranajes de mando, contrapesos, resorte y palancas del control del mecanismo de medición de velocidad y del varillaje de conexión, cremallera y bomba de inyección de combustible del mecanismo de regulación de combustible.

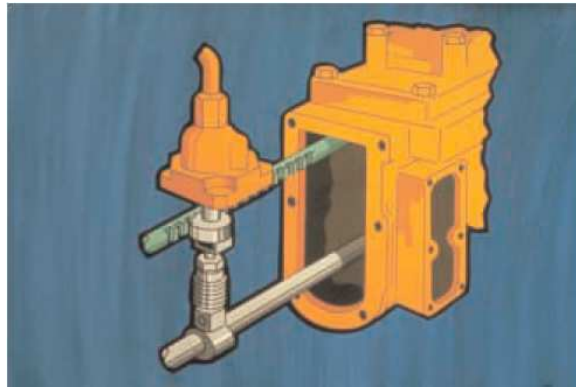


Fig. 3.1.25 Caja de la bomba de inyección de combustible.

La cremallera que se acopla a los segmentos del engranaje del émbolo de la bomba de inyección se extiende de la caja de la bomba de inyección dentro del regulador. La cremallera y las bombas de inyección de combustible son parte del conjunto de la caja de la bomba de inyección de combustible.

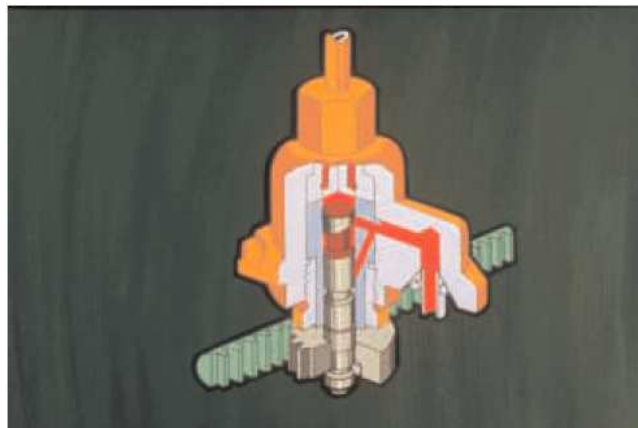


Fig. 3.1.26 Bomba de inyección de combustible.

La bomba de inyección dosifica el combustible y lo envía a las válvulas de inyección. La válvula de inyección se verá con detalle más adelante en esta lección.



Fig. 3.1.27 Regulador y caja de la bomba de combustible.

En este corte del regulador y de la caja de la bomba de inyección de combustible, vemos que la cremallera se extiende hasta adentro del regulador. El movimiento de la cremallera controla la cantidad de combustible inyectado en cada cilindro.



Fig. 3.1.28 Cojinete de empuje.

En esta sección de corte de la caja, vemos los contrapesos, el resorte, el asiento de resorte y el cojinete de empuje. El cojinete de empuje (no mencionado anteriormente) es un cojinete antifricción ubicado entre los brazos de las bolas de los contrapesos, que giran, y el asiento del resorte el cual, por supuesto, no gira.

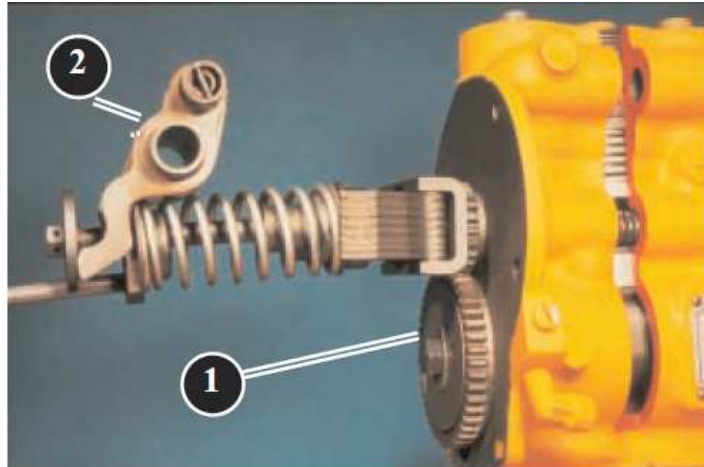


Fig. 3.1.29 Engranajes de mando del regulador y palanca de control.

Un engranaje inferior impulsa el regulador (1). El engranaje está empernado al árbol de levas de la bomba de dirección de combustible.

La palanca de control (2) se quitó de su eje en la caja del regulador y se puso en su lugar para mostrar cómo está conectada.

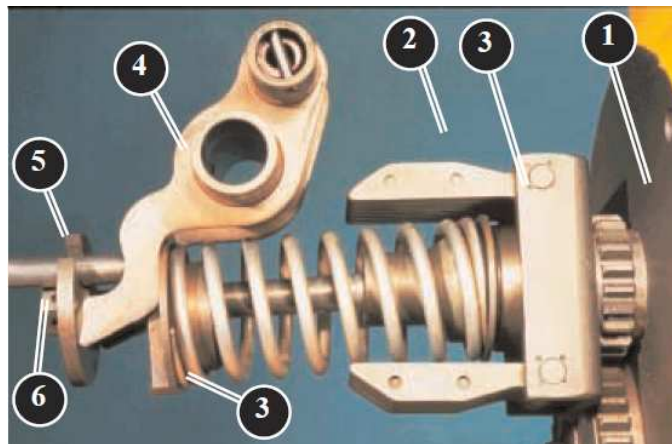


Fig. 3.1.30 Componentes del regulador.

Mirando más de cerca, podemos ver (de derecha a izquierda) los engranajes de mando (1), los contrapesos (2), el asiento del resorte (3), la palanca de control (4), y el collar (5) y el perno (6) conectados a la cremallera.

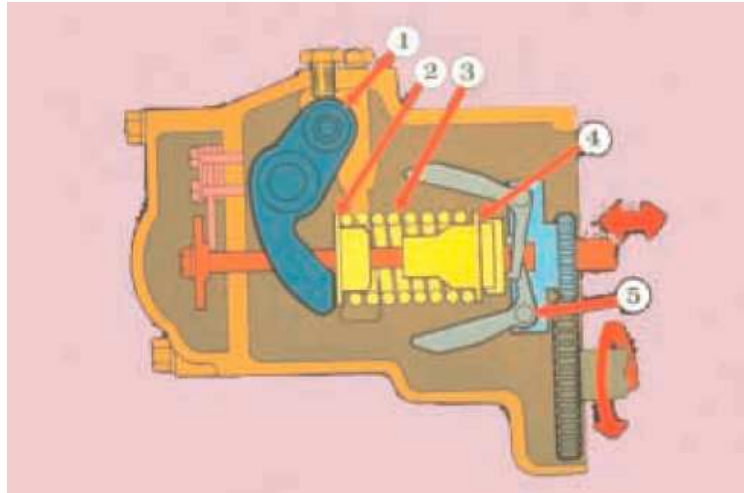


Fig. 3.1.31 Componentes del regulador.

En la figura se ve un corte completo del regulador. Aquí vemos la palanca (1), el asiento de resorte (2), el resorte (3), el asiento de resorte (4) y el conjunto del cojinete de empuje y los contrapesos (5).

Las flechas indican el sentido de giro del engranaje de mando y el sentido de desplazamiento de la cremallera.

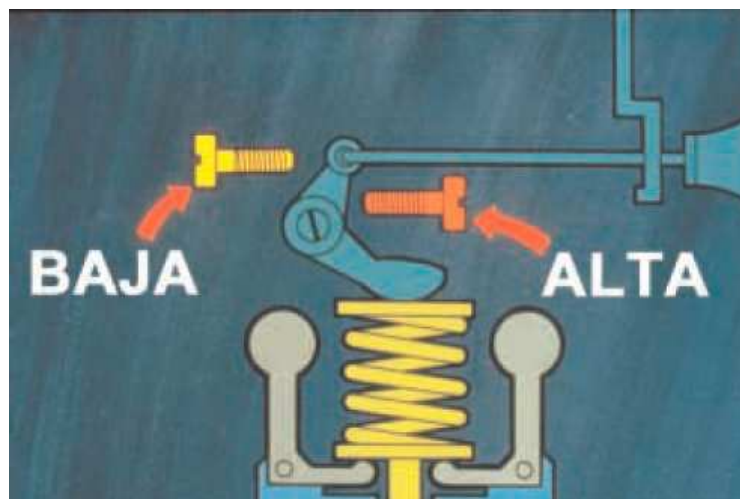


Fig. 3.1.32 Tornillos de ajuste de velocidad en vacío.

Dos tornillos de ajuste limitan el desplazamiento de la palanca de control del regulador entre las posiciones de velocidad BAJA EN VACÍO y velocidad ALTA EN VACÍO.

El tope de la velocidad baja en vacío y el de la velocidad alta en vacío son simplemente los valores de las rpm mínimas y máximas del motor sin carga.

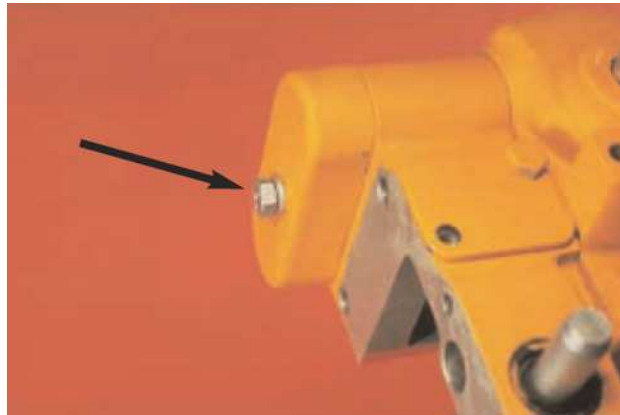


Fig. 3.1.33 Tapa de los tornillos de ajuste.

Los tornillos de ajuste de velocidad alta en vacío y de velocidad baja en vacío se encuentran detrás de la tapa del regulador (flecha).

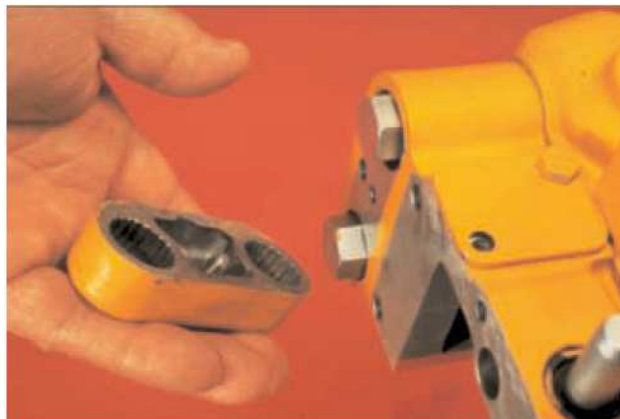


Fig. 3.1.34 Tornillos de ajuste del regulador.

Observe que los orificios de la tapa están diseñados para trabar los tornillos y evitar que giren después de su ajuste.



Fig. 3.1.35 Palanca de control del operador.

La palanca de control del operador (flecha) se deja en la posición de regulador deseada: velocidad baja en vacío, velocidad alta en vacío o corte de combustible.



Fig. 3.1.36 Posición de VELOCIDAD BAJA EN VACÍO.

Cuando la palanca del regulador está en posición de VELOCIDAD BAJA EN VACÍO, un émbolo cargado por resorte del conjunto de la palanca hace contacto con el tope de la velocidad baja en vacío del tornillo de ajuste.



Fig. 3.1.38 Parada del motor.

Para parar el motor, el control del regulador se mueve totalmente hacia adelante, pasando el collar del tornillo de velocidad baja en vacío.

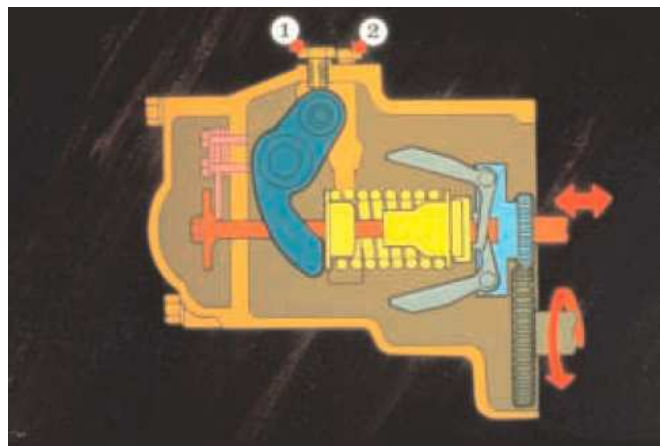


Fig. 3.1.39 Sección transversal del regulador.

Esta vista de la sección transversal del regulador, muestra el tornillo de ajuste de velocidad alta en vacío (1) y el tornillo de ajuste de velocidad baja en vacío (2). La palanca está contra el tornillo de VELOCIDAD ALTA EN VACÍO.

Los tornillos de velocidad baja en vacío y velocidad alta en vacío limitan las rpm mínimas y máximas del motor sin carga.

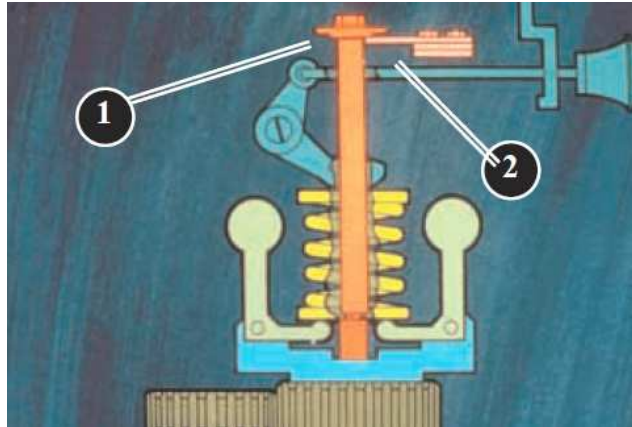


Fig. 3.1.40 Collar y barra de tope.

Un collar (1) y una barra de tope (2) limitan el desplazamiento de la cremallera y, por tanto, la salida de potencia. El collar es sujetado por un perno que conecta el varillaje de la cremallera. La barra de tope está montada en la caja del regulador. Con la cremallera en la posición de CARGA PLENA, el collar apenas hace contacto con la barra de tope.

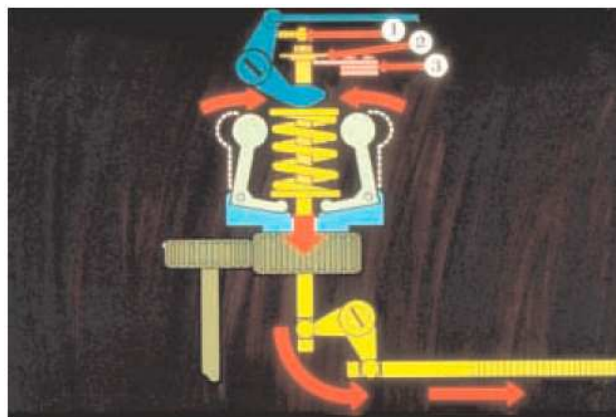


Fig. 3.1.41 Posición de CARGA PLENA.

Cuando el motor opera con el regulador en velocidad alta en vacío (1) y el motor toma carga, la velocidad disminuye, se pierde fuerza centrífuga en los contrapesos, y el resorte mueve la cremallera para dar al motor mayor potencia y aumentar la cantidad de combustible.

El collar (2) y la barra de tope (3) limitan la distancia que el resorte puede mover la cremallera. A medida que el collar hace contacto con la barra de tope, se alcanza la posición de carga máxima. Esto limita el combustible enviado al motor de modo que no exceda las limitaciones de diseño.

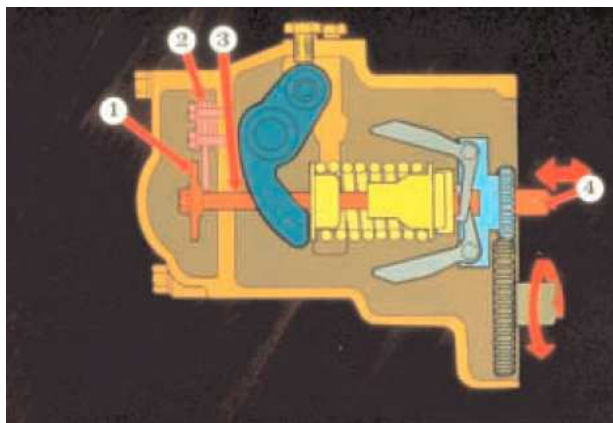


Fig. 3.1.42 Sección transversal del regulador.

Si volvemos al corte transversal del regulador, observamos la ubicación del collar (1), la barra de tope (2), el perno (3) y la cremallera (4).

Al igual que en otros componentes del motor diesel, debe lubricarse el regulador para obtener una larga vida útil. Veamos a continuación un diagrama del sistema de lubricación del regulador.

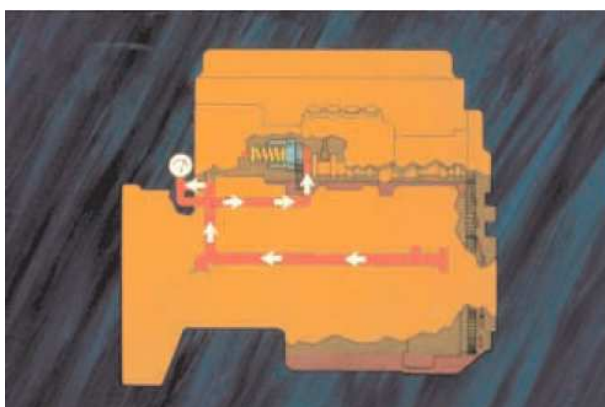


Fig. 3.1.43 Lubricación del regulador.

El sistema de lubricación del motor lubrica el regulador. El aceite del múltiple de aceite del motor diesel se envía al cojinete de mando del regulador. Todas las otras piezas del regulador se lubrican por salpicadura.

El aceite se drena del regulador a través de la caja de la bomba de dirección de combustible al cárter del motor.

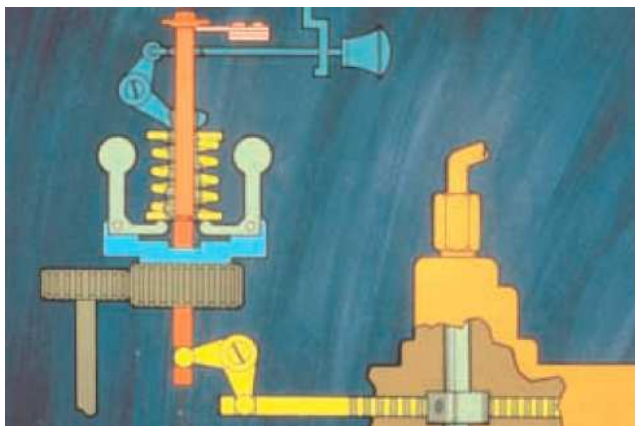


Fig. 3.1.44 Mecanismos de medición de velocidad y de regulación de combustible.

En resumen, hemos visto los componentes principales del regulador mecánico y su principio de operación.



Fig. 3.1.45 Motores diesel.

Aquí termina el estudio de los reguladores del sistema básico de combustible.



Fig. 3.1.46 Inyección de combustible diésel.

La parte 2 de esta lección presentará los componentes de inyección de combustible y su operación.

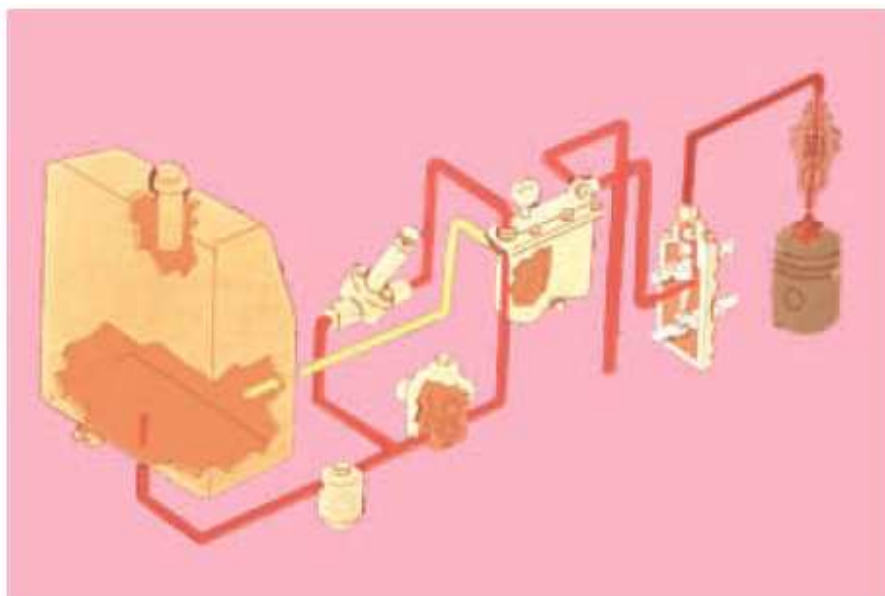


Fig. 3.1.47 Componentes del sistema de combustible.

En el curso “Fundamentos de los motores Caterpillar”, se identificaron los componentes desde el tanque a través de los filtros de combustible secundarios, así como la sección

de suministro del sistema de combustible. La caja de inyección de combustible es el siguiente componente del sistema.

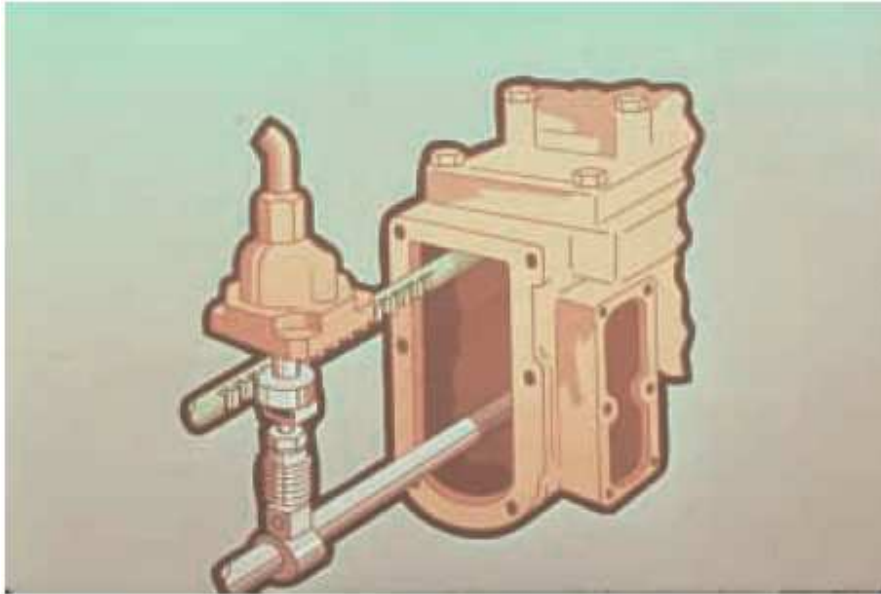


Fig. 3.1.48 Caja de inyección de combustible.

Dentro de la caja están las bombas de inyección individuales de cada cilindro, el árbol de levas de inyección y la cremallera de combustible.

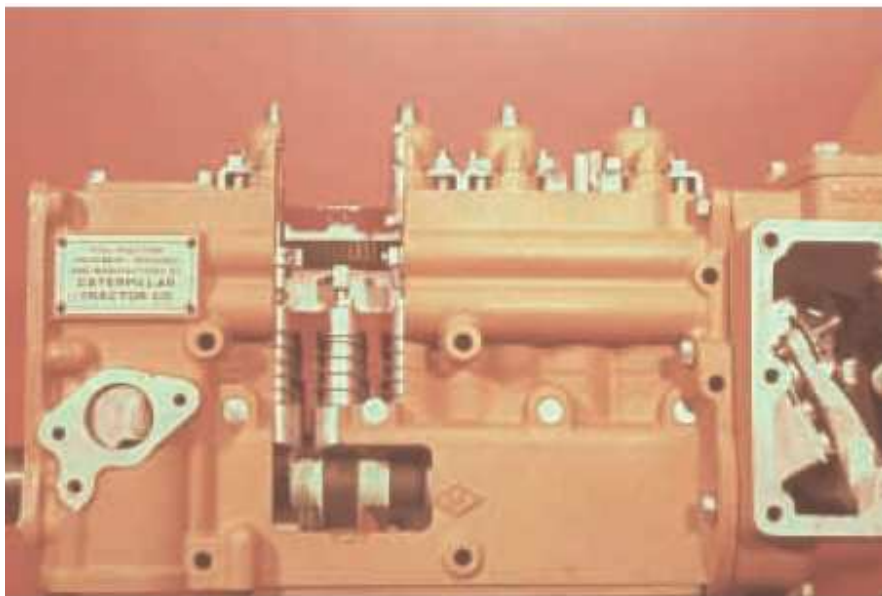


Fig. 3.1.49 Cuerpo forjado del sistema de inyección de combustible.

En los sistemas de combustible con bomba helicoidal, Caterpillar usa dos tipos de bombas de inyección de combustible: bombas de cuerpo forjado y compacto. El sistema de cuerpo forjado tiene las bombas de inyección de combustible expuestas por encima de la caja de inyección.

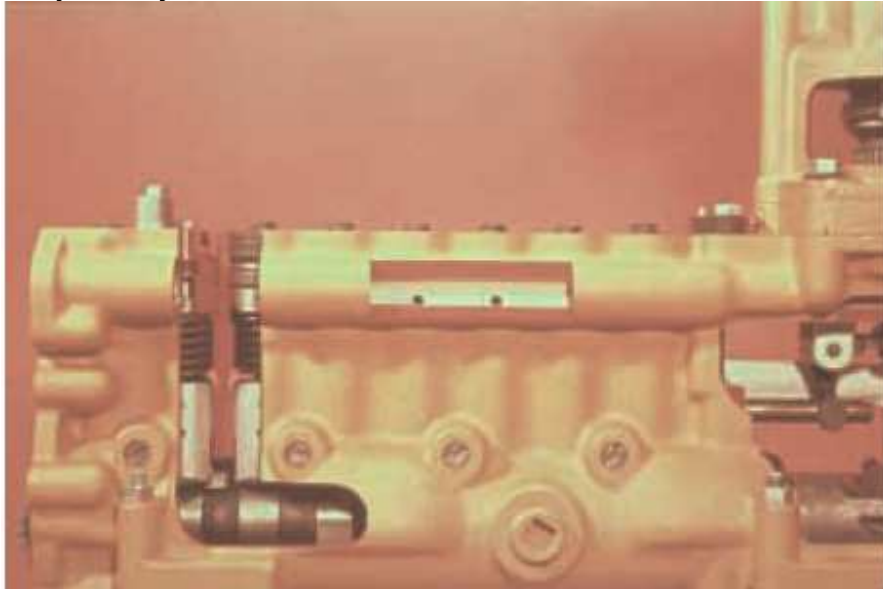


Fig. 3.1.50 Sistema de inyección de combustible compacto.

En el sistema compacto, las bombas de inyección están completamente dentro de la caja, y la caja sirve como cuerpo común para las bombas.



Fig. 3.1.51 Bombas de inyección.

Mientras las bombas de inyección de los dos sistemas se ven diferentes, su principio de operación es el mismo.



Fig. 3.1.52 Bomba de inyección de combustible de cuerpo forjado.

Cada bomba de inyección contiene un émbolo con un segmento de engranaje conectado y un tambor en el cual se ajusta con precisión el émbolo. En las bombas de cuerpo forjado, el émbolo y el tambor se corresponden uno a otro durante la fabricación y no pueden intercambiarse con componentes de otras bombas de inyección. Al igual que en las bombas de cuerpo forjado, los émbolos y los tambores de las bombas compactas no son intercambiables.

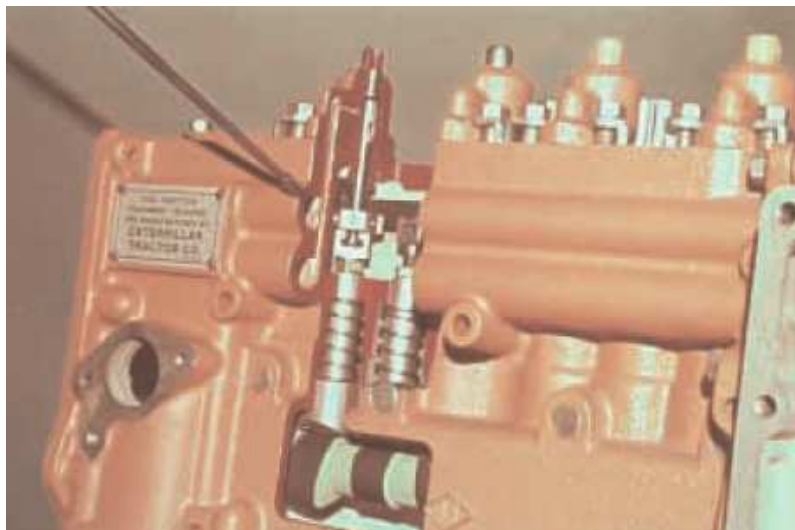


Fig. 3.1.53 Múltiple de combustible.

El aceite filtrado se envía al múltiple en la caja de inyección que, a su vez, envía el combustible a cada bomba de inyección.

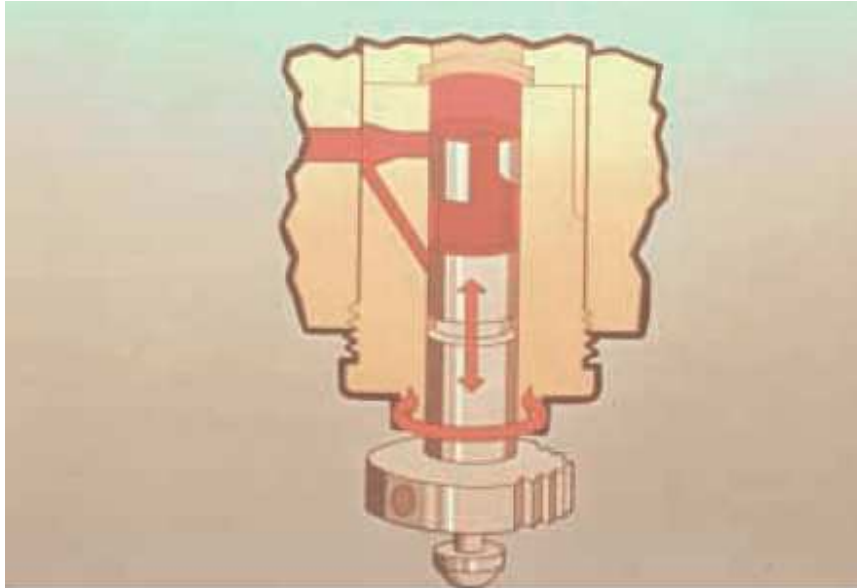


Fig. 3.1.54 Movimientos del émbolo de la bomba de inyección.

La función de la bomba de inyección es dosificar y enviar el combustible a la válvula de inyección. El émbolo de la bomba de inyección tiene dos movimientos dentro del tambor. Un movimiento vertical inyecta el combustible y uno giratorio regula la cantidad de combustible inyectado.

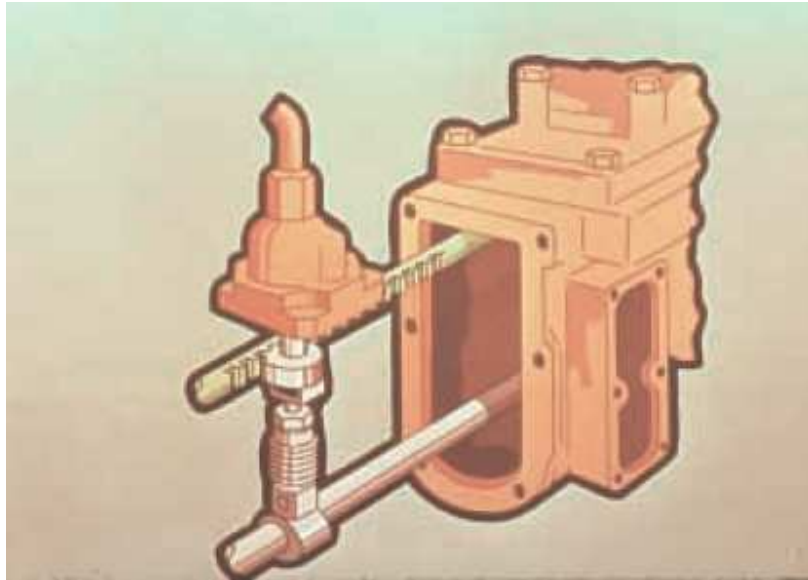


Fig. 3.1.55 Árbol de levas y cremallera de combustible en el sistema de inyección.

El movimiento vertical del émbolo se realiza gracias al árbol de levas de inyección de combustible. El movimiento giratorio se debe al movimiento de la cremallera de combustible conectado al varillaje del acelerador a través del regulador del motor .

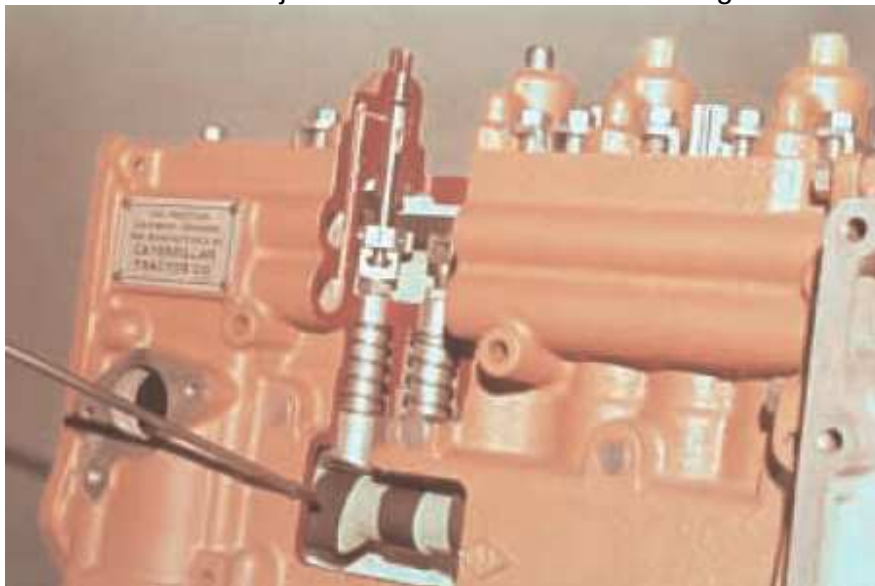


Fig. 3.1.56 Árbol de levas de inyección.

El árbol de levas de inyección gira a la mitad de la velocidad del motor y está sincronizado al motor para inyectar el combustible a cada cilindro en el instante preciso. Como los lóbulos del árbol de levas tienen forma fija, la carrera vertical del émbolo de inyección es constante.

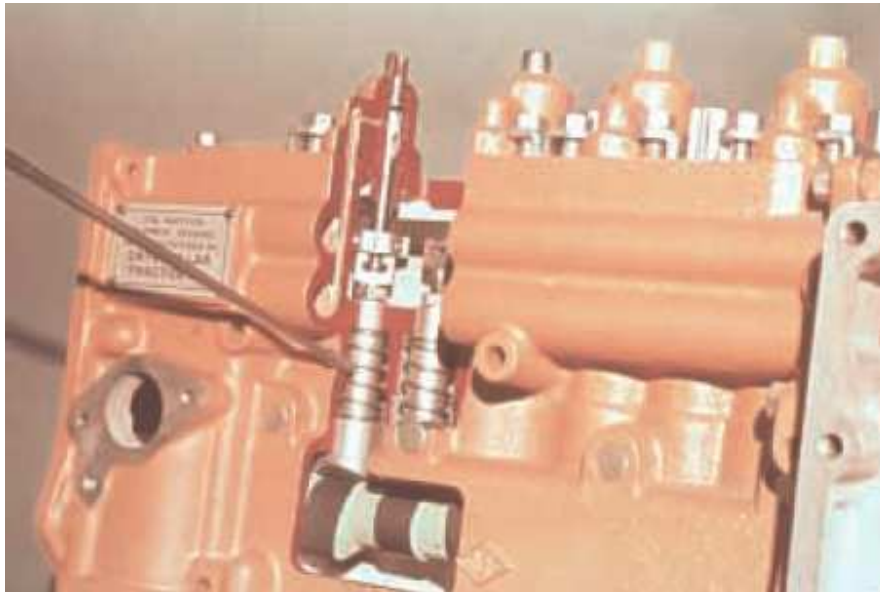


Fig. 3.1.57 Levantador del árbol de levas.

El árbol de levas transfiere el movimiento vertical al émbolo a través de un levantador cargado por resorte.

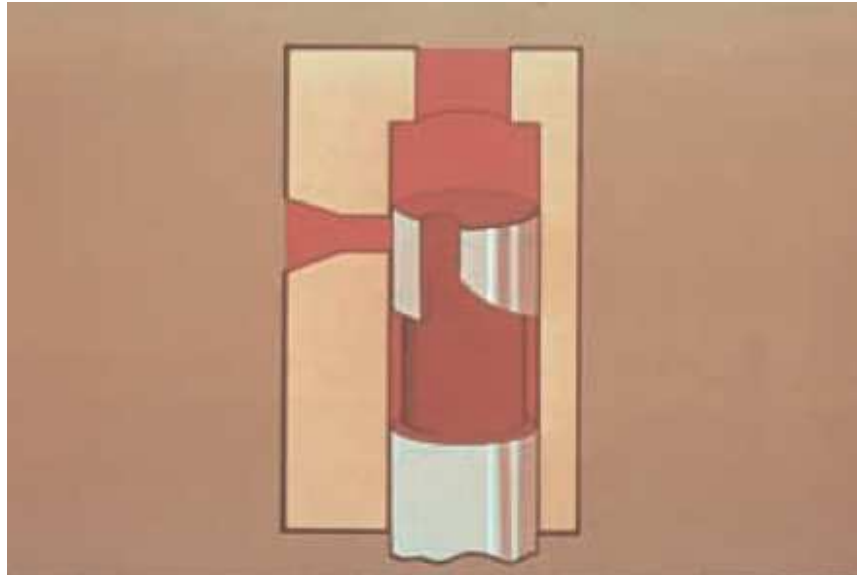


Fig. 3.1.58 Émbolo de la bomba de inyección de combustible.

El émbolo de la bomba de inyección incluye una ranura vertical en la parte superior y un área rebajada debajo de la ranura vertical.

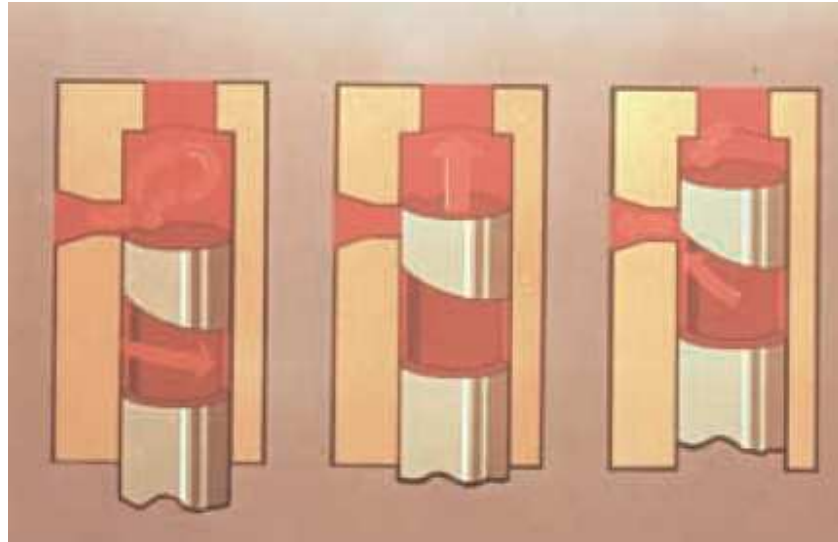


Fig. 3.1.59 Sucesos del ciclo de inyección.

La figura muestra, de izquierda a derecha, los tres sucesos del ciclo de inyección: llenado, inyección y alivio.

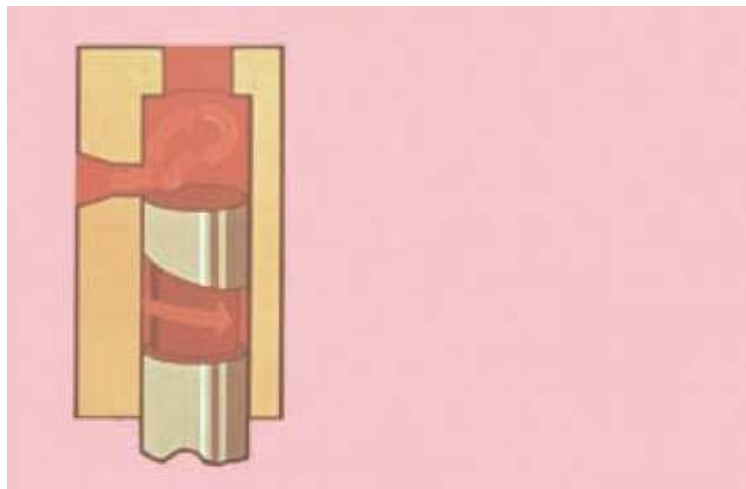


Fig. 3.1.60 Émbolo y parte inferior de la carrera.

Cuando el émbolo está en la parte inferior de su carrera, el combustible fluye al tambor por encima del émbolo y también hacia abajo en la ranura del área rebajada alrededor del émbolo.

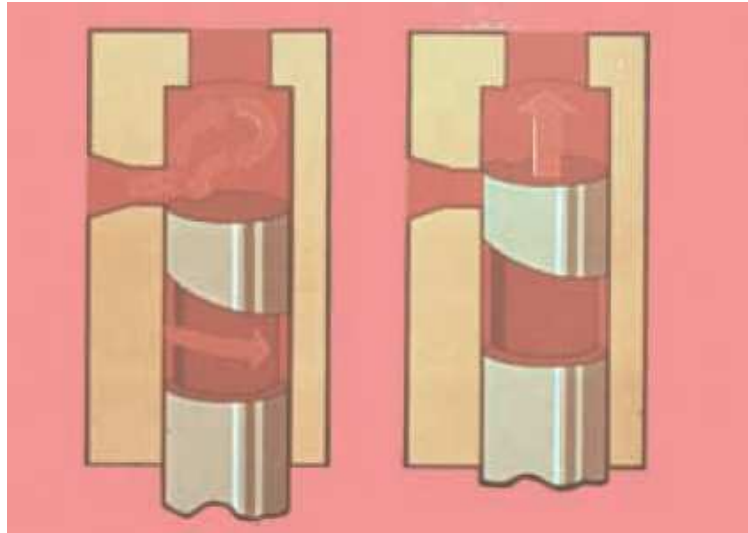


Fig. 3.1.61 El émbolo se mueve hacia arriba.

A medida que el émbolo se mueve hacia arriba por acción del árbol de levas (vista derecha), éste cierra el orificio de entrada. Ahora que la presión de combustible dentro del tambor aumenta rápidamente, el combustible es obligado a ir a la tubería de combustible. Cuando la presión es lo suficientemente alta para abrir la válvula de inyección de combustible, el combustible se inyecta al cilindro.

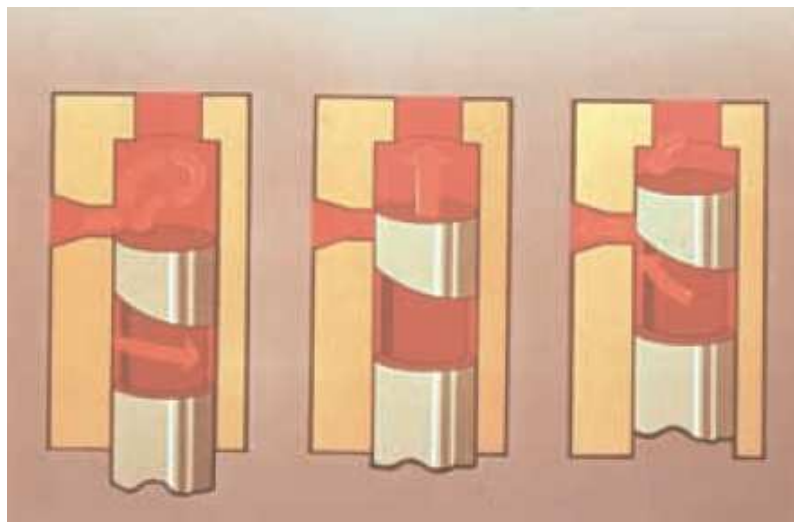


Fig. 3.1.62 Continuación de la inyección.

La inyección continúa hasta que el émbolo se desplaza lo suficiente para abrir el orificio de entrada (parte derecha de la figura). En esta posición el combustible de presión alta

en el tambor está libre para ir hacia abajo a través de la ranura, pasar el orificio de entrada y regresar al múltiple donde la presión es mucho menor.

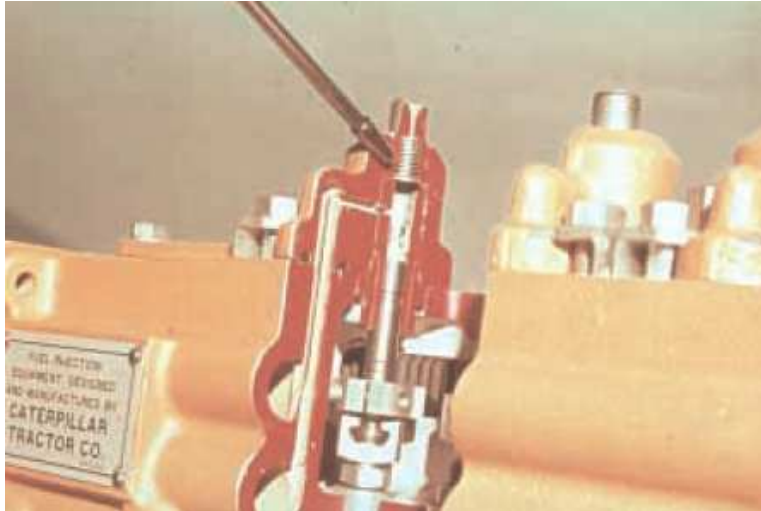


Fig. 3.1.63 Válvula de retención.

Esta válvula de retención de la parte superior del tambor mantiene llena la tubería de combustible entre la bomba de inyección y la válvula de inyección en los períodos de inyección actual. El mantener la tubería llena asegura una rápida y eficaz inyección en cada carrera de inyección.

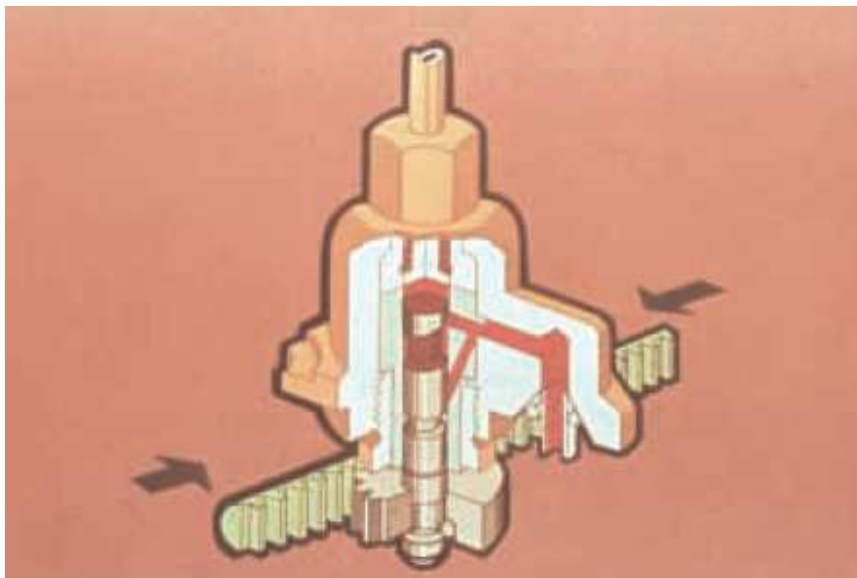


Fig. 3.1.64 Movimiento giratorio del émbolo.

Esta figura muestra el movimiento de giro del émbolo, que controla la cantidad de combustible bombeada por carrera. Como se dijo antes, este giro está acompañado de un movimiento horizontal de la cremallera de combustible que está acoplada al segmento del engranaje en el émbolo.



Fig. 3.1.65 Émbolo.

En la parte superior del émbolo, notará que hay un área rebajada cortada en ángulo. A esta área se la llama hélice. Es similar a un sinfín o a un tornillo roscado y tiene la función de dosificar el combustible en cada carrera de inyección.

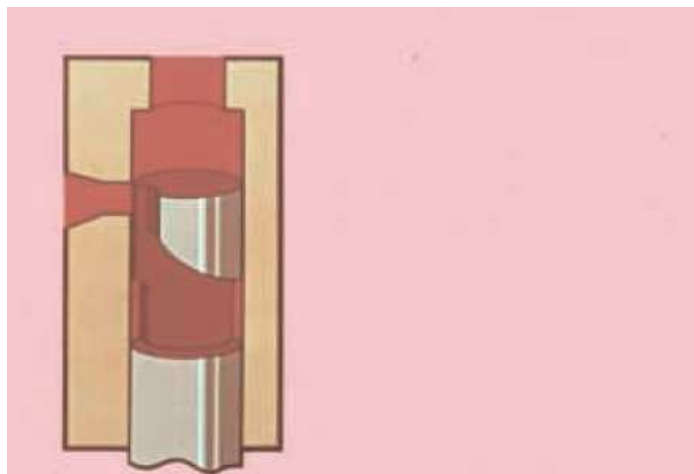


Fig. 3.1.66 Ranura de émbolo alineada con ranura de entrada.

Cuando la ranura vertical del émbolo está alineada con el orificio de entrada, el combustible puede fluir hacia adentro y hacia afuera del tambor sin aumentar la presión. Como el combustible no puede inyectarse cuando la cremallera mueve el émbolo a esta posición, llamamos a ésta “posición de corte” o “de desactivación”.

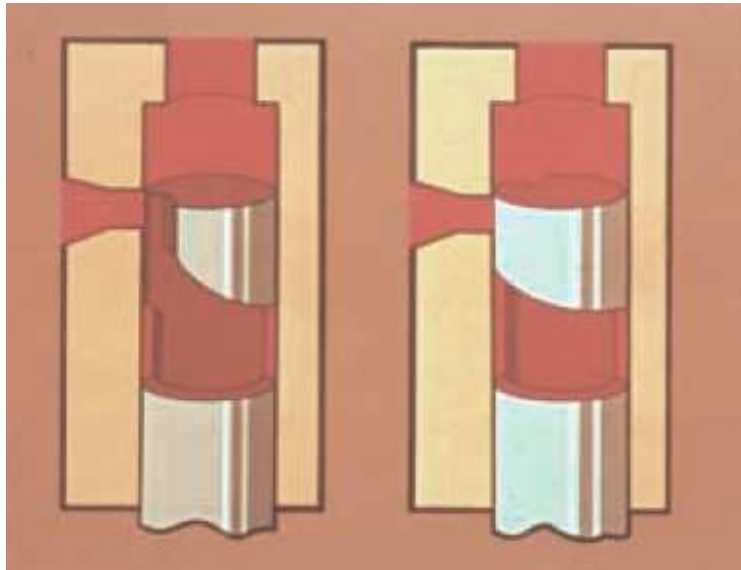


Fig. 3.1.67 Cremallera que gira en el émbolo.

En condiciones de carga suave con velocidad en vacío, la cremallera gira levemente el émbolo, de modo que cubre el orificio de entrada.

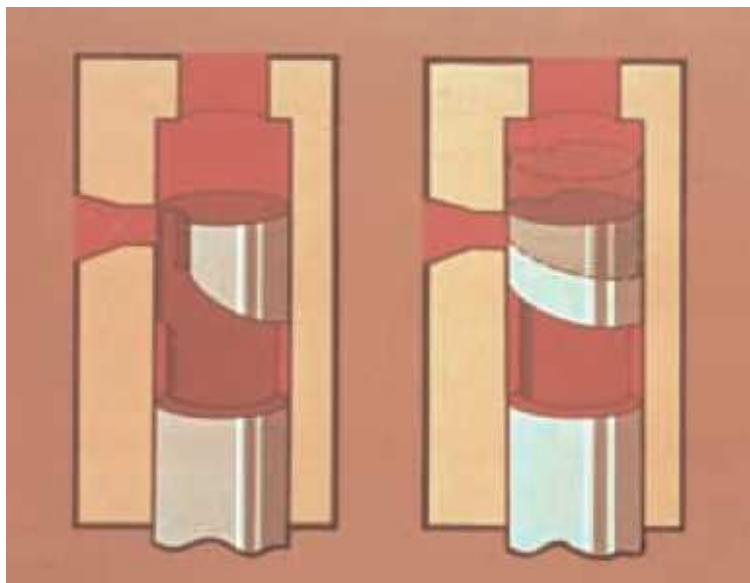


Fig. 3.1.68 "Carrera útil"

La distancia recorrida por el émbolo para cubrir el orificio de entrada se llama "carrera útil". Al variar la carrera útil del émbolo, cambia la cantidad de combustible inyectado por carrera.

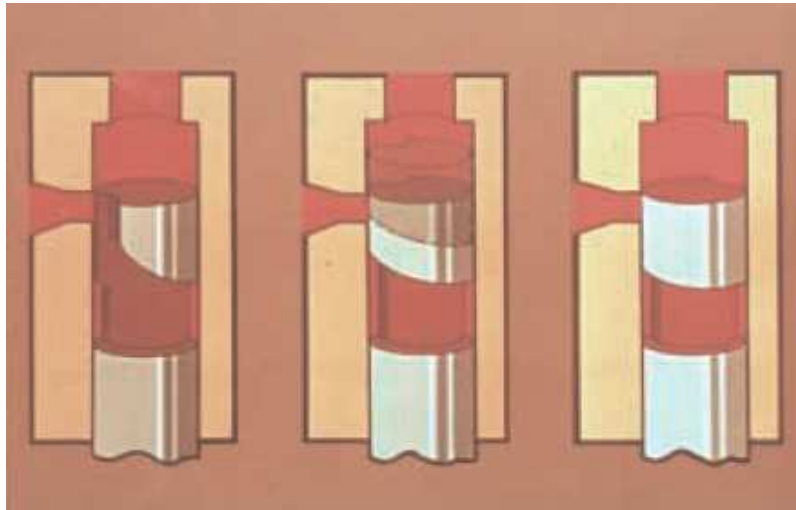


Fig. 3.1.69 Posición de carga plena.

Si se mueve la cremallera a la posición de carga plena, el émbolo gira más lejos alrededor de su eje. Gracias al corte helicoidal del émbolo, el orificio de entrada se cierra por un tiempo más largo.

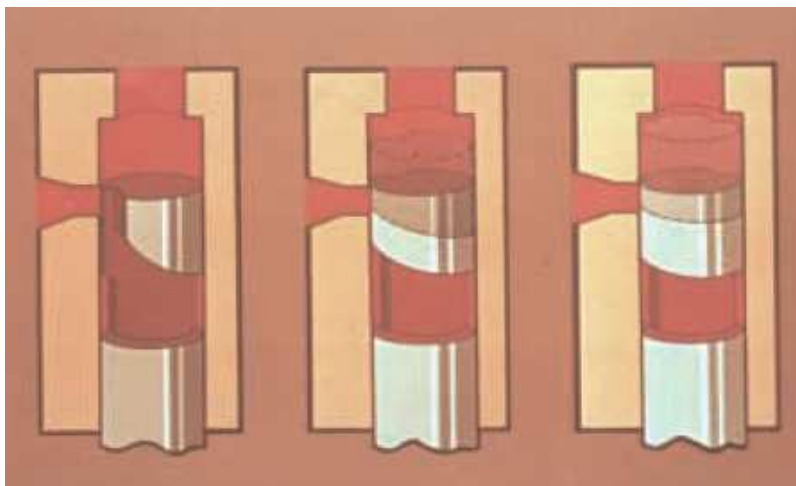


Fig. 3.1.70 Posición del émbolo variable.

En la figura 3.1.70, el émbolo tiene una carrera útil mayor. Esto significa que en esta posición del émbolo se inyecta más combustible. La bomba de inyección de combustible suministra la cantidad exacta de combustible para cumplir con los requerimientos variables de carga del motor.



Fig. 3.1.71 Caja de inyección de combustible y tuberías de combustible.

El combustible sale de la caja de inyección a través de las tuberías de acero inoxidable de suministro y fluye al conjunto de válvula de inyección de combustible.

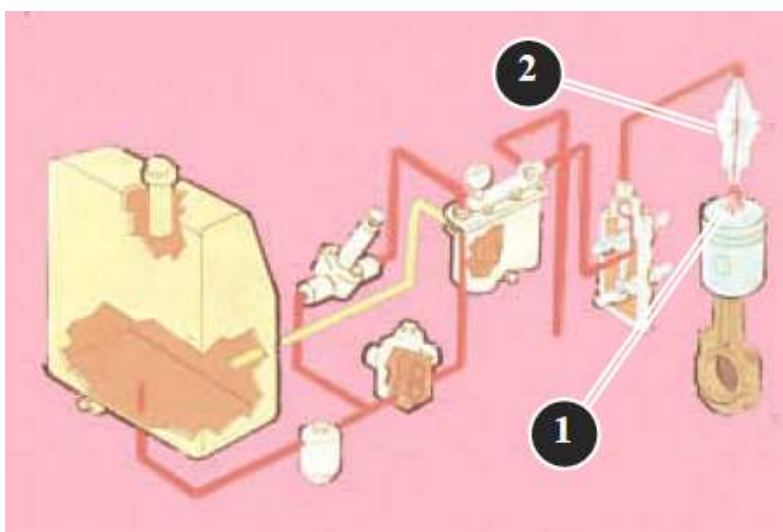


Fig. 3.1.72 Componentes del sistema de combustible.

El conjunto de válvula de inyección de combustible entrega el combustible de la bomba de inyección (1) a la cámara de precombustión (2).

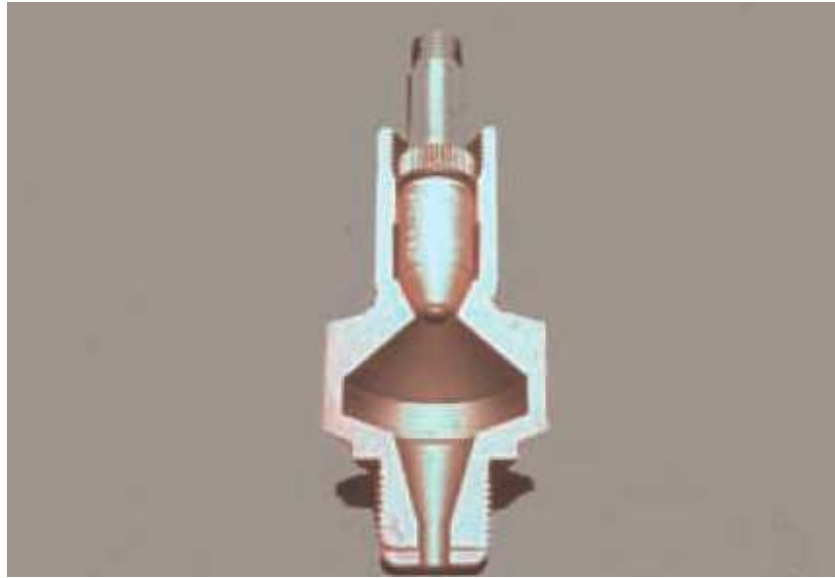


Fig. 3.1.73 Válvula de inyección de combustible y cámara de precombustión.

El cuerpo de la válvula, en la parte superior, está enroscado en la válvula de inyección de la cápsula o inyector y este conjunto se inserta en la cámara de precombustión (PC).



Fig. 3.1.74 Válvula de inyección.

El trabajo principal de la válvula de inyección es pulverizar el combustible y rociarlo dentro de la cámara de precombustión. El combustible entra en la válvula por la parte superior, pasa a través de una rejilla y entonces abre la válvula roja cuando la presión es lo suficientemente alta. El combustible se rocía en la cámara de precombustión a través del único orificio grande del fondo del inyector. Como la válvula de cápsula no puede ajustarse, en caso de necesitar ajuste, debe desecharse e instalarse una nueva válvula.



Fig. 3.1.75 Inyector y cámara de precombustión.

Cuando el rociado del combustible alcanza el aire comprimido caliente en la cámara, el combustible se enciende. A medida que el combustible se quema, se expande. La forma de la cámara de precombustión mezcla el combustible con el aire antes de que las fuerzas de expansión obliguen a la mezcla a ir a la cámara de combustión principal donde ocurre la combustión completa con liberación de energía del combustible y producción de potencia diésel.



Fig. 3.1.76.

Aquí termina la introducción al sistema de combustible Caterpillar.

Lección 2: Control Hidráulico de la Relación de Aire-Combustible.

Introducción

Esta lección muestra el control hidráulico de la relación de aire-combustible de modelos anteriores y las mejoras hechas en los componentes internos. También se verá el control hidráulico de la relación de aire-combustible, usado en el sistema nuevo de combustible con bomba helicoidal. Además, se muestran y se explican los procedimientos para revisar la operación y el ajuste correctos de los controles. Para los propósitos de esta lección, usaremos el Motor 3406B para camión.

Objetivo

Al terminar esta lección, el estudiante podrá:

- Identificar las piezas de los controles hidráulicos de la relación de aire-combustible (modelos anteriores y actuales).
- Explicar la operación de cada uno de los controles hidráulicos de la relación de aire-combustible
- Explicar el ajuste de los controles hidráulicos de la relación de aire-combustible de modelos anteriores y actuales.
- Identificar los componentes mejorados del control hidráulico de la relación de aire-combustible.

Material de referencia

- FT1820 Dispositivo de extracción
- FT1906 Herramienta de extracción

Herramientas

- 6V9128 (9S0240) Grupo de herramientas de posición de la cremallera
- 6V6106 Indicador de esfera
- 9S8903 Punto de contacto (cónico de cara plana)
- 3P1565 Sujetador de collar
- 9S7350 Grupo soporte
- 8T0500 Probador de circuito
- FT1820 Dispositivo, Pruebas y ajustes del control de la relación de aire-combustible
- Grupo de herramientas, Juego de pruebas del control de la relación de aire-combustible FT1906
- Caja de herramientas del mecánico.



Fig. 3.2.1 Controles de la relación de aire-combustible

Esta lección presentará los controles de la relación de aire-combustible. Veremos el control de la relación de aire-combustible de los modelos anteriores, los cambios y las mejoras hechas a éste y el control de la relación de aire-combustible usado en los nuevos sistemas de combustible con bomba helicoidal. También veremos la identificación de los componentes y su operación.

En la figura 3.2.1, se muestran la caja de las bombas de inyección de combustible y el regulador con el control de la relación de aire-combustible.

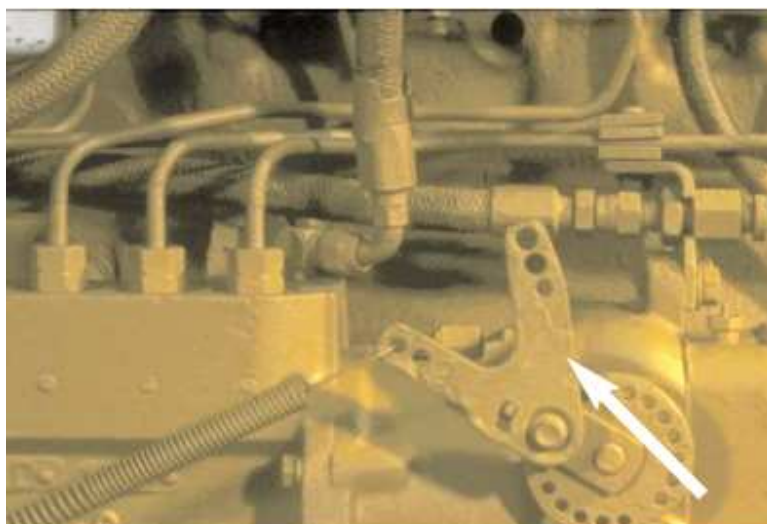


Fig. 3.2.2 Ubicación del control de la relación de aire-combustible

El control de la relación de aire-combustible (flecha) está instalado en la parte trasera de la caja del regulador. Cuando opera el motor con carga, el recorrido de la cremallera en la dirección de AUMENTO de combustible está limitada automáticamente por el control de la relación de aire-combustible hasta que la velocidad del turbocompresor y la presión del múltiple de admisión sean adecuadas para producir una combustión completa. Esto, generalmente, ocurre en aproximadamente 50% del refuerzo nominal, si no se presentan más restricciones. El control de la relación de aire-combustible limita la cantidad de combustible a los cilindros durante un aumento de la velocidad del motor (aceleración), con el fin de reducir el humo de escape.

El control de la relación de aire-combustible hace que la cremallera esté en la posición de combustible MÁXIMO durante el arranque del motor. El control está inactivo durante el arranque y es activado por la cresta inicial de refuerzo, la cual cierra el drenaje de aceite, y activa el control.



Fig. 3.2.3 Control de la relación de aire-combustible

El extremo del vástago de la válvula (izquierda) se ajusta en la muesca del collar de tope de la cremallera. La abertura de la parte anterior tiene una conexión de codo en la cual se conecta una manguera desde el múltiple de admisión del motor.

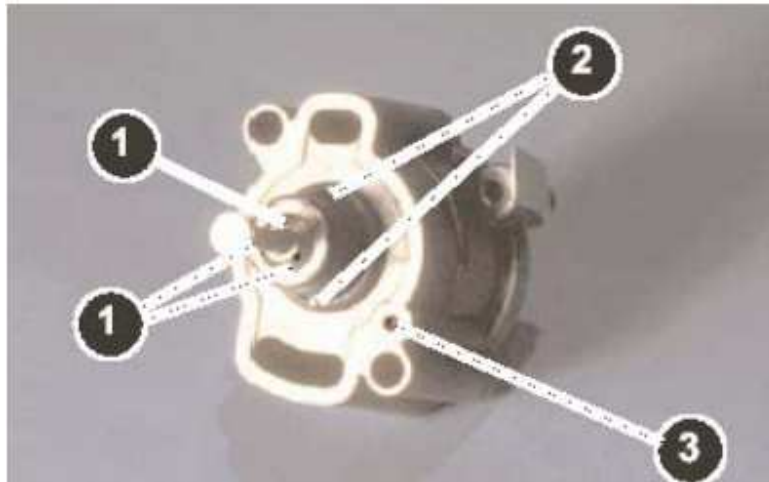


Fig. 3.2.4 Orificios de aceite del control de la relación de aire-combustible

Esta cara del control de la relación de aire-combustible (figura 3.2.4) ajusta contra la caja del regulador. Los conductos grandes de la cara de la caja del control hacen que el aceite del motor vaya desde el control hasta el sumidero de aceite del motor. Los tres orificios pequeños de la válvula (1) hacen que retorne el aceite desde la cámara del extremo de la válvula. Los dos orificios pequeños de la caja (2) son los conductos de retorno de aceite (drenaje) de activación de la válvula. El otro orificio pequeño (3) es el conducto de suministro de aceite desde el regulador hasta la válvula del control. El regulador tiene un orificio que controla la cantidad de flujo de aceite.

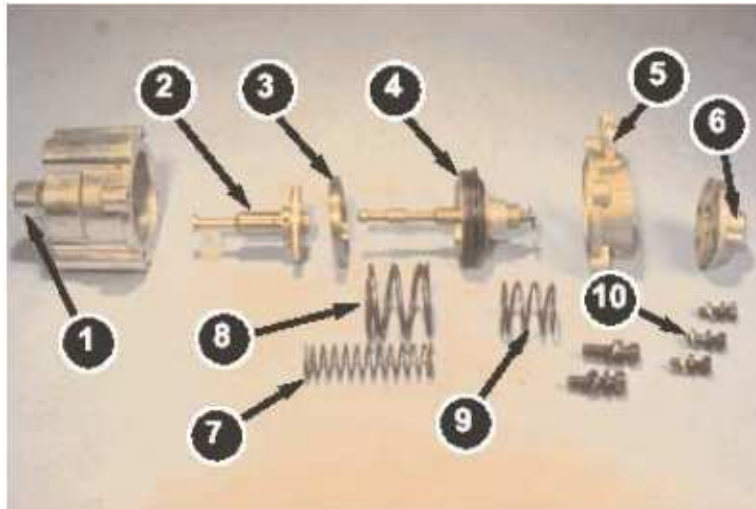


Fig. 3.2.5 Control de la relación de aire-combustible (primeros modelos)

La figura 3.2.5 muestra desarmado el control hidráulico de la relación de aire-combustible de los primeros modelos. Los componentes son:

1. Caja
2. Válvula y pistón activador (una pieza)
3. Retenedor del resorte grande
4. Válvula de control con el diafragma y el retenedor
5. Tapa de la caja
6. Tapa de ajuste
7. Resortes para la válvula y el pistón activador
8. Resorte de la cámara de aceite
9. Resorte de la cámara de aire
10. Pernos y arandelas



Fig. 3.2.6 Control de la relación de aire-combustible (modelo más reciente)

La figura 3.2.6 muestra desarmado el control de la relación de aire-combustible del modelo más reciente. Se han hecho algunas mejoras al control de la relación de aire-combustible para prolongar la vida útil y mejorar el rendimiento con un tiempo de reacción más rápido. Estas mejoras incluyen un conjunto de la válvula activadora con un sello de labio (2), un retenedor de resorte (3), una válvula de control (con ranuras) y un diafragma (4). Las piezas son:

1. Caja
2. Válvula y pistón activador (una pieza) con sello de labio
3. Retenedor del resorte grande (cambiado, por razones de fabricación, pero no afecta el rendimiento)
4. Válvula de control con el diafragma y el retenedor
5. Arandela del diafragma
6. Tapa de la caja
7. Tapa de ajuste
8. Resorte de la cámara de aceite
9. Resorte de la válvula y el pistón activador
10. Resorte de la cámara de aire
11. Pernos y arandelas

El retenedor de resorte es de metal estampado. Debe instalarse con el lado de la tapa hacia la cámara de aire. Si el retenedor del resorte no se instala correctamente, el control de la relación de aire-combustible no funcionará apropiadamente.

El diafragma mejorado de la válvula de control (4) tiene un reborde, (cordón), alrededor del diámetro interno, para asegurar un mejor sello alrededor del conjunto retenedor. Esto evitará las fugas de aceite a la cámara de aire. El número de pieza del diafragma no cambia, pero, para propósitos de identificación, es de color blanco.



Fig. 3.2.7 Conjunto de válvula de activación y sello

Hay dos tipos de conjuntos de válvula de activación en los controles de la relación de aire-combustible. Uno es más largo que el otro. La versión más larga (adelante, en la figura) se usó en controles de modelos anteriores y todavía se utiliza para aplicaciones de potencia baja. El conjunto mejorado más corto (atrás, en la figura) es para motores recientes que tengan ajustes EPA.

Ambos conjuntos de válvula son templados y tienen una superficie perforada interna más lisa. El nuevo sello de labio del conjunto de la válvula de activación se fabrica de vitón y produce menos fricción. Hay menos desgaste de la caja.

Para propósitos de identificación, el conjunto de la válvula de activación larga tiene una ranura alrededor del extremo del vástago. El conjunto corto no la tiene.



Fig. 3.2.8 Válvula de control

La válvula de control de los primeros modelos (flecha, en la figura) tiene un borde filoso en el resalto. En ciertas condiciones de desalineación, hace que el borde filoso del resalto se desgaste en el orificio del conjunto de la válvula de activación. Esto causa desgaste del orificio (pulimento).

La válvula de control mejorada (adelante, en la figura) tiene ranuras, para permitir una operación más suave entre ésta y el orificio del conjunto de la válvula de activación.



Fig. 3.2.9 La tapa gira para hacer el ajuste

Con la tapa instalada, un pasador mantiene la válvula de control en el ajuste correcto. El pasador se ajusta en las muescas de la tapa. Use la tapa para girar la válvula de control y realizar el ajuste de los valores del control de la relación de aire-combustible.

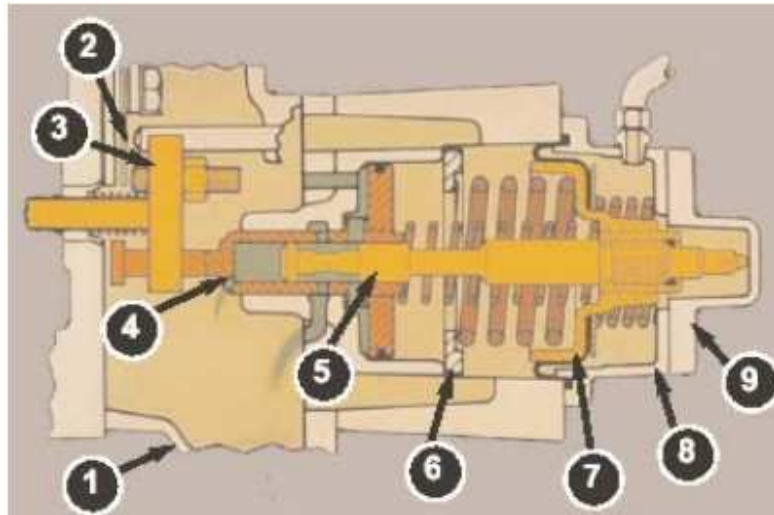


Fig. 3.2.10 Control de la relación de aire-combustible - Posición desactivada

En este diagrama del control de la relación de aire-combustible, el control está en la posición desactivada. Se muestra una sección del regulador. Las piezas importantes del regulador son:

1. Caja de regulador
2. Barra de tope y tornillo de par
3. Collar de tope de la cremallera

También se pueden ver otras piezas del control de la relación de aire-combustible, como:

4. Pistón y válvula de activación (una pieza)
5. Válvula de control
6. Retenedor de resorte
7. Diafragma
8. Tapa de la caja
9. Tapa de ajuste

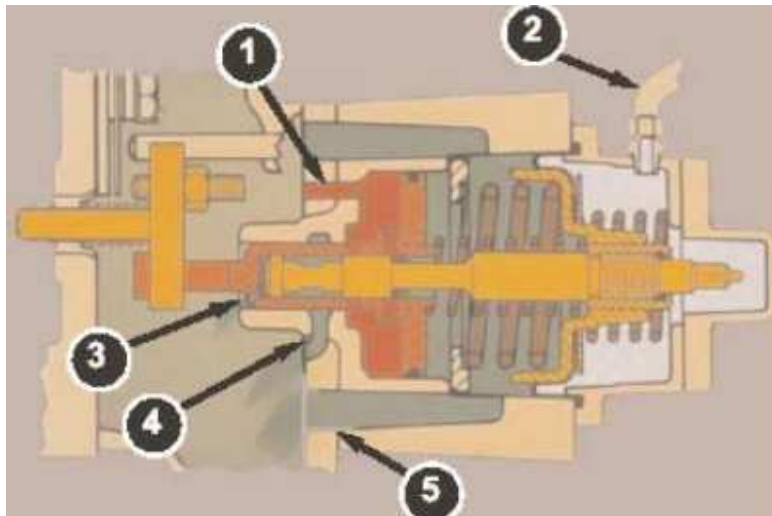


Fig. 3.2.11 Cámaras del control de la relación de aire-combustible

Antes de ver la secuencia de operación, veamos la ubicación de los conductos y las cámaras en el diagrama del control de la relación de aire-combustible.

El aceite presurizado (1) del motor activa la válvula y el pistón de activación. El aceite llega, a través de este conducto, a la cámara de la válvula.

El aire del múltiple de admisión viene por el tubo (2) a la cámara de aire. Este tubo está conectado al múltiple de admisión del motor.

Hay tres conductos de drenaje de aceite (3) (sólo se muestra uno) en la válvula de activación. Estos conductos de drenaje de aceite hacen que el aceite salga del área entre la válvula de activación y el extremo de la válvula de control (para evitar traba hidráulica). Hay dos conductos de drenaje de aceite (4) en la caja (se muestra uno). Estos conductos permiten que el aceite salga de la cámara de la válvula de activación a través de los orificios de la válvula de activación. El aceite también puede salir de la cámara de la válvula de activación a través de los orificios de la válvula de activación, y pasar el resalto de la válvula de control a la caja o a la cámara de retorno de aceite. El aceite de la cámara de retorno de aceite va, a través del conducto de retorno de aceite (5), a la caja del regulador y al sumidero de aceite del motor.

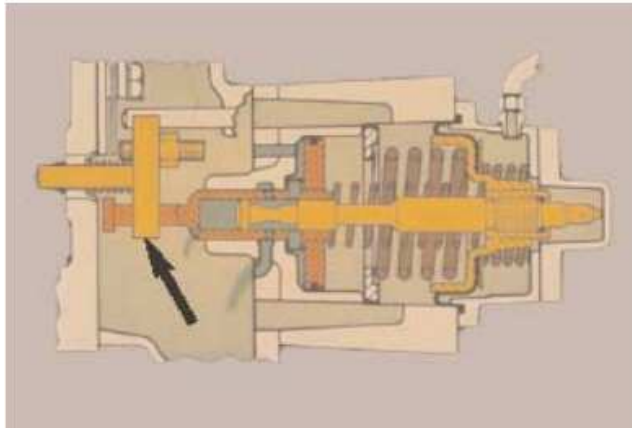


Fig. 3.2.12 Motor apagado - Sin refuerzo

Esta ilustración muestra el control cuando no está en operación. No hay presión de aire (refuerzo) en la cámara de aire. El aceite fluye del motor al conducto de aceite que va a la cámara de la válvula de activación y, a través de la válvula y del pistón de activación, al drenaje. El resorte empuja el pistón a la posición máxima a la izquierda contra la caja del control. Observe que es posible el movimiento de la cremallera con combustible máximo.

En esta posición la válvula y el pistón de activación están extendidos y NO hacen contacto con el collar de tope de la cremallera. El movimiento (desplazamiento) de la cremallera NO está limitado. La cremallera está en la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE, lo cual facilita el arranque.

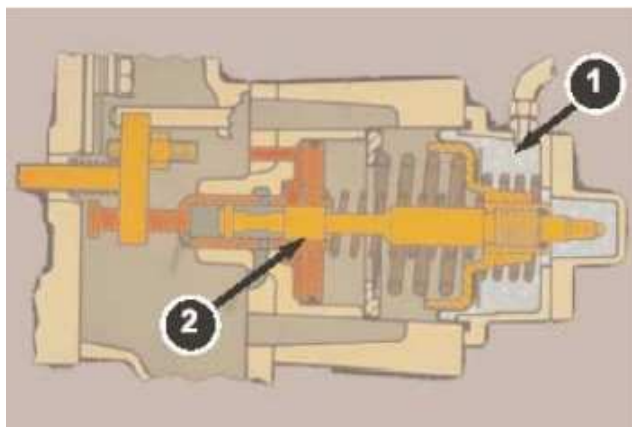


Fig. 3.2.13 Motor en funcionamiento - Con refuerzo

Cuando el motor está en funcionamiento, y luego de la aplicación inicial de una carga pequeña, la presión de aire (refuerzo) aumenta en el múltiple de admisión. Esto

aumenta la presión de aire del múltiple de admisión que es enviada a la cámara de aire (1) de la válvula de control. Esta presión de aire de entrada mueve la válvula de control (2) a la izquierda y cierra (bloquea) los orificios de aceite de la válvula de activación. El aceite atrapado en la cámara de la válvula de activación, mueve la válvula y el pistón de activación a la derecha. En esta posición, la válvula se "activa" y mantiene la válvula de control en esta posición.

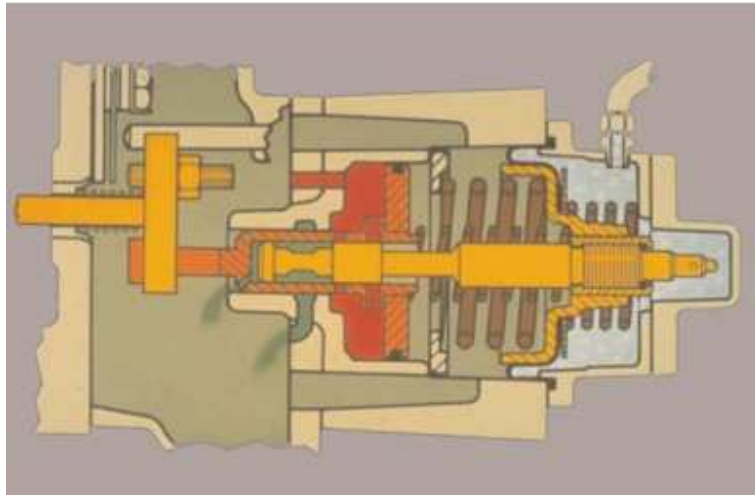


Fig. 3.2.14 Válvula de activación (posición activada)

Cuando el flujo de aceite mueve la válvula y el pistón de activación a la derecha (a la posición activada), el extremo del vástago de la válvula de activación actúa como tope del collar de tope de la cremallera. Con la válvula de activación en esta posición, el control de la relación de aire-combustible automáticamente limita el movimiento de la cremallera en la dirección de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE, hasta que haya suficiente aire en el múltiple de admisión para hacer una combustión completa. Aprendimos antes, que el control de la relación de aire-combustible limita el humo y reduce la cantidad de combustible durante una aceleración rápida. Esto mantiene un rendimiento alto del motor y permite emisiones bajas.

Cuando la válvula de control se gira A LA DERECHA, la válvula de activación se mueve a la izquierda. La posición de la válvula y la del pistón de activación también se mueven a la izquierda. La válvula de activación en la posición activada varía con un cambio en el ajuste de la válvula de control. Cuando la válvula de activación se mueve a la izquierda permite que se desplace más la cremallera en la dirección de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE. Hay menos restricción de cremallera con la válvula de activación en la posición activada.

Cuando la válvula de activación está en la posición activada, el resalto de la válvula de control cierra los dos orificios de la válvula de activación. Cuando el ajuste de la válvula

de control mueve la válvula de control a la izquierda (ACTIVACIÓN) o a la derecha (DESACTIVACIÓN), la válvula de activación se mueve a la derecha o a la izquierda. Esto cambia la posición activada de la válvula de activación.

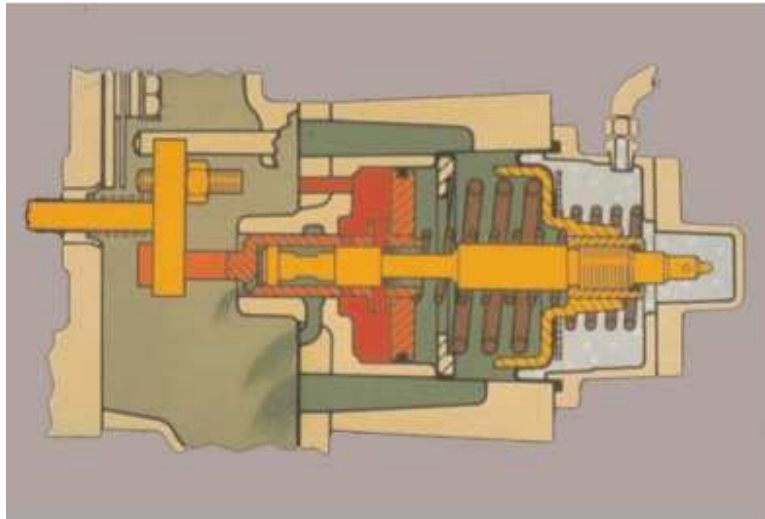


Fig. 3.2.15 Presión de refuerzo adicional

El diagrama muestra que la presión de entrada de aire (refuerzo) aumenta el movimiento a la izquierda de la válvula de control. Esto hace que el aceite fluya, pase la válvula y vaya al drenaje de la cámara de aceite. Los resortes hacen que la válvula de activación se mueva a la izquierda a medida que sale el aceite. La válvula y el pistón de activación se mueven con la válvula de control. Esto hace que la cremallera se mueva en la dirección de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE. Un refuerzo adicional moverá la válvula hacia adelante hasta que el pistón esté totalmente extendido a la misma posición en que estaba en el arranque. El desplazamiento a combustible máximo generalmente ocurre hacia la mitad del refuerzo de carga plena.

Si disminuye la presión de entrada de aire (refuerzo), debido a un cambio de la carga, la válvula de control retorna a la derecha y el flujo de aceite mueve la válvula y el pistón de activación a la derecha. La cantidad de flujo de aceite controla la velocidad de retorno.

Los cambios en la posición de la válvula y del pistón de activación (y de la cremallera) son movimientos rápidos y pueden presentarse muy rápidamente.



Fig. 3.2.16 Remoción del control del regulador

Para quitar el control de la relación de aire-combustible, ponga el control del regulador en posición de CORTE. Esto hará que sea mayor el espacio libre en el extremo de la válvula.

Incline hacia abajo el extremo del vástago de la válvula de activación del control de la relación de aire-combustible, para instalarlo o quitarlo. Esto hace que el extremo del vástago de la válvula entre en la muesca o salga de ella en el collar de tope de la cremallera del regulador.

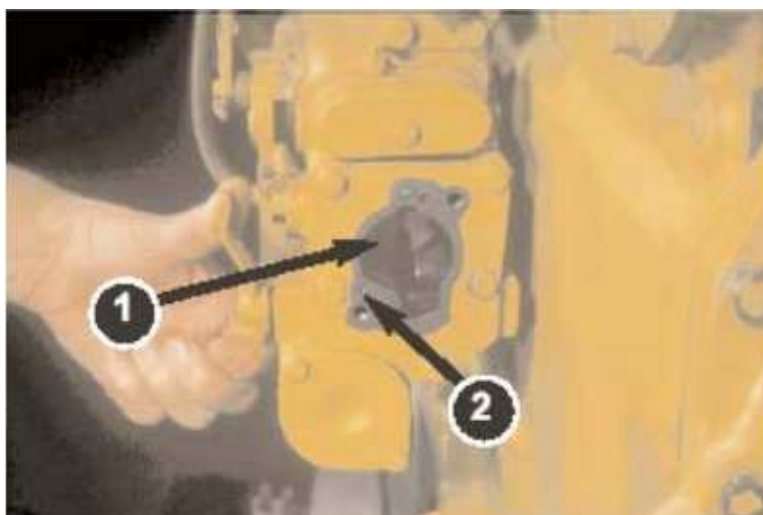


Fig. 3.2.17 Extremo de la caja del regulador

Con el control del regulador en la posición de “corte”, se puede ver la muesca en el collar de tope (1) de la cremallera del regulador. El extremo del vástago de la válvula del control de la relación de aire-combustible se ajusta en esta muesca.

También se ve el conducto de entrada de aceite (2) desde el regulador hasta el control. NO ponga en funcionamiento el motor sin el control del regulador. El aceite saldrá del motor y del regulador.



Fig. 3.2.18 Conjunto de colador en la caja del regulador

Se usa un conjunto de colador (flecha) en el conducto de suministro de aceite del regulador que lleva el aceite al control de la relación de aire-combustible. El colador (rejilla) retiene cualquier escombros del aceite que pueda afectar la operación de control.



Fig. 3.2.19 Conjuntos del colador

Hay disponibles dos conjuntos de colador, cada uno con diferente tamaño de orificio para aplicaciones diferentes. El conjunto de colador con el orificio grande (a la izquierda de la figura - 2P8679) se usa en aplicaciones diferentes a la de camiones de carretera.

El conjunto de colador con orificio pequeño (a la derecha de la figura - 2W8449) se usa en algunas aplicaciones de camiones de carretera. Tiene una ranura alrededor del borde externo para propósitos de identificación. El orificio pequeño restringe el flujo de aceite al control de la relación de aire-combustible. Esto permite una acción de retorno más lenta del control con relación a los cambios repentinos en la presión de refuerzo. Esto proporciona un intervalo más largo en el cambio de velocidad antes de que el control retorne completamente. El orificio pequeño del conjunto del colador puede mejorar la aceleración normal; sin embargo, se producirá mayor cantidad de humo de escape.



Fig. 3.2.20 Coladores de colores plata y bronce

El conjunto del colador con el orificio grande puede también identificarse por el color de bronce del colador (izquierda de la figura).

El conjunto del colador con el orificio pequeño puede identificarse por el color plata (inoxidable) del colador (derecha de la figura).



Fig. 3.2.21 Ajuste del control de la relación de aire-combustible

Para realizar un ajuste del control de la relación de aire-combustible, instale un soporte de indicador de esfera y un indicador de esfera en la bomba de inyección de combustible.

El ajuste de la cremallera de combustible debe hacerse correctamente antes de revisar o cambiar el ajuste del control de la relación de aire-combustible. Consulte la PLACA DE INFORMACIÓN DEL MOTOR o la especificación de rendimiento (0T, 2T, 0K) en SIS.

NOTA: Las herramientas necesarias para hacer el ajuste del control de la relación de aire-combustible son:

1. Grupo de herramientas de posición de cremallera (9S0240) o (6V9128)
2. Indicador de esfera (6V6106)
3. Punto de contacto (cara cónica plana) (9S8903)
4. Abrazadera de collar (3P1565)
5. Grupo de soporte (9S7350)
6. Probador del circuito (8T0500)



Fig. 3.2.22 Herramienta de ajuste del control de la relación de aire-combustible

Con el grupo de soporte y el indicador de esfera instalados en la caja de mando de la bomba de inyección de combustible, ponga la palanca de control del regulador en posición CORTE. Ponga el espaciador del grupo de soporte sobre la varilla que hace contacto con la cremallera (el espaciador está en la varilla conectada a la cadena y, para efectos de la fotografía, se pintó de blanco). Haga fuerza (empuje con el dedo) en el extremo de la varilla que hace contacto con la cremallera, para sostener el espaciador en posición mientras el indicador de esfera queda en cero.

NOTA: La herramienta de punto de contacto no pasará a través del collar de soporte y debe armarse después de que el vástago indicador haya pasado a través del soporte.



Fig. 3.2.23 Control de la relación de aire-combustible con su sello

Revise el valor de combustible y el valor del control de la relación de aire-combustible antes de intentar un ajuste.

NO quite ningún componente ni sellos antes de instalar el grupo de herramientas de calibración de combustible.

Mueva lentamente el control del regulador y registre el valor de combustible con el motor en carga plena en donde se encienda la luz de continuidad.

Mueva completamente la palanca del regulador y registre el valor de combustible en par máximo. Éste será el valor de combustible con el motor en carga plena más el resorte de par comprimido. En los motores sin resorte de par, se moverá una cantidad pequeña adicional, a medida que se aprieta el varillaje interno del regulador. Para revisar el control de la relación de aire-combustible, arranque el motor y déjelo funcionando por cinco minutos hasta alcanzar la temperatura normal de operación. Aplique 69 kPa (10 lb/pulg²) de aire por 10 segundos al control y ajuste la presión a cero. Esto activará el control.

NOTA: De este modo se puede detectar un diafragma defectuoso.

Con el control activado y el motor en 900 rpm, mueva rápidamente el control del regulador a la posición de combustible máximo y observe el indicador de esfera. El desplazamiento máximo es el valor de ajuste del control de la relación de aire-combustible. Si está fuera de especificación, a continuación indicaremos cómo ajustarlo.



Fig. 3.2.24 Remoción de la tapa de ajuste

Conecte el extremo de la pinza de una luz de continuidad al tornillo terminal de bronce de la caja del regulador. Conecte la punta del medidor en un lugar del sistema de combustible que proporcione una buena conexión a tierra.

Quite la tapa de ajuste de la parte trasera del control.



Fig. 3.2.25 Activación del control de la relación de aire-combustible

Arranque el motor y déjelo funcionando en alrededor de 1.000 rpm. Use la tapa de ajuste y empuje el extremo de la válvula de control para que la válvula de activación vaya a la posición activada. Es necesario mantener la válvula de control de este modo de 3 a 5 segundos (en algunos casos de 5 a 10 segundos), para activar el control. Para asegurarse de que el control de la relación de aire-combustible esté activado, acelere el motor y observe la luz de continuidad. Si el control está activado, la luz de continuidad NO se enciende. Si se enciende la luz de continuidad, el control no está activado. Empuje de nuevo la válvula de control y sosténgala por más tiempo. Entonces, pruebe el procedimiento descrito arriba nuevamente para ver si está activado. Si no es así, inspeccione el control y haga la reparación necesaria; luego, repita el procedimiento de activación.



Fig. 3.2.26 Revisión del valor del límite de control

Para revisar el valor límite del control, mueva rápidamente la palanca de control del regulador en sentido de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE y lea la medida del indicador de esfera. Lea el indicador cuidadosamente, ya que esta lectura será máxima por sólo un momento. Consulte la información del valor de ajuste del control de la relación de aire-combustible en la Especificación de Rendimiento del Motor (0T, 2T, 0K) en SIS.



Fig. 3.2.27 Ajuste del control de la relación de aire-combustible

El ajuste del control de la relación de aire-combustible se hace con el motor en funcionamiento. El control necesita ajustes correctos para mantener alto el rendimiento del motor y las emisiones de escape dentro de límites aceptables.

Para hacer un ajuste del control de la relación de aire-combustible, gire la válvula a la derecha para aumentar la cantidad de combustible posible (mayor desplazamiento de la cremallera) de la posición limitada de la cremallera. Un ajuste hacia la izquierda disminuirá la cantidad de combustible posible (menor desplazamiento de la cremallera) de la posición limitada de la cremallera.

Después de hacer el ajuste, la palanca de control del regulador debe moverse rápidamente desde la posición de velocidad baja en vacío en sentido de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE antes de poder hacer una lectura correcta.

Después de hacer el ajuste correcto, detenga el motor. Ponga la tapa en alineación con el pasador de la válvula, y gire la tapa sólo lo suficiente para que quede en alineación con los orificios más cercanos de los pernos. Ponga los pernos y apriételos a las especificaciones de par indicados en el Manual de Servicio.

Después de que la presión de aceite del control de la relación de aire-combustible haya caído a cero, revise para ver la disponibilidad de desplazamiento máximo de la cremallera.

Ahora, instale un nuevo sello del regulador en el control.

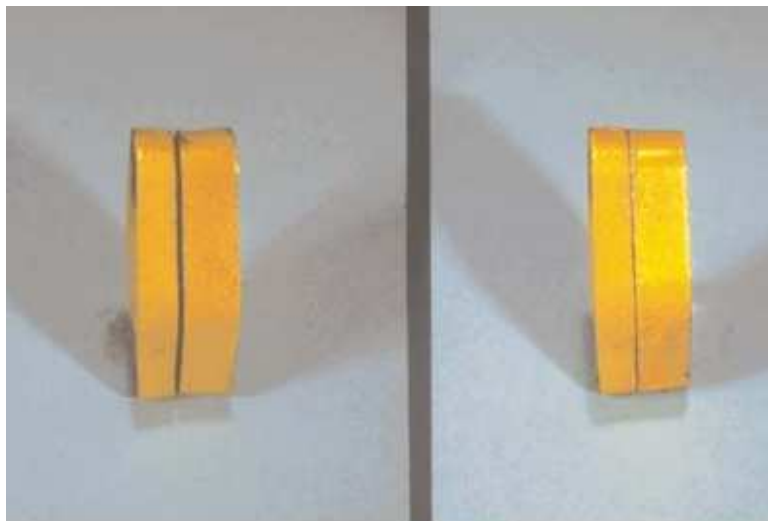


Fig. 3.2.28 Tope y espaciador

Después de ajustar la relación de combustible correctamente y de instalar el sello del regulador, quite el soporte del indicador y el indicador de esfera de la parte delantera

de la caja de la bomba de inyección de combustible. Luego, instale el tope y el espaciador en la parte delantera de la caja de la bomba de inyección.

La figura 3.2.28 muestra el tope y el espaciador armados en forma correcta y en forma incorrecta. En la foto de la izquierda, el tope y el espaciador están armados incorrectamente y hay un espacio entre ellos. En la foto de la derecha, el tope y el espaciador están armados correctamente y no hay espacio entre el tope y el espaciador. Si el tope y el espaciador se instalan y no están armados correctamente, el espaciador se romperá (como se observa en la figura de la izquierda). Antes de la instalación, asegúrese de que estas dos piezas estén armadas correctamente.

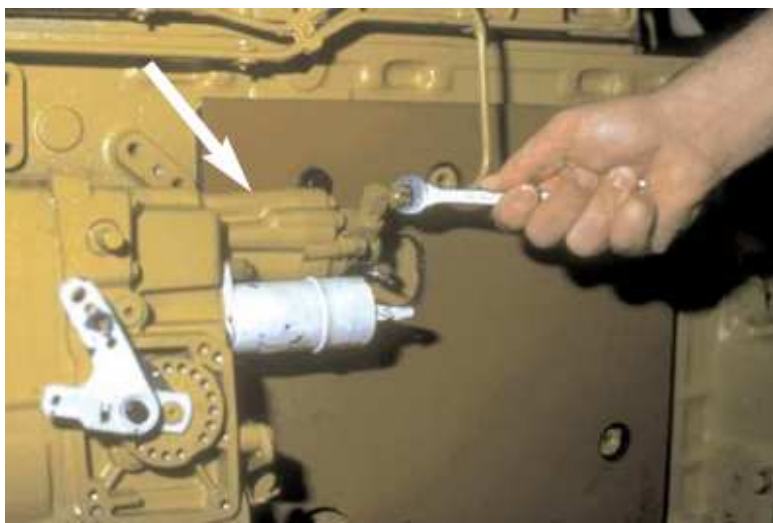


Fig. 3.2.29 Control de la relación de aire-combustible
(nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal)

El control de la relación de aire-combustible (flecha) usado en los motores con el nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal es diferente del control anterior usado en los sistemas con bomba helicoidal compacta. El control es más pequeño en diámetro, pero la operación es básicamente la misma.

Se usará, para propósitos de demostración, el control de un motor 3406B para camión.

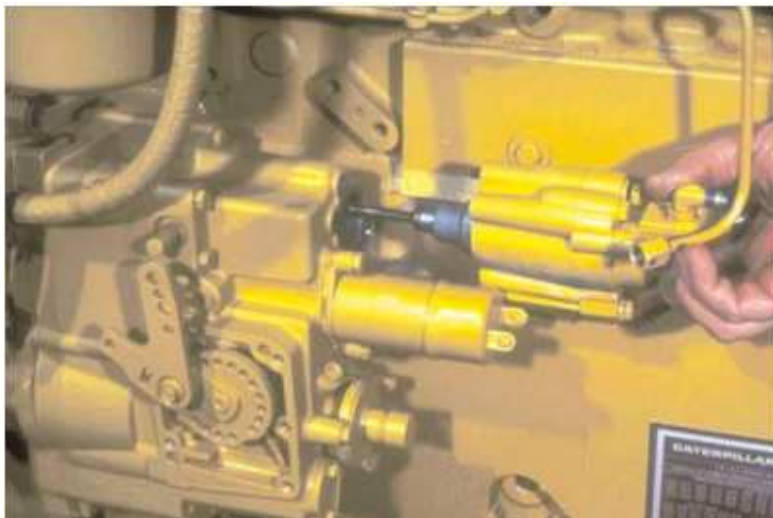


Fig. 3.2.30 Control de la relación de aire-combustible (extraído)

El control de la relación de aire-combustible se instala en la parte trasera de la caja del regulador. El propósito es limitar el humo y reducir el consumo de combustible durante la aceleración rápida. Esto limita el movimiento de la cremallera en el sentido de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE hasta que haya suficiente aire para permitir la combustión completa en los cilindros.



Fig. 3.2.31 Vástago del control de la relación de aire-combustible

El vástago del conjunto de la válvula (1) del control de la relación de aire-combustible se ajusta en la ranura del conjunto de la palanca del varillaje (2) de la cremallera de combustible.

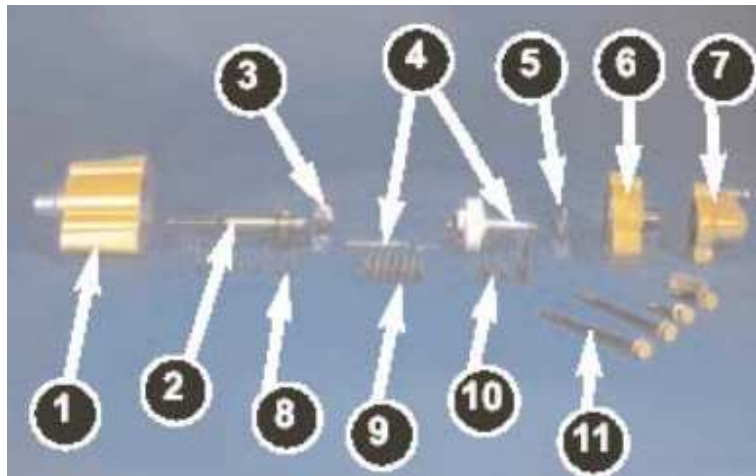


Fig. 3.2.32 Control de la relación de aire-combustible desarmado

La figura 3.2.32 muestra desarmado el control de la relación de aire-combustible del nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal, para mostrar sus piezas. Las piezas se identifican de izquierda a derecha así:

1. Caja
2. Válvula y pistón de activación
3. Retenedor para resorte grande
4. Válvula de control de dos piezas, diafragma y retenedor
5. Arandela del diafragma
6. Tapa de la caja
7. Tapa de ajuste
8. Resorte de la cámara de aceite
9. Resorte de la válvula y pistón de activación
10. Resorte de la cámara de aire
11. Pernos y arandelas

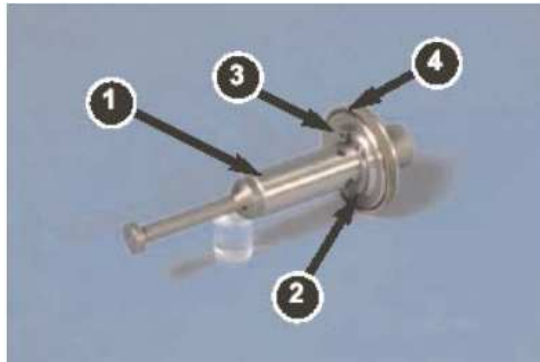


Fig. 3.2.33 Válvula y pistón de activación

Éste es el conjunto de válvula y pistón de activación con el sello de labio. La válvula se fabrica de material templado, y los orificios internos tienen un terminado más pulido que en los modelos anteriores. Las piezas son:

1. Conjunto de la válvula
2. Anillo retenedor
3. Conjunto del pistón
4. Sello

Como algunas piezas pueden desgastarse o dañarse, pueden reemplazarse individualmente. El conjunto de pistón y sello puede sacarse de la válvula quitando el anillo retenedor.

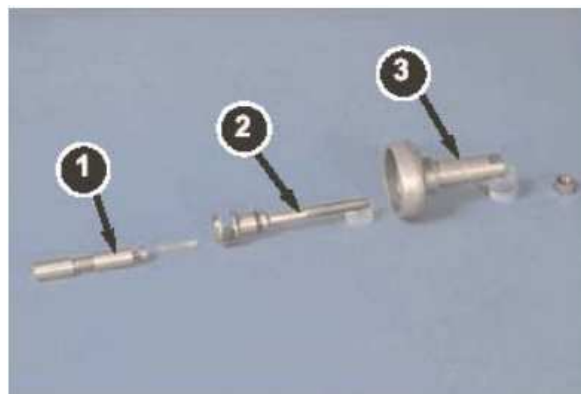


Fig. 3.2.34 Válvula de control desarmada

En la figura, se pueden ver las piezas del conjunto de la válvula. Éstas son (de izquierda a derecha): la válvula de control (1), el resorte, la extensión de válvula (2), el conjunto retenedor (3) (el retenedor soporta al diafragma), la tuerca de traba y el sello anular.

La válvula de control dosifica el flujo de aceite que entra a la cámara de aceite y sale de ella.

El resorte determina el espacio libre entre el extremo de la válvula de control y la extensión de la válvula. Es necesario eliminar este espacio libre para hacer el ajuste del control de la relación de aire-combustible.



Fig. 3.2.35 Conjunto de válvula de control

La válvula de control se ajusta en una ranura rectificada de la extensión de la válvula, y traba las dos piezas juntas. Esto permite que cada pieza se mueva independientemente y que el orificio de la válvula de activación y el retenedor no sean concéntricos. Además, proporciona flexibilidad en la alineación del pistón y del sello de labio y les permite permanecer libres en el orificio de la caja. El resultado es una operación más suave del control de la relación de aire-combustible, menos desgaste del sello de labio y del orificio de la caja y un contacto más uniforme entre el sello y el orificio de la caja.



Fig. 3.2.36 Diafragma y conjunto retenedor

El diafragma blanco se ajusta en el conjunto del retenedor. El diafragma es de silicona y tiene un surco alrededor del diámetro interno para sellar el conjunto retenedor. La arandela y el surco evitan escapes de aceite de la cámara de aceite a la cámara de aire.

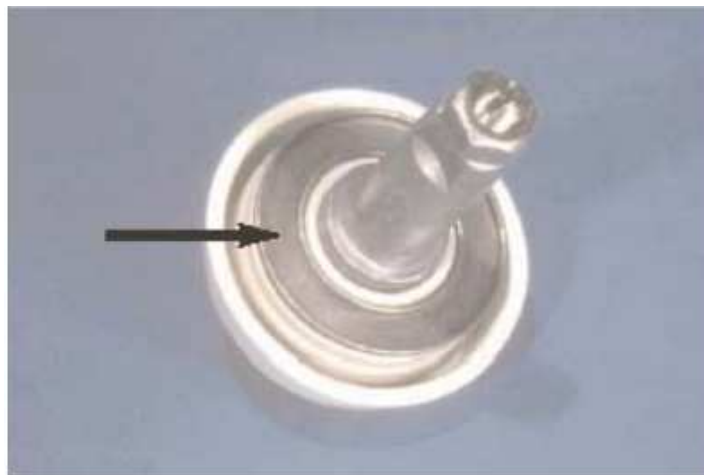


Fig. 3.2.37

La arandela (flecha) se ajusta sobre el surco en el diafragma y sujeta el conjunto retenedor. El resorte de la cámara de aire ejerce una fuerza en la arandela, y suministra la fuerza de agarre del diafragma.

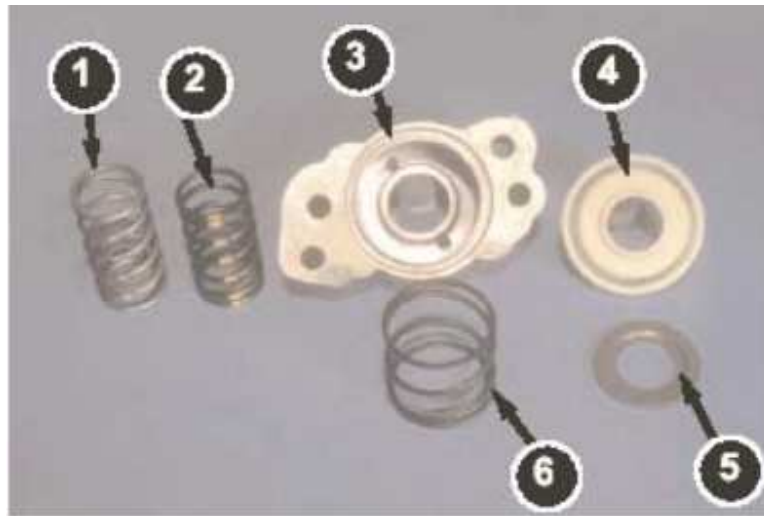


Fig. 3.2.38 Componentes del control de la relación de aire-combustible

Los controles de la relación de aire-combustible fabricados después de enero de 1985 para uso en los sistemas de combustible con bomba helicoidal tienen componentes diferentes.

Éstos son:

1. Un resorte diferente para la válvula y el pistón de activación de los Motores de la Serie 3300 (con banda blanca).
2. Un resorte diferente del de la válvula y del pistón de activación para los Motores de la Serie 3406B (con banda amarilla).
3. La caja trasera tiene un orificio más profundo.
4. Se usa un material diferente en el diafragma.
5. Hay un asiento diferente del retenedor/resorte.
6. Hay un resorte diferente de la cámara de aire.

Los componentes mostrados aquí proporcionan una mejora de la alineación del resorte y un mayor espacio libre en el control.

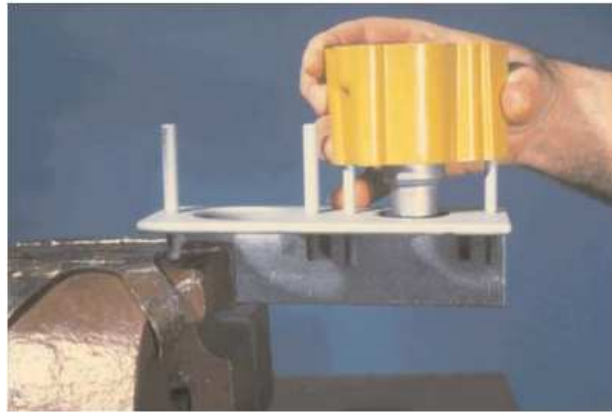


Fig. 3.2.39 Dispositivo para sostener el control FT 1820

Los controles de la relación de aire-combustible son difíciles de manejar durante las operaciones de desarmado, reparación y armado. Aquí se muestra un dispositivo para sostener los controles durante estas operaciones. El dispositivo tiene dos estaciones de trabajo. La estación de la derecha aceptará los controles hidroneumáticos usados en los nuevos sistemas de combustible con bomba helicoidal. La estación de la izquierda acepta los controles neumáticos e hidroneumáticos usados en otros sistemas de combustible.

El dispositivo puede fijarse en una prensa o dejarse permanentemente en un banco de trabajo.

*Está disponible el dispositivo de extracción FT1820.



Fig. 3.2.40 Guía de sello

El control del nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal y las versiones posteriores de los controles hidroneumáticos usados en otros sistemas de combustible tienen sellos de labio en el pistón. Los pistones con este tipo de sellos son difíciles de

instalar. Ahora están disponibles las guías de sello para facilitar la instalación de los conjuntos de pistón en las cajas de control. La guía del sello vista aquí se usa con el control en el nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal. Se usa una segunda guía de sello cuando se instala el conjunto del pistón en controles usados en sistemas de combustible con bomba helicoidal compacta. La Guía de Herramientas suministra información adicional acerca de estas herramientas.

Para usar la guía de sello, lubrique completamente el diámetro interno con aceite e instálelo en el cuerpo del control.



Fig. 3.2.41 Instalación del conjunto de pistón

Lubrique completamente el conjunto de pistón y póngalo dentro de la guía de sello. Instale la parte inferior del conjunto de pistón, ajustándolo dentro del orificio inferior del cuerpo del control. Después de iniciado el conjunto de pistón, empújelo a su posición con un movimiento de giro suave.

Las guías de sello tienen forma cónica en un extremo y se ajustan al diámetro del orificio en la caja del otro extremo. La guía de sello comprime el sello en el pistón y lo dirige correctamente en el orificio de la caja. Esto facilita insertar el pistón y evita el daño del sello.

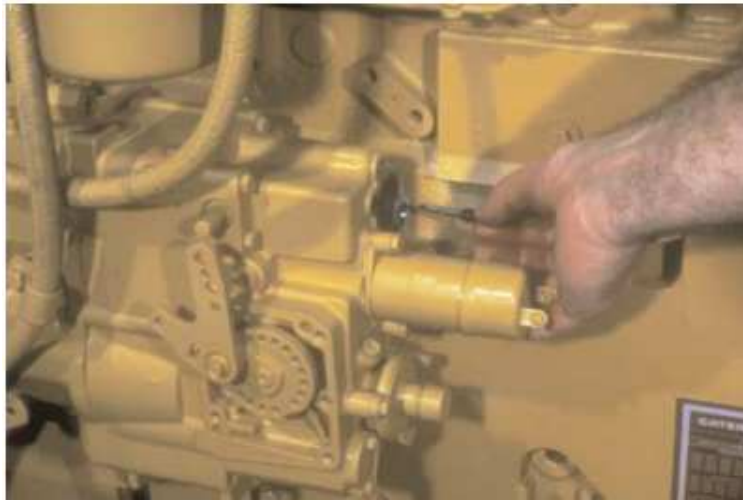


Fig. 3.2.42 Conjunto de colador

El nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal y el regulador usan un conjunto de colador diferente del de los sistemas de combustible y reguladores de diseños anteriores, para controlar el suministro de aceite.

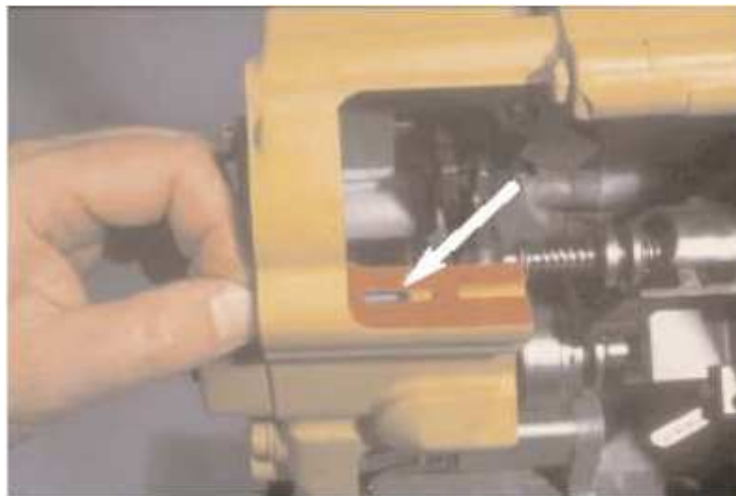


Fig. 3.2.43 Colador en el orificio de suministro de aceite

El conjunto de colador usado en el conducto de suministro de aceite (flecha) retiene cualquier escombros presente en el aceite, que pudiera afectar la operación del control.

El conjunto de colador tiene un orificio que disminuye el flujo de aceite que va al control. Esto permite acciones más lentas del control de la relación de aire-combustible con los cambios repentinos de presión de refuerzo, y proporciona un intervalo de

tiempo mayor a los cambios de velocidad. El orificio del conjunto de colador mejora la aceleración normal.

En los casos en que son lentos los movimientos de retorno al control o no se activa el control, inspeccione el orificio en busca de taponamiento. Si está taponado, limpie o reemplace el conjunto del colador.



Fig. 3.2.44 Revisión del regulador y el control de la relación de aire-combustible

No se necesita cortar ni quitar el alambre de seguridad/sellos del regulador, para revisar la operación correcta del control de la relación de aire-combustible y encontrar si el ajuste dinámico está dentro de las especificaciones. Las especificaciones del ajuste dinámicas se encuentran en la placa de información del motor o en la especificación del rendimiento del motor (0T, 2T, 0K) en SIS.

NOTA: En los motores de modelos anteriores al nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal (NSFS), puede usarse un probador del circuito para determinar si el control de la relación de aire-combustible está activado (la luz no se enciende). Sin embargo, ésta no es prueba de activación del sistema NSFS.

Se debe tener cuidado en los nuevos sistemas de combustible con bomba helicoidal, ya que una indicación de continuidad es posible aun cuando el control esté activado y no ocurra el desplazamiento a combustible máximo. Pueden obtenerse lecturas de continuidad confiables sólo cuando no hay restricciones de desplazamiento o en condiciones de ajuste de combustible estático.



Fig. 3.2.45 Ajustes del control de la relación de aire-combustible

Para revisar el ajuste y la operación de control, instale el indicador de esfera y su soporte, y siga el mismo procedimiento que en la revisión y ajuste del valor de combustible (use las publicaciones de servicio apropiadas).

Trabaje con cuidado en un motor en funcionamiento

Arranque el motor y déjelo funcionando por no menos de cinco minutos, para hacer que el motor y el regulador se estabilicen a las temperaturas de operación normal.

NOTA: En las figuras que siguen, se mostrará un corte de la caja de la bomba de inyección de combustible y del regulador, que permite ver mejor los pasos necesarios para efectuar los ajustes y los resultados de estos ajustes.



Fig. 3.2.46 Tubería de refuerzo del turbocompresor desconectada

Revise la cantidad de fuga del control de la relación de aire-combustible (con el motor en velocidad baja en vacío), realizando los siguientes pasos:

1. Desconecte la tubería de refuerzo del turbocompresor de la conexión en la parte trasera de la caja del control. Ponga un tapón en la tubería, para evitar contaminaciones del sistema.
2. Conecte el grupo de herramientas FT1906 o un manómetro, una válvula de corte, un regulador de presión y un suministro de aire a la conexión donde se desconectó la tubería de refuerzo.

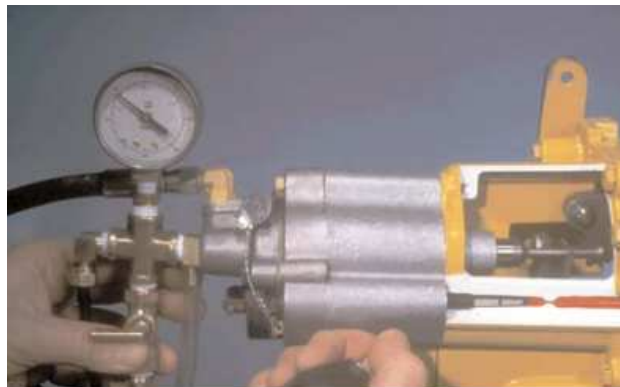


Fig. 3.2.47 Aplicación de aire al control de aire-combustible

3. Aplique 70 kPa (10 lb/pulg²) de presión de aire al control de la relación de aire-combustible.
4. Gire la válvula de corte a la posición DESACTIVADA y revise la cantidad de fuga de presión. Una fuga de 20 kPa (3 lb/pulg²) en 30 segundos es aceptable.
5. Si la fuga es mayor que 20 kPa (3 lb/pulg²) en 30 segundos, se debe reparar el control de la relación de aire-combustible antes de continuar la prueba.

6. Mantenga una presión de aire de 70 kPa (10 lb/pulg²) en el control de la relación de aire-combustible, para la revisión del ajuste.

Este procedimiento también sirve para activar el control para la revisión de ajuste.



Fig. 3.2.48 Ajuste del par máximo dinámico

7. Con el motor en velocidad baja en vacío, mueva rápidamente la palanca de control del regulador a la posición máxima de “ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE” y lea la medición del indicador de esfera. Este valor es el ajuste de par máximo dinámico. Lea el indicador cuidadosamente, ya que esta lectura será máxima sólo por un momento. Ejecute el procedimiento varias veces, para asegurarse de la exactitud de la medición. Registre las lecturas máximas del indicador de esfera. Si no se obtiene la medición dinámica máxima, aumente la presión de aire, para asegurarse de que el movimiento del control de la relación de aire-combustible sea completo.

NOTA: El control de la relación de aire-combustible está activado y la lectura máxima del indicador de esfera es el ajuste del par máximo dinámico del motor. Este ajuste es 0,5 milímetros (0,02 pulgadas) mayor que el de par máximo estático encontrado en la placa de información de los motores o en la especificación de rendimiento del motor (0T, 2T, 0K) en SIS.



Fig. 3.2.49 Ajuste del control de aire-combustible dinámico

8. Deje escapar toda la presión de aire del control de la relación de aire-combustible. Comience en 900 rpm, mueva rápidamente la palanca de control del regulador a la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE y lea la medición en el indicador de esfera. Lea el indicador de esfera cuidadosamente, ya que esta lectura será máxima sólo por un momento. Haga un registro de la lectura máxima del indicador de esfera. Éste es el valor del control de la relación de aire-combustible dinámico del motor.
9. Si el valor del control de la relación de aire-combustible dinámico está entre $\pm 0,25$ mm (0,009 pulg) de la especificación dada en la placa de información del motor, NO es necesario realizar un ajuste.
10. Para el ajuste del control, vea los procedimientos de ajuste del control de la relación de aire-combustible.



Fig. 3.2.50 Presión de refuerzo en el recorrido de par máximo

11. Para revisar la presión de refuerzo en "el recorrido de par máximo", realice lo siguiente:

- a. Conecte un manómetro, un regulador de presión y un suministro de aire (aire del taller o bulbo de presurización) a la conexión de la parte trasera de la caja de control (este mismo paso se hizo durante la prueba de fugas).
- b. Aplique presión de aire de 28 kPa (4 lb/pulg²) al control de la relación de aire-combustible.



Fig. 3.2.51 Presión de refuerzo en el recorrido de par máximo

- c. Con el motor en funcionamiento, comience en 900 rpm y rápidamente mueva la palanca del control del regulador a la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE. Registre la lectura máxima del indicador de esfera.

- d. Ejecute este procedimiento varias veces. Cada vez aumente la presión de aire 4 kPa (0,5 lb/pulg²).
- e. Registre el primer valor de presión de aire que proporcione el recorrido de la cremallera de par máximo. El recorrido de la cremallera en par máximo se midió en el paso 7.
- f. Esta presión de refuerzo es la que se necesita para mover el control de la relación de aire-combustible a la posición de PAR MÁXIMO. Esta presión proporciona el recorrido de cremallera de par máximo dinámico.

Purgue ahora la presión de aire en el control hasta cero.



Fig. 3.2.52 Ajustes del control de la relación de aire-combustible

Anteriormente, los ajustes del control de la relación de aire-combustible se hacían sólo en el banco de pruebas de inyección de combustible. Ahora se ha cambiado el procedimiento, y el control de la relación de aire-combustible se ajusta en el motor. En algunos casos, pueden usarse todavía los ajustes en banco, pues dan resultado satisfactorio. Sin embargo, se recomienda el ajuste del control de la relación de aire-combustible en el motor, por ser más exacto.

NOTA: Aún están instalados el grupo del indicador de esfera de la posición de la cremallera y el suministro de aire. (Éstos se usaron para hacer la revisión del control de la relación de aire-combustible y del regulador). Para los procedimientos de instalación del grupo indicador de esfera de la posición de la cremallera, vea el procedimiento de ajuste de combustible en la sección “Pruebas y Ajustes” del Manual de Servicio.

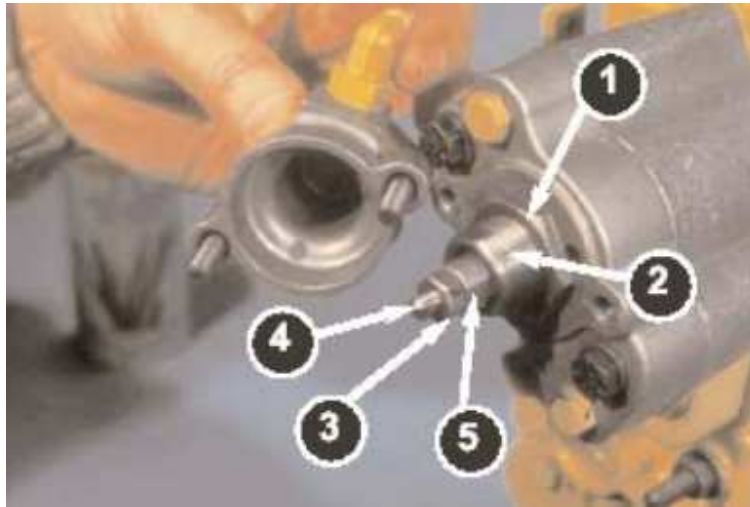


Fig. 3.2.53 Remoción de la tapa de la caja

Para hacer el ajuste al control de la relación de aire-combustible, quite la tapa de la parte trasera de la caja.

Después de quitar la tapa, se verán:

1. La tuerca de seguridad del tope de precarga
2. El tope de precarga
3. La tuerca de seguridad de la extensión de válvula
4. La extensión de válvula
5. El retenedor

Los ajustes de la extensión de válvula se usan para obtener el límite del control de la relación de aire-combustible.



Fig. 3.2.54 Activación del control de la relación de aire-combustible

Medición en la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE

1. Arranque el motor y déjelo funcionando por no menos de cinco minutos, para hacer que el regulador y el motor alcancen las temperaturas normales de operación.
2. Active el control de la relación de aire-combustible, empujando la extensión de la válvula o aplicando presión de aire y drenándola.



Fig. 3.2.55 Mueva el regulador a la posición "activación de combustible"

3. Comience en 900 rpm y rápidamente mueva la palanca del control del regulador a la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE. Lea la medición en el indicador de esfera.
4. Después de tomar la lectura, suelte la palanca del control del regulador.



Fig. 3.2.56 Ajuste del valor del tope de precarga

Motores CARB (California Air Resources Board)- Ajuste del tope de precarga

Ahora veamos el procedimiento de ajuste para el valor de tope de precarga en un control de la relación de aire-combustible de un motor certificado CARB.

1. Para ajustar el valor del tope de precarga, afloje la tuerca de seguridad y mueva el tope de precarga a la izquierda dos o tres giros completos o hasta que no haga contacto con el retenedor.

NOTA: Las especificaciones CARB requieren que la cremallera esté limitada para ir a la “ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE” hasta que se alcance un refuerzo dado (presión de aire por encima de la atmosférica) en el múltiple. Esto requiere un valor de precarga del resorte de la válvula y del pistón de activación. El valor de precarga permite un movimiento demorado del vástago del control, el cual limita el recorrido de la cremallera en la dirección de "ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE" hasta que la presión de refuerzo sea lo suficientemente alta para obtener la combustión completa, y reducir el hollín y el humo de escape.



Fig. 3.2.57 Giro del tope de precarga

2. Gire el tope de precarga 1/2 giro (a la derecha) después de tomar cada medición en el paso 3.
3. Repita el procedimiento de “medición de la posición máxima de ACTIVACIÓN” hasta que el indicador de esfera lea un valor $1,0 \pm 0,015$ mm ($0,04 \pm 0,01$ pulg) mayor que la medición tomada previamente en el procedimiento “medición de la posición máxima de ACTIVACIÓN”. Este valor estará en el sentido de “ACTIVACIÓN”.
4. Después de hacer el ajuste correcto, sostenga el tope de precarga en posición y apriete la tuerca de seguridad.
5. Examine de nuevo el valor de ajuste, para asegurarse de que no cambió cuando apretó la tuerca de seguridad.



Fig. 3.2.58 Remoción del tope de precarga y tuerca de seguridad

Actualmente en motores de Estado 49, el tope de precarga y la tuerca de seguridad pueden quitarse y no se afecta la operación del motor. En 1985 el tope de precarga y la tuerca de seguridad no eran parte de los controles de combustible en los motores de Estado 49.

NOTA: Recuerde que en los motores de la versión de Estado 49 no se usa el tope de precarga. Tan pronto como el refuerzo se aplica al control, el vástago se mueve hacia afuera del límite de la cremallera en la dirección de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE.



Fig. 3.2.59 Aflojamiento de la tuerca de seguridad de extensión de la válvula

Ajuste del límite de extensión de la válvula en los motores CARB y Estado 49

Los procedimientos de ajuste de la extensión de la válvula de control de la relación de aire-combustible son los mismos tanto en los motores de la versión CARB, como en los de Estado 49.

1. Con el motor en funcionamiento y a temperatura normal de operación, active el control de la relación de aire-combustible empujando la extensión de la válvula.
2. Mantenga el retenedor en posición y afloje la tuerca de seguridad. Esto evita que el diafragma del control se dañe cuando se gire la tuerca de seguridad bien sea para aflojarla o para apretarla.

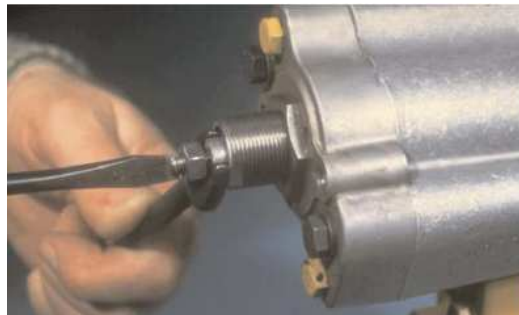


Fig. 3.2.60 Ajuste de la extensión de la válvula

3. Sostenga el retenedor y use un destornillador para girar la extensión de la válvula y obtener el ajuste correcto.
 - a. El girar la extensión de la válvula a la derecha aumenta (+) el recorrido de la cremallera a la posición límite.
 - b. El girar la extensión de la válvula a la izquierda disminuye (-) el recorrido de la cremallera a la posición límite.



Fig. 3.2.61 Posición de la relación de aire-combustible

En este corte de la caja de regulador, se puede ver la posición límite del extremo del vástago del control en la palanca de varillaje del control de combustible. Los ajustes a la extensión del vástago de la válvula fijan el punto límite del varillaje de control de combustible y pueden leerse en el indicador de esfera.

4. Después de cada ajuste, revise el valor del control de la relación de aire-combustible dinámico. Inicie en 900 rpm, mueva rápidamente la palanca del control del regulador a la posición máxima de "ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE" y lea la medición en el indicador de esfera. Lea el indicador de esfera cuidadosamente, pues esta lectura será máxima sólo por un momento. Registre la lectura del indicador de esfera. Se necesitan varios ajustes del límite de extensión de la válvula para obtener el valor correcto del control de la relación de aire-combustible dinámico. Examine el nuevo valor varias veces, para asegurarse de que es el correcto. Cuando se alcance el valor correcto, apriete la tuerca de seguridad y revise nuevamente el valor de control de la relación de aire-combustible dinámico, para asegurarse de que el valor no haya cambiado cuando se apretó la tuerca de seguridad.

NOTA: Si no puede obtener el valor correcto del control de la relación de aire-combustible dinámico con este ajuste, ni el del convertidor de par máximo dinámico, el varillaje del regulador interno debe revisarse y/o ajustarse, o el control de la relación de aire-combustible necesita reparación o reemplazo. Vea en el Manual de Servicio la sección de Revisión y Ajuste del varillaje del control de la relación de aire-combustible para el procedimiento del valor correcto del control usando el varillaje del regulador.

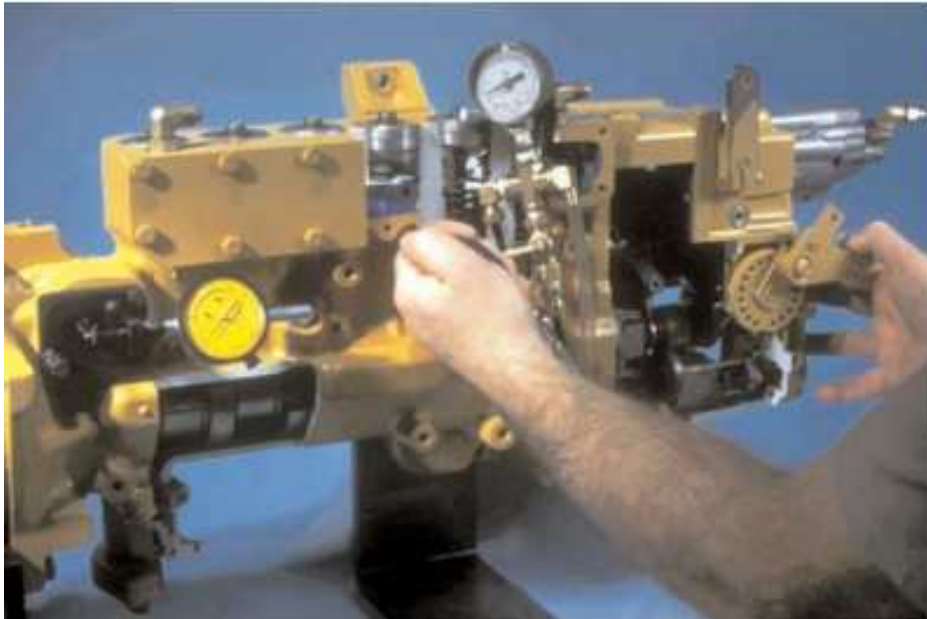


Fig. 3.2.62 Revisión del valor de par de combustible dinámico

5. Instale la arandela y la tapa de la parte trasera del control de la relación de aire-combustible.
6. Aplique una presión de aire de 70 kPa (10 lb/pulg²) o más al control de la relación de aire-combustible en la conexión. Esto extenderá completamente el vástago de control de la relación de aire-combustible, para obtener el ajuste del valor de par máximo dinámico.
7. Revise el valor de par máximo dinámico. Comience en 900 rpm, mueva rápidamente la palanca del control del regulador a la posición máxima de "ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE" y lea la medición máxima en el indicador de esfera.

NOTA: Si no puede obtener el valor de par máximo dinámico, la palanca interna requerirá ajuste, o el control necesitará reparación o reemplazo.



Fig. 3.2.63 Control con sello y alambre de seguridad instalado

8. Pare el motor.
9. Instale el alambre y el sello de seguridad del control de la relación de aire-combustible.
10. Instale la tubería de refuerzo del turbocompresor.
11. Quite la herramienta del indicador de posición de cremallera.



Fig. 3.2.64 Corte del control de la relación de aire-combustible

Esto concluye la presentación de los controles de la relación de aire-combustible de los nuevos sistemas de combustible con bomba de tipo helicoidal.

Lección 3: Sistema de Combustible de Dosificación con Manguito**Introducción**

El Sistema de Combustible de Dosificación con Manguito Caterpillar fue el más usado en el motor 3208. El motor 3208 fue un motor popular para camión de carretera de gama mediana hasta 1991 y aún se continúa usando en aplicaciones marinas e industriales.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes del Sistema de Combustible de Dosificación con Manguito y explicar su operación.

Material de referencia

- Sistema de Combustible de Dosificación con Manguito (CD-ROM) LERV9802

Herramienta

- Ninguna

Lección 4: Nuevo Sistema de Combustible con Bomba Helicoidal**Introducción**

El nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal Caterpillar se usa desde 1980 en los motores de la Serie 3300. El nuevo sistema de combustible con bomba helicoidal Caterpillar se introdujo en el Motor 3406B en 1983, para cumplir con las normas de emisiones y obtener mejor rendimiento y mayor economía de combustible. Una ventaja importante del sistema de combustible de bomba helicoidal es que las bombas de inyección individuales no necesitan ajuste ni calibración.

Objetivo

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar la operación del nuevo sistema de combustible Caterpillar con bomba helicoidal.

Material de referencia

- Uso del Grupo de herramientas para el ajuste del regulador 6V6070 SSHS8024

Herramienta

- 6V6070 Grupo de herramientas para el ajuste del regulador



Fig. 3.4.1 Motor 3406B Caterpillar

El Motor 3406A Caterpillar fue introducido en 1973. Desde entonces, ha experimentado una serie de cambios para suplir la demanda de un producto más económico y confiable que cumpliera con las regulaciones gubernamentales de emisiones en este tipo de motores. Un ejemplo de estos cambios es el Motor 3406B introducido en 1983. El sistema de combustible fue el cambio más significativo en este motor. El sistema de combustible con bomba helicoidal se había usado ya desde 1980 en los motores 3300. Este sistema de combustible provee emisiones bajas, mayor rendimiento y economía de combustible en los motores 3406B. En 1991, el sistema de combustible se modificó para incorporar un árbol de levas más exigente, que permite disminuir aún más las emisiones. En 1992 apareció el Motor 3406C sin modificaciones en el sistema de combustible mecánico.

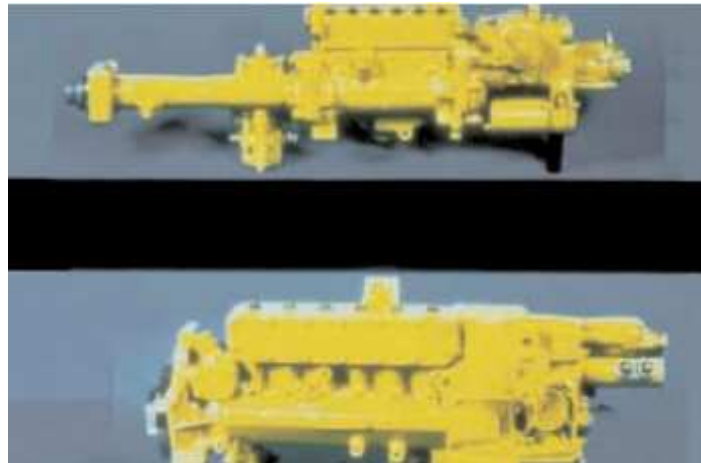


Fig. 3.4.2 Grupos de bomba de inyección de combustible del Motor 3406

En la parte superior de la figura 3.4.2 podemos ver cómo la bomba de inyección de combustible del Motor 3406A tiene un mando más largo, por razón de la falta de espacio para la caja de la bomba debajo del compresor de aire. En la foto de abajo de la figura vemos la bomba de inyección de combustible de los motores 3406B/C. Esta bomba es más corta pero más robusta. La longitud más corta de la bomba de los motores 3406B/C permite mayor espacio para las operaciones de servicio.



Fig. 3.4.3 Árboles de levas de la bomba de inyección

Muchos de los cambios y mejoras en los motores 3406 son internos y no pueden verse directamente. En la figura vemos dos árboles de levas de la bomba de inyección. El árbol de levas de la parte superior de la figura corresponde al Motor 3406A. El árbol de levas de la parte inferior de la figura corresponde al Motor 3406B. El árbol de levas del

Motor 3406B tiene una configuración diferente, con un levantamiento más rápido y de más corta duración, que aumenta la presión de inyección del combustible y reduce el tiempo de inyección, con lo que se obtiene mayor eficiencia de combustible. Una excéntrica en el eje de levas opera la bomba de pistones de transferencia de combustible. Con los cambios en la regulación gubernamental de emisiones de 1988, se modificó la nariz del árbol de levas. La hélice de 10 grados del frente se cambió por una de 15 grados y el orificio del frente se alargó para acomodar una unidad de avance de sincronización de inyección diferente. Los cambios de normas de emisiones de 1991 modificaron sólo el diámetro del cojinete y la forma del lóbulo.

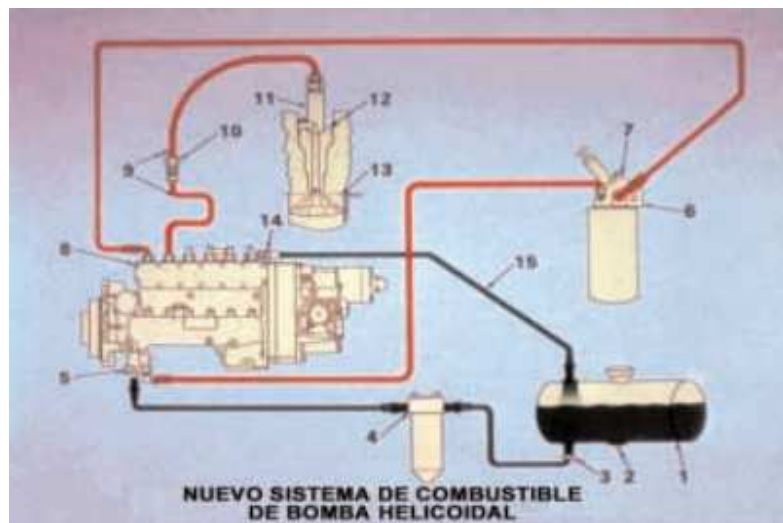


Fig. 3.4.4 Flujo de combustible del Motor 3406

Éste es un diagrama del sistema de combustible de los motores 3406B y 3406C, que muestra el flujo de combustible del tanque a los inyectores en el cilindro.

La bomba de transferencia (5) succiona el combustible del tanque (1) y lo envía, a través de la válvula de corte de suministro (3), al filtro primario de combustible (4) y, de allí, a la bomba de transferencia de combustible. La bomba de transferencia de combustible presuriza el combustible y lo envía a la bomba de cebado manual (7), pasa por el filtro secundario de combustible (6) y llega al múltiple de combustible (8) con presión moderada. La válvula de derivación de la bomba de transferencia mantiene una presión moderada de combustible. Con la presión moderada de combustible en el múltiple de combustible, se evita que se desocupen (vacío) las bombas de presión alta, y el combustible se carga dentro de la cavidad de las bombas de presión alta.

Las bombas de presión alta dosifican una pequeña cantidad de combustible y lo envían a las tuberías de presión alta de combustible (9) y, a través del adaptador (10), a los inyectores de combustible (11) a una presión muy elevada. Cuando la presión de las tuberías de combustible de presión alta sobrepasa la presión de apertura del inyector,

el combustible se inyecta a la cámara de combustión. Con una presión muy alta y orificios muy pequeños en la punta del inyector, el combustible se pulveriza y permite una combustión completa en el cilindro.

El aire y parte del combustible se envían fuera del múltiple de combustible, a través de la tubería de retorno (15), al tanque de suministro. El drenaje del tanque (2) permite quitar el agua, el sedimento y otro material extraño, y drenar el tanque de suministro. La tapa del tanque de combustible debe tener un respiradero para evitar que se forme vacío en el tanque de combustible.

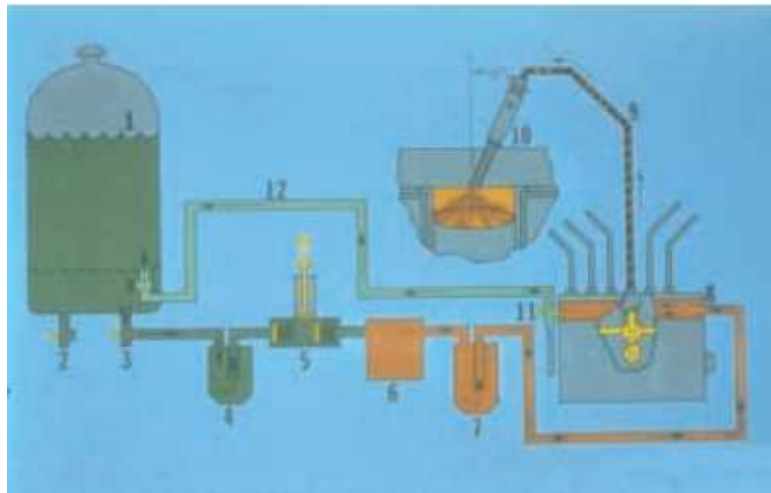


Fig. 3.4.5 Flujo de combustible del Motor 3306

Éste es un diagrama del sistema de combustible del motor 3306B/C, que muestra el flujo de combustible del tanque de suministro a los cilindros.

La bomba de transferencia (6) succiona el combustible del tanque de combustible (1) y lo envía, a través de la válvula de corte (3), al filtro primario de combustible (4); luego, pasa a la bomba manual de cebado (5) que lo envía a la bomba de transferencia. La bomba de transferencia presuriza el combustible y lo envía al filtro secundario de combustible (7) y al múltiple de combustible de la caja de la bomba de inyección (8). Una válvula de derivación que está dentro de la bomba de transferencia de combustible mantiene una presión moderada de combustible. Con presión moderada de combustible en el múltiple de combustible, se evita que se queden sin combustible (se vacíen) las bombas de presión alta, y el combustible se carga dentro de la cavidad de las bombas de presión alta.

Las bombas de presión alta dosifican una pequeña cantidad de combustible y lo envían, por las tuberías de presión alta de combustible (9), a los inyectores (10) a una presión muy elevada. Cuando la presión de las tuberías de combustible de presión alta

sobrepasan la presión de apertura del inyector, el combustible se inyecta a la cámara de combustión. Con una presión muy alta y orificios muy pequeños en la punta del inyector, el combustible se pulveriza y permite una combustión completa en el cilindro.

Una válvula de purga constante (11) permite que vaya un flujo constante de combustible por la tubería de retorno (12) de regreso al tanque de combustible (1). Esto ayuda a mantener el combustible fresco y libre de aire. También hay una válvula manual de purga que puede utilizarse cuando se usa la bomba de cebado de combustible para drenar el aire del sistema. El drenaje del tanque de suministro (2) se usa para quitar el agua, los sedimentos y el material extraño. La tapa del tanque de combustible debe tener un respiradero para evitar que se forme vacío en el tanque de combustible.

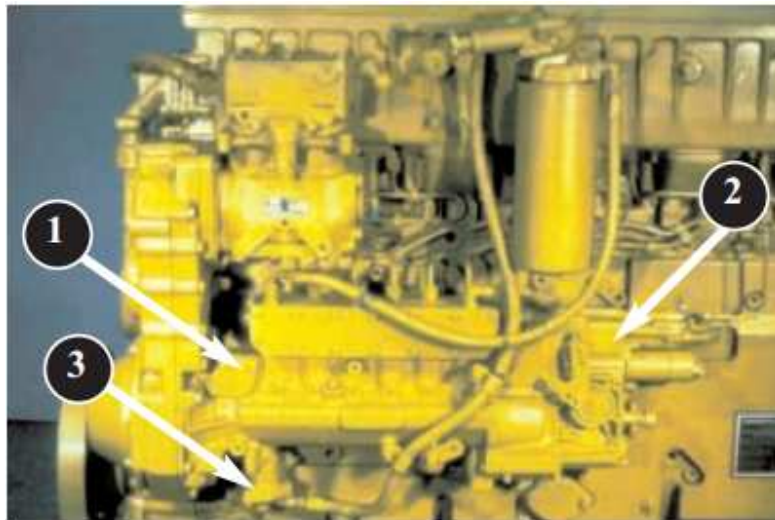


Fig. 3.4.6 Componentes del sistema de combustible

En esta figura podemos ver algunos de los componentes del sistema de inyección de combustible de los motores 3406B. Se observa la caja de la bomba de inyección de combustible (1), la caja del regulador (2), la bomba de transferencia de combustible (3) y las tuberías externas de inyección de combustible.

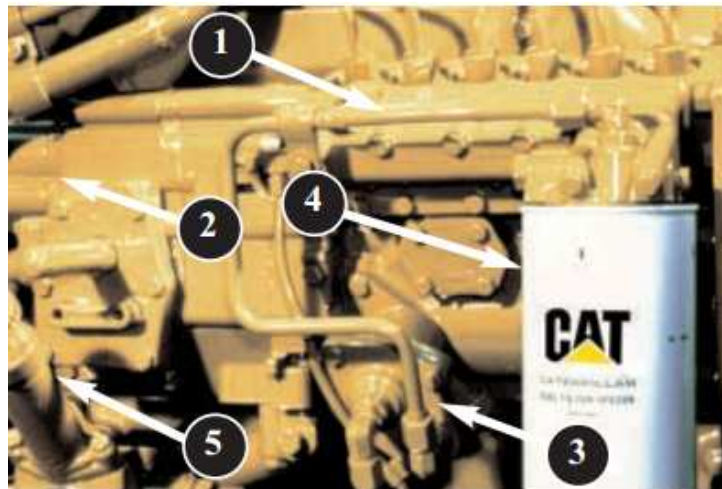


Fig. 3.4.7 Componentes del sistema de combustible del Motor 3306

En la figura 3.4.7 podemos observar algunos de los componentes del sistema de inyección de combustible de los motores 3306B/C. Se muestran la caja de la bomba de inyección de combustible (1), la caja del regulador (2), la bomba de transferencia de combustible (3), las tuberías de inyección de combustible, el filtro de combustible, la base (4) y la bomba de cebado de combustible (5).

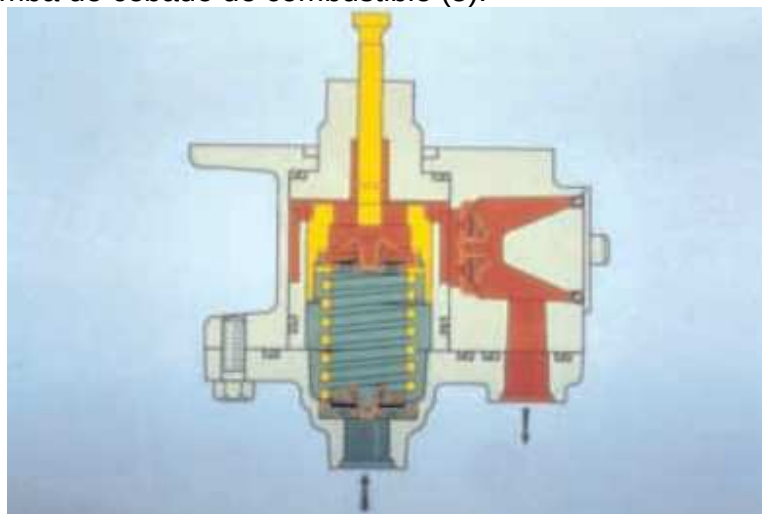


Fig. 3.4.8 Bomba de transferencia de combustible

La bomba de transferencia de combustible está en la parte inferior de la caja de la bomba de los motores 3406B/C, y a un lado de la caja de la bomba de los motores 3304B o 3306B/C. La bomba de transferencia es accionada por la excéntrica dentro de la caja del árbol de levas de la bomba de combustible, y puede enviar hasta 193 litros (51 galones EE.UU.) de combustible por hora a 172 kPa (25 lb/pulg²). Ésta es una bomba de pistones que acciona un resorte cuya presión real de combustible puede

variar entre 138 kPa y 310 kPa (20 lb/pulg² y 45 lb/pulg²) dependiendo de las condiciones de operación del motor. La bomba suministra solamente el flujo que el motor requiere, más la cantidad que retorna al tanque [casi 34,06 litros (9 galones EE.UU.) por hora].

Ésta es una bomba de acción simple, de un solo pistón con tres válvulas de retención de una función. Las válvulas de retención son la válvula de entrada, la de bombeo y la de salida. La figura muestra que el bombeo y el llenado ocurren en la misma carrera de la bomba. Aquí, el vástago está casi completamente extendido y el resorte de retorno mueve el pistón arriba de la bomba. Este movimiento del pistón hacia arriba abre la válvula de retención de entrada, y el combustible va a la cavidad de entrada (color verde). La válvula de retención de bombeo, en la parte superior del pistón, se cierra y el pistón empuja el combustible a la cavidad de salida (color rojo). Este combustible presurizado abre la válvula de retención en el orificio de salida. En esta bomba no hay válvula de alivio de presión, pues la presión de salida del combustible está controlada por la fuerza del resorte del pistón.

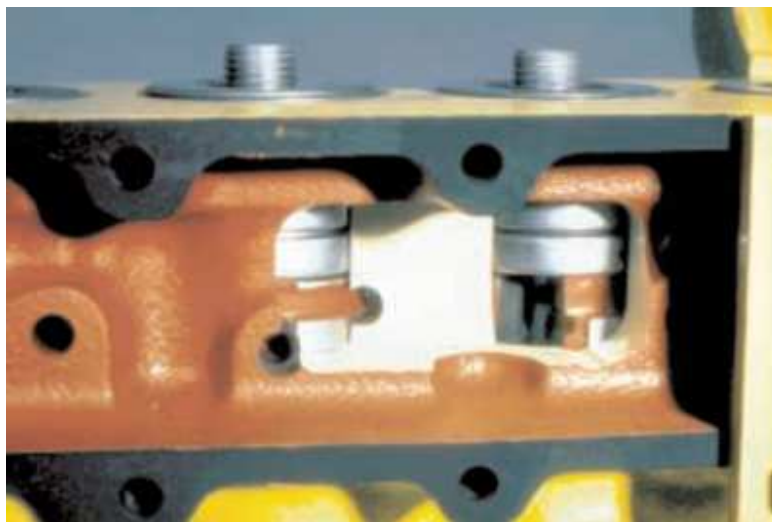


Fig. 3.4.9 Bomba de inyección del Motor 3406

El área mostrada en esta figura es el conducto de combustible de la bomba de combustible de los motores 3406B/C. Esta área es presurizada por acción de la bomba de transferencia de combustible. El corte en la figura muestra la ubicación de los grupos de bombas dentro de la caja de la bomba. El combustible entra al grupo de bombas y sale de él por la espiga hueca templada. Esta espiga se halla en la caja para protegerla de la erosión causada por los impulsos de salpicado de combustible de presión alta.



Fig. 3.4.10 Bomba de inyección del Motor 3306

Éste es un corte de área similar al de la bomba de combustible de los motores 3306B/C. Note la similitud entre las dos bombas.



Fig. 3.4.11 Cremallera de combustible del Motor 3406

El área de la figura es un corte de lado de los motores 3406B/C, que muestra la caja de la bomba de combustible. El corte deja ver en el centro una bomba completa y a la derecha un corte de la bomba. Podemos ver la relación entre los grupos de bombas y la cremallera, a medida que el segmento de engranaje encaja con la cremallera. También observemos los levantadores y los resortes de retorno.

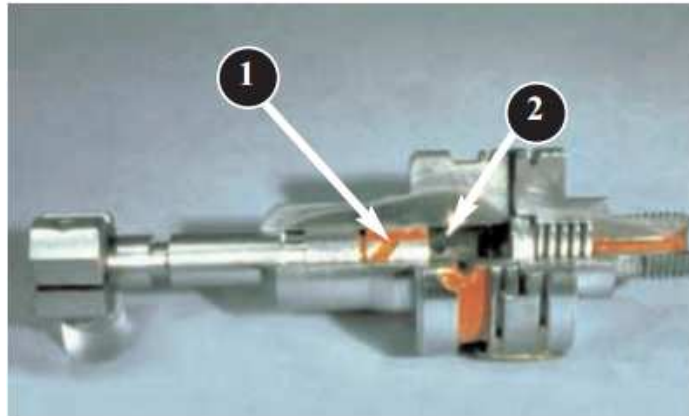


Fig. 3.4.12 Bomba de inyección (inicio de la entrega de combustible)

Usaremos un corte de la bomba para ver cómo se dosifica y se entrega el combustible a los inyectores. Éste es un sistema de combustible de bomba helicoidal con un corte a la izquierda de la hélice (1) en el émbolo de la bomba. El engranaje de la parte inferior del émbolo encaja con la cremallera. El movimiento de la cremallera gira el émbolo en el tambor de la bomba y cambia la relación de la bomba helicoidal con respecto al orificio de derrame (2). El mecanismo de árbol de levas/seguidor/levantador mueve el émbolo hacia arriba y hacia abajo en el tambor. En esta posición, el émbolo está en la parte inferior de su carrera. El combustible está entrando al tambor a través del orificio de derrame en la parte de atrás del tambor y a través del orificio de llenado.



Fig. 3.4.13 Bomba de inyección (entrega de combustible)

Ahora, la leva subió el émbolo de modo que el orificio de llenado y el de derrame acaban de cerrarse. Éste es el inicio de la carrera efectiva del émbolo y el comienzo de la inyección. A medida que el combustible se presuriza en el tambor, la válvula de retención de flujo inverso se levanta fuera de su asiento en el sombrerete de la bomba

y envía el combustible presurizado, a través de las tuberías de combustible, a los inyectores. La inyección no se interrumpe hasta el final de la carrera efectiva cuando la hélice del émbolo se pone en línea con el orificio de derrame en el tambor.

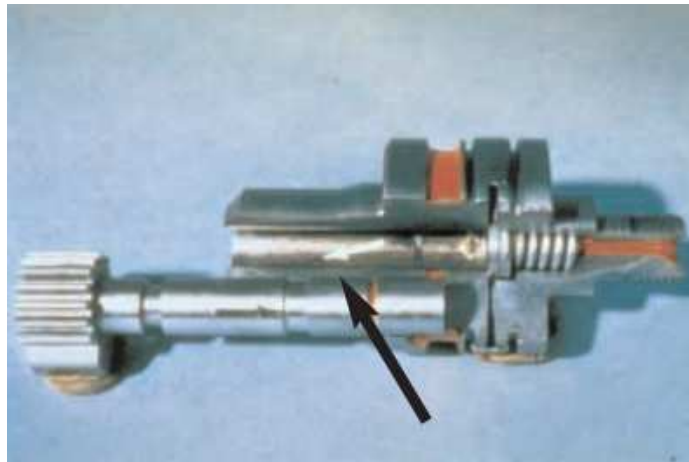


Fig. 3.4.14 Bomba de inyección (terminación de la entrega de combustible)
Al final de la carrera efectiva, la hélice abre el orificio de derrame, se alivia la presión de combustible y se cierra la válvula de retención del flujo inverso. Durante el ciclo completo de bombeo, la ranura del émbolo se sitúa sobre el conducto de retorno de purga.

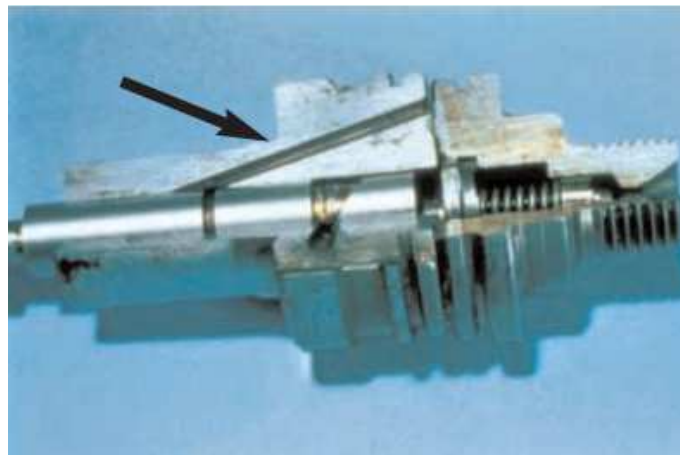


Fig. 3.4.15 Conducto de purga

Cuando la ranura del émbolo se encuentra en esta posición, queda en línea con el conducto de retorno de purga de presión (flecha) en el tambor. Esto purga el combustible que va entre el tambor y el émbolo y evita que pase combustible al aceite del motor.



Fig. 3.4.16 Válvula de retención de flujo inverso

La válvula de retención de flujo inverso mantiene llena la tubería de inyección de combustible entre las carreras de inyección. El combustible presurizado [aproximadamente 6.890 kPa (1.000 lb/pulg²)] se mantiene en la tubería de inyección, listo para la siguiente carrera de la bomba. Cuando el motor y la bomba de inyección se paran, la ranura (flecha) purga la presión en la tubería de inyección para igualarse con la presión residual de la bomba.

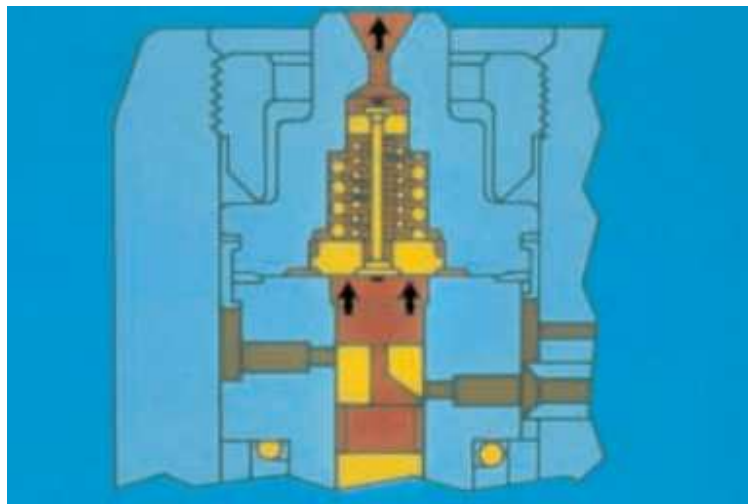


Fig. 3.4.17 Válvula de retención de flujo inverso abierta

Cuando la presión de combustible en el tambor por encima del émbolo alcanza 689 kPa (100 lb/pulg²), la válvula se levanta de su asiento y el combustible fluye fuera de la cavidad, a través del sombrerete, a la tubería de inyección. El resorte de la válvula de

retención mantiene la válvula en su asiento cuando la presión del combustible alcanza la presión de la bomba de transferencia. Esto quiere decir que el combustible puede entrar en las tuberías de inyección solamente durante la carrera de inyección, y ayuda a lavar el cilindro de combustible en caso de que una válvula del inyector se quede pegada en posición abierta.

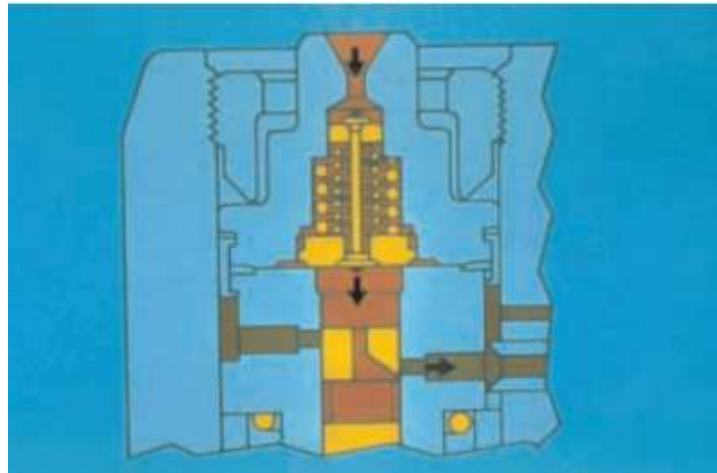


Fig. 3.4.18 Válvula de retención de flujo inverso abierta

La presurización permanece hasta que la hélice abre el puerto de derrame y se alivia la presión en el tambor de la bomba. Esto cierra la válvula de retención, pero el combustible presurizado en la tubería de inyección abre la válvula de retención de flujo de retorno. El combustible retorna al tambor de la bomba y fluye afuera por el orificio de derrame hasta que la presión de la tubería de inyección cae a 6.890 kPa (1.000 lb/pulg²). En ese punto, el resorte de la válvula de retención de flujo de retorno cierra la válvula. Cuando el motor se apaga, una pequeña ranura en la cara de la válvula de retención permite la purga de la presión de 6.890 kPa (1.000 lb/pulg²).



Fig. 3.4.19 Tapa del múltiple de combustible del Motor 3406

El combustible de presión alta que sale a través del orificio de derrame va, a través de la espiga hueca, al múltiple de combustible y golpea la plancha de la tapa. Estos impulsos de combustible altamente presurizados producen puntos brillantes que se alinean con los orificios de derrame en la plancha de la tapa del múltiple del sistema de combustible de los motores 3406B/C.

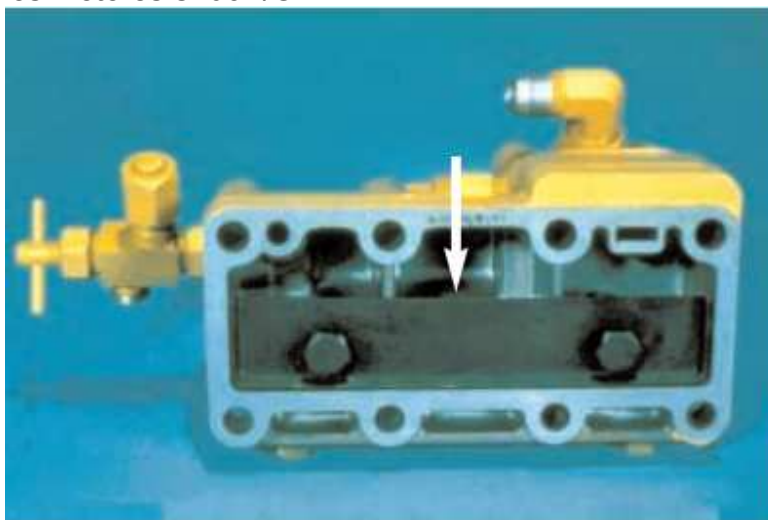


Fig. 3.4.20 Tapa del múltiple de combustible del Motor 3306

En los motores de la Serie 3300, el múltiple de combustible tiene un deflector de impulso (flecha) de resorte de acero. Éste protege la tapa de aluminio del múltiple de la fuerza de los impulsos de presión del combustible liberado.

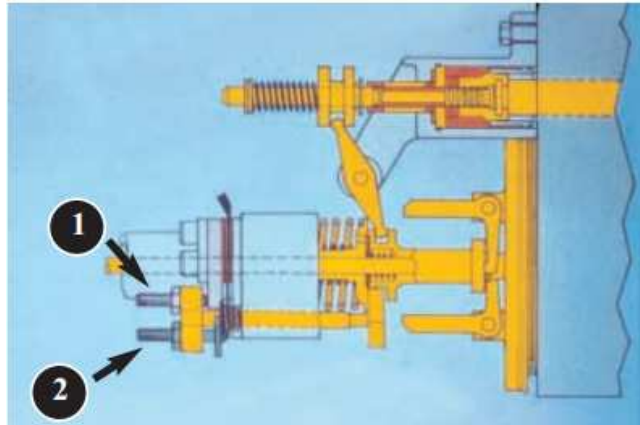


Fig. 3.4.21 Operación del regulador

En el punto en que el tornillo de la cremallera (1) se pone en contacto por primera vez con el resorte de par, la cremallera está en el punto de carga plena (nominal). A medida que la demanda de potencia aumenta, con la cremallera en la posición de carga nominal, la velocidad del motor disminuye a medida que el motor se sobrecarga (máxima aceleración con un valor de rpm menor que las rpm nominales). Dependiendo de la rigidez del resorte de par, en algún punto, el resorte del regulador hace que el tornillo de la cremallera empiece a comprimir el resorte de par. A medida que ocurre esto, la posición de la cremallera aumenta y permite inyectar más combustible por carrera. Este aumento en la posición de la cremallera continúa hasta que el tornillo de par (2) entra en contacto con el tope del collar. Ésta es la posición de par máxima de la cremallera.

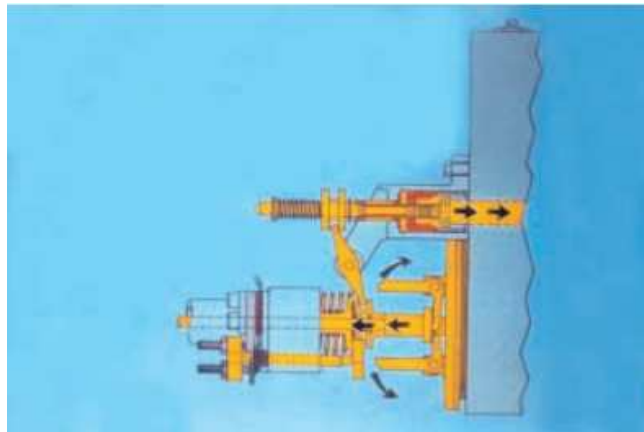


Fig. 3.4.22 Operación del regulador (contrapeso levantado)

Los contrapesos giran hacia afuera a medida que aumentan las rpm del motor. Esto mueve el levántador para comprimir el resorte del regulador, y la palanca de pivote mueve el manguito y el carrete en sentido de "corte de combustible".

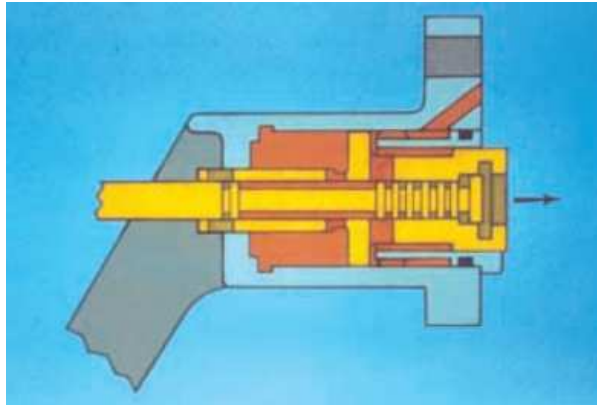


Fig. 3.4.23 Carrete de la válvula en posición de "CORTE DE COMBUSTIBLE"

A medida que el carrete de la válvula se mueve a la posición de CORTE DE COMBUSTIBLE, se abre un conducto en el pistón que permite que el aceite presurizado ingrese en la cámara detrás del pistón. Al mismo tiempo, el carrete cierra el conducto detrás de esta cámara. El aceite presurizado obliga al pistón y a la cremallera a ir a la posición de "corte de combustible". Sin carga en el motor, la cremallera se moverá hasta alcanzar el ajuste de las rpm de velocidad baja en vacío. Este ajuste depende de la cantidad de fuerza puesta sobre el resorte del regulador por el pedal de aceleración contra el tornillo de tope de la velocidad baja en vacío.

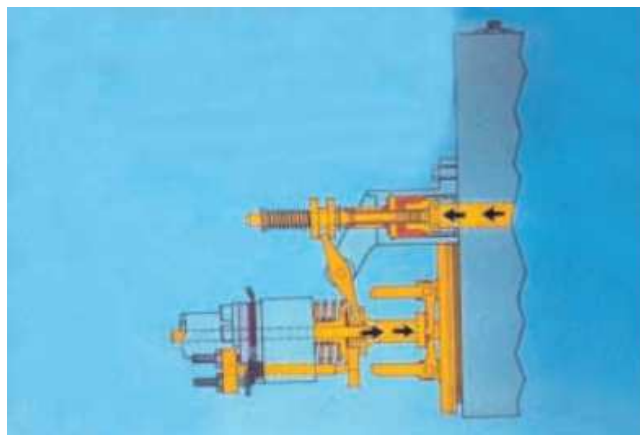


Fig. 3.4.24 Operación del regulador

Si las rpm del motor están disminuyendo, los contrapesos giran de tal forma que separan/alejan el levantador del resorte del regulador, y la palanca pivote mueve el manguito y el carrete a la posición de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE.

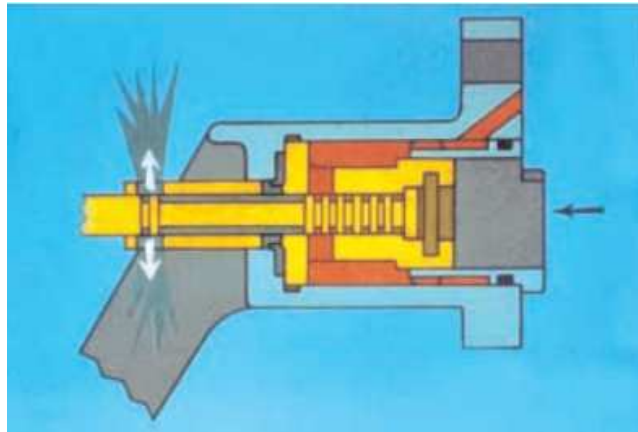


Fig. 3.4.25 Carrete de la válvula en posición de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE

El movimiento del carrete en el sentido de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE bloquea el conducto en el pistón y abre el conducto de drenaje detrás de la cámara. Ahora el aceite presurizado obliga al pistón y a la cremallera en el sentido mostrado (activación de combustible) de forma que la entrega de combustible aumenta hasta alcanzar las rpm deseadas. El movimiento hacia atrás y hacia adelante de la cremallera en sentido de "corte de combustible" y en sentido de " activación de combustible" continuará hasta que haya un equilibrio entre la fuerza del resorte del regulador y la de los contrapesos.

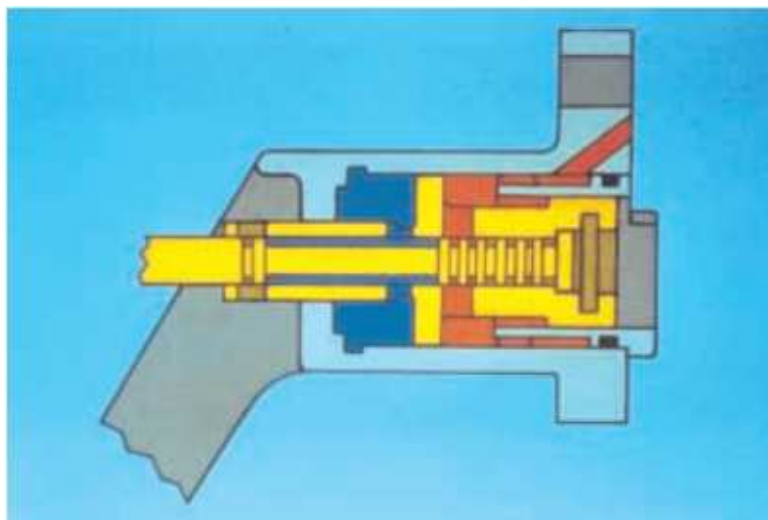


Fig. 3.4.26 Carrete de la válvula - posición de combustible estabilizado

Este dibujo muestra el punto de equilibrio del servocarrete y el pistón. Cuando la fuerza de los contrapesos es igual a la del resorte del regulador, el carrete de la válvula bloquea el aceite en la cámara detrás del pistón. La posición de la cremallera no cambia y las rpm del motor permanecen constantes.

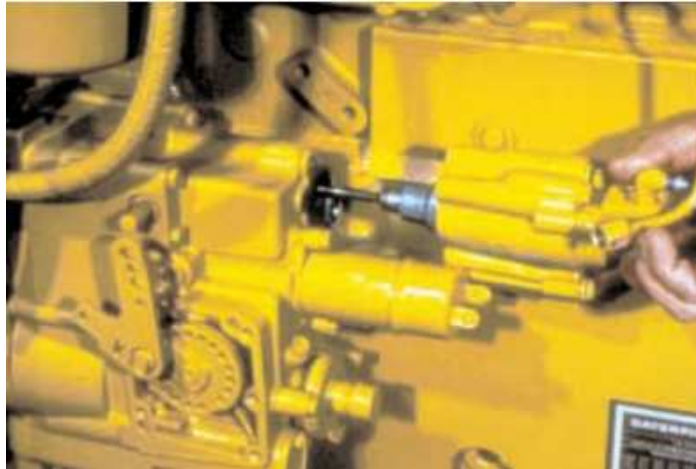


Fig. 3.4.27 Control de la relación de aire-combustible

El control de la relación de aire-combustible está montado en la parte trasera de la caja del regulador. Su función es limitar el humo y disminuir el consumo de combustible durante aceleraciones rápidas. Esto se logra por medio del control del movimiento de la cremallera en sentido de "activación de combustible", hasta que haya suficiente combustible (presión de refuerzo) para permitir una combustión completa en los cilindros. Con el control de la relación de airecombustible ajustado correctamente, también se minimiza la cantidad de hollín en el motor.

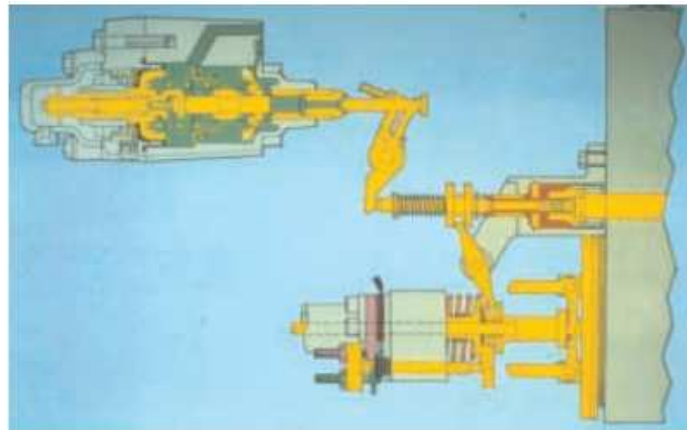


Fig. 3.4.28 Control de la relación de aire-combustible

Un vástago que se extiende fuera del control de la relación de airecombustible encaja en la ranura de una palanca que hace contacto con el extremo de la cremallera en la servoválvula. Un diafragma en el control detecta la presión de entrada de aire (refuerzo). Este diafragma hace presión contra un resorte y el carrete. El movimiento del carrete controla el flujo de aceite que mueve un pistón conectado al vástago. En el Motor 3406 mecánico, el vástago se retrae totalmente durante el arranque, de modo

que toda la cremallera está disponible. Esto es verdad también en los motores de la Serie 3300, pero desde 1994, en el Motor 3306C de camión, el vástago se retrae parcialmente durante el arranque, y sólo se retrae completamente cuando el motor alcanza la presión de aceite.

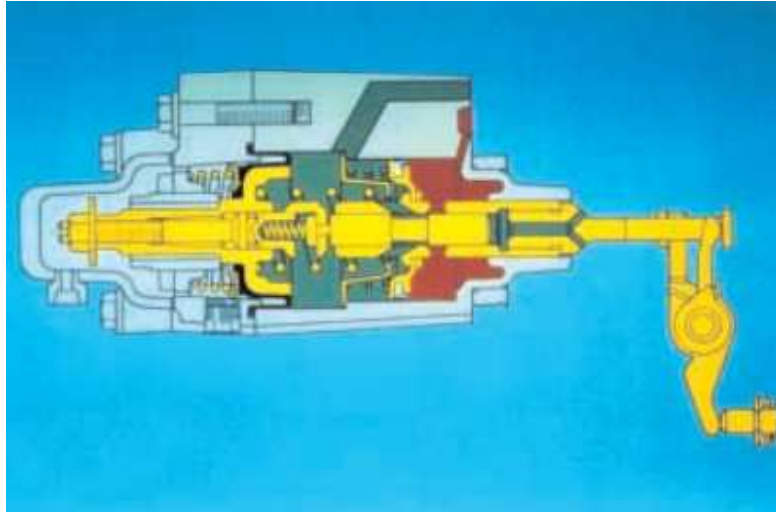


Fig. 3.4.29 Operación del control de la relación de aire-combustible

Cuando la presión de refuerzo es baja, el vástago está en la posición de ajuste (montado) y la palanca limita el movimiento de la cremallera en sentido de "activación de combustible". A medida que la presión de refuerzo aumenta, el vástago se extiende y se aleja de la palanca, y la cremallera se puede mover a la izquierda, para permitir un mayor activación de combustible a las bombas de inyección. Cuando la presión del múltiple alcanza aproximadamente la mitad de la presión nominal, o mayor, queda disponible el desplazamiento de la cremallera a la máxima entrega de combustible. Así, en cualquier momento en que haya suficiente presión de refuerzo, el vástago del control de la relación de aire-combustible se extiende y no controla ni afecta el movimiento de la cremallera. Esto permite una aceleración suave y rápida a una velocidad de inyección de combustible adecuada, para permitir una combustión completa y emisiones bajas.



Fig. 3.4.30 Solenoide de corte de combustible

Hay un solenoide de corte de combustible ubicado en la parte trasera del regulador. Los hay de dos tipos. Uno se activa al arrancar y el otro se activa al apagar. El solenoide mostrado en la figura es uno que se activa al arrancar. Cuando se activa el sistema eléctrico del motor (llave de contacto en posición CONECTADA) se activa el solenoide y se libera el varillaje para permitir el movimiento de la cremallera en cualquier sentido (suministro o corte de combustible). Cuando se apaga el sistema eléctrico (llave de contacto en posición DESCONECTADA), se desactiva el solenoide y no se permite el movimiento de la cremallera en sentido de “activación de combustible”, lo que hace que el motor se apague. Un diodo conectado entre los dos terminales del solenoide elimina las crestas de voltaje (voltaje alto generado por la bobina cuando el solenoide se desactiva) que podrían dañar otros circuitos electrónicos del sistema eléctrico del vehículo.

Lección 5: Unidad de Avance de Sincronización de los Motores 3406B/C**Introducción**

Esta lección presenta la operación y los procedimientos de ajuste de la unidad de avance de sincronización de los motores anteriores a 1988, y las operaciones y los procedimientos de ajuste de la unidad de avance de sincronización de los motores posteriores a 1988.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar cómo opera y cómo se ajusta la unidad de avance de sincronización de los motores anteriores a 1988 y cómo opera la unidad de avance de sincronización de los motores posteriores a 1988.

Material de referencia

- Ninguno

Herramientas

- Ninguna



Fig. 3.5.1 Unidad de avance de sincronización

Dependiendo de la aplicación del motor, el regulador y el mando de la bomba de inyección de combustible configuran un engranaje de mando sólido o una unidad de avance de sincronización hidráulica automática, que controla el avance de la sincronización de inyección de combustible. El engranaje de mando se usa en los grupos electrógenos, en algunos motores marinos y en algunos motores de vehículos. Las unidades de avance de sincronización hidráulica se usan en motores de camión, en motores industriales, en algunos motores marinos y en algunos motores de vehículos.

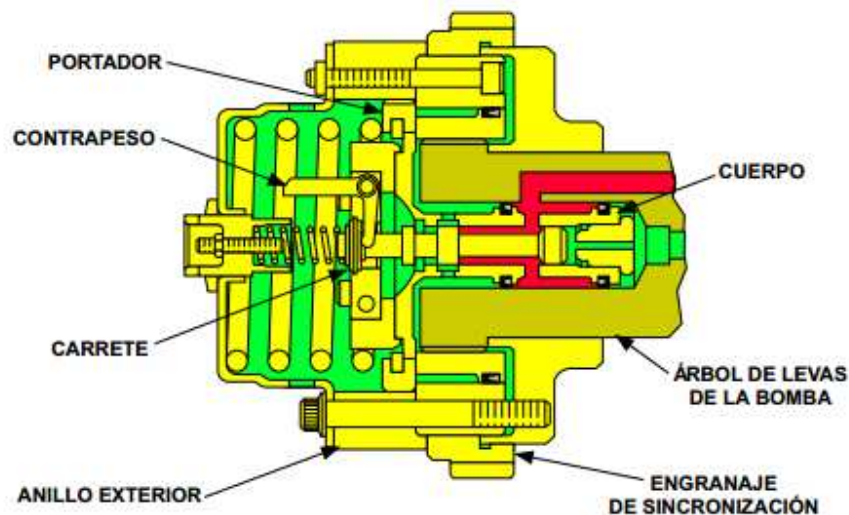


Fig. 3.5.2 Unidad de avance de sincronización hidráulica

Éste es un diagrama de corte de la unidad de avance de sincronización hidráulica usada en los primeros camiones con motores 3406B hasta 1988 y, un poco más tarde, en otras aplicaciones. Esta unidad se integra al mando de la bomba de combustible y

cambia la sincronización de la bomba de combustible con relación al motor, girando en un engranaje de mando helicoidal en la parte delantera del eje de levas de la bomba de combustible. Las piezas de la unidad son:

- El engranaje de sincronización, impulsado por el tren de engranajes delantero.
- Los anillos interior y exterior, usados como dispositivos para trabar la sincronización estática de la bomba de combustible.
- El portador, que se desliza en una estría recta en el anillo exterior y en una estría helicoidal en el árbol de levas de la bomba de combustible.
- El cuerpo, presionado en el portador y que actúa para llevar la mitad de las rpm del motor al sistema del volante, y su orificio central, que actúa como parte de un sistema servoaccionador.
- El carrete, que actúa como control del aceite en el sistema servoactivador.
- El resorte grande, dispositivo que retarda la sincronización cuando la presión se alivia en el sistema servoaccionador.
- El contrapeso/resorte pequeño, que actúa como sistema regulador sensor de la velocidad del sistema servoaccionador.
- El tornillo grande, que fija una precarga en el resorte pequeño y controla el inicio del avance.
- El tornillo pequeño, que es un tope firme del carrete y controla la terminación del avance.

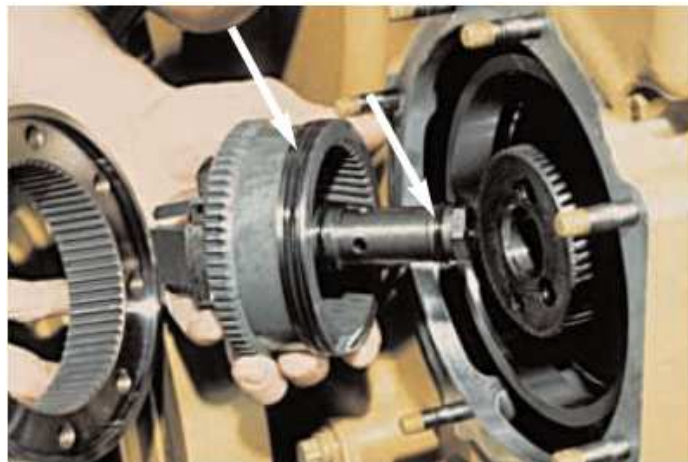


Fig. 3.5.3 Remoción de la unidad de avance de sincronización

En la figura, se ve la unidad de avance de sincronización fuera del motor. Observe la estría helicoidal de 10° en el árbol de levas y el portador acoplado. También pueden verse los sellos cuádruples (flechas) usados para sellar el aceite mientras la unidad de avance está en condición dinámica. Estos sellos se adaptan a su tamaño de operación muy rápidamente. Es normal ver algo de aplanamiento de la superficie de los sellos con pocas horas de operación. Éstos deben cambiarse si se notan cortes o hendiduras.

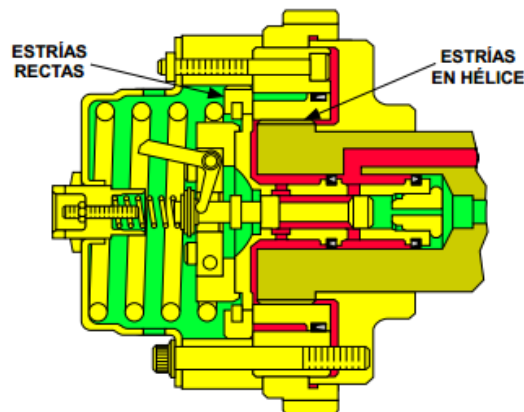


Fig. 3.5.4 Unidad de avance de sincronización (comienzo del avance de sincronización)

En la figura 3.5.4, la fuerza centrífuga de los contrapesos sobrepasó la precarga de resorte pequeño y movió el carrete a la izquierda. Este movimiento abre el orificio en el cuerpo y hace que el aceite presurizado vaya a la cavidad detrás del diámetro grande del cuerpo. La presión hidráulica sobrepasa la precarga en el resorte grande, mueve el conjunto cuerpo/portador a la izquierda y gira en la hélice a medida que se mueve. El conjunto cuerpo/portador continúa moviéndose a la izquierda hasta que el orificio se cierra en la nueva posición del carrete. En este punto la unidad de avance oscila en su posición, presurizando y despresurizando la cavidad detrás del diámetro grande del cuerpo.

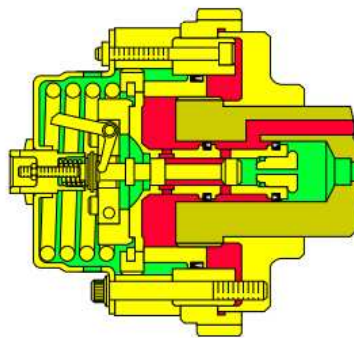


Fig. 3.5.5 Unidad de avance de sincronización (avance máximo de sincronización)

Aquí se muestra la unidad de avance de sincronización en avance máximo. El carrete toca el tornillo pequeño. El conjunto de cuerpo/portador puede también golpear el retenedor y detener el avance, si no está el tornillo pequeño. El avance máximo en esta unidad es de cerca de nueve grados.

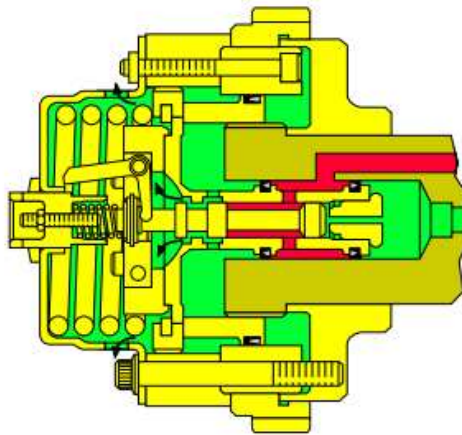


Fig. 3.5.6 Unidad de avance de sincronización (retardo)

A medida que el motor reduce la velocidad, disminuye la fuerza centrífuga de los contrapesos. Esta disminución de la fuerza hace que la fuerza del resorte pequeño mueva el carrete a la derecha. Este movimiento cierra la cavidad detrás del diámetro grande del cuerpo para el aceite presurizado y lo abre para el drenaje. Como no hay presión hidráulica detrás del conjunto cuerpo/portador, el resorte grande fuerza el conjunto cuerpo/portador a la derecha y gira en la hélice a medida que se mueve, lo cual retarda la sincronización.

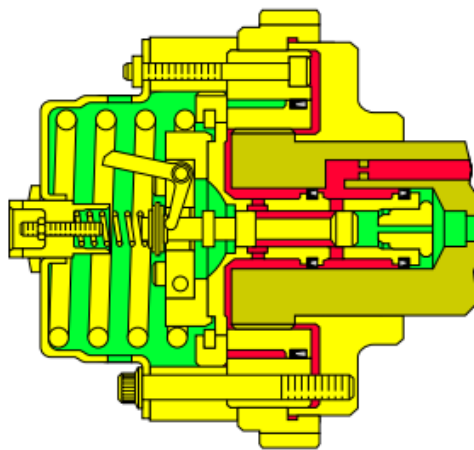


Fig. 3.5.7 Unidad de avance de sincronización

En 1986, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) exigió la prueba de ruido durante la aceleración en todos los camiones nuevos con motor diesel. La prueba tiene la finalidad de disminuir la cantidad de ruido en los camiones durante la aceleración. A medida que avanza la sincronización, el nivel de ruido emitido por los motores

aumenta. Para cumplir con este requerimiento federal, se decidió bajar la velocidad de avance mientras se aceleraba. Esto se hizo abriendo un orificio en el suministro de aceite de la unidad de avance de sincronización. Éste sólo fue un arreglo temporal, ya que cualquier fuga podría ser mayor que el suministro y anulaba todo el avance de sincronización. Un nuevo diseño de unidad de avance de sincronización permitió solucionar este problema.



Fig. 3.5.8 Ajuste de la sincronización estática

El otro elemento que puede necesitar ajuste es la sincronización estática. Esto se hace girando el motor en sentido de avance hasta que el pasador de sincronización pueda pasar por el orificio del lado de la caja de la bomba de combustible al árbol de levas de la bomba de combustible. Entonces, los cuatro pernos (ocho en los modelos nuevos, mostrados en la figura) se aflojan. Se gira el motor en sentido de retroceso al menos 30 grados. El motor, entonces, se gira en avance hasta que el orificio del volante pueda asegurarse con pasador con el cilindro número uno en la posición de punto muerto superior. Vuelva a apretar los cuatro pernos que sujetan la unidad de avance de sincronización a la corona del árbol de levas de la bomba de combustible. Quite los pasadores de sincronización.

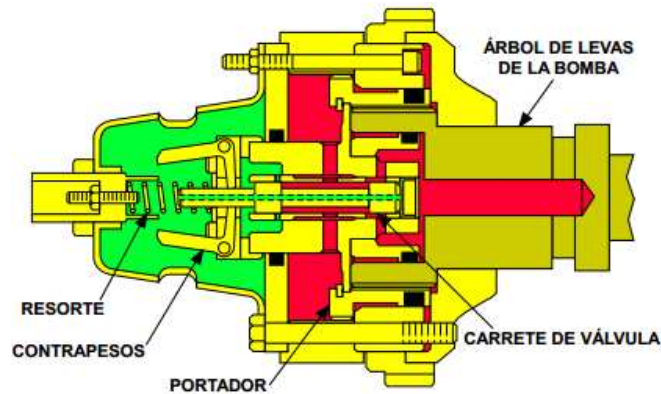


Fig. 3.5.9 Unidad de avance de sincronización - modelo reciente

La unidad de avance de sincronización, que entró en servicio en 1988, es completamente hidráulica. En ella se usa un servo de doble accionamiento, para proveer la sincronización de avance y de retardo. Como en los diseños anteriores, esta unidad también tiene un portador móvil con estrías internas y externas. Las estrías externas son rectas y hacen contacto con las estrías rectas de la corona. Las estrías internas son helicoidales y hacen contacto con las estrías helicoidales en el árbol de levas de la bomba de inyección de combustible. La gama de avance de sincronización es de 12,5 grados del cigüeñal.

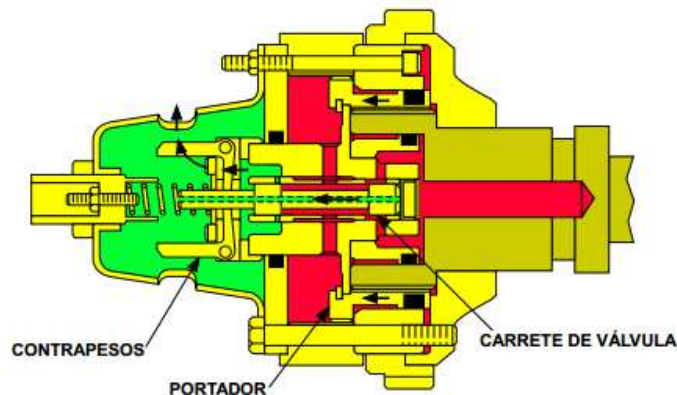


Fig. 3.5.10 Unidad de avance de sincronización (arranque en avance)

Cuando el motor arranca y está funcionando a las rpm de arranque en avance, la fuerza centrífuga de los contrapesos moverá el carrete de la válvula a la izquierda. Esto cierra el suministro de aceite presurizado al lado delantero del cuerpo, y hace que la presión de aceite aumente detrás del conjunto del cuerpo. Al mismo tiempo, abre un orificio pequeño, para que el aceite atrapado en la cavidad escape lentamente. La presión de aceite detrás del portador moverá éste a la izquierda, y avanza la sincronización.

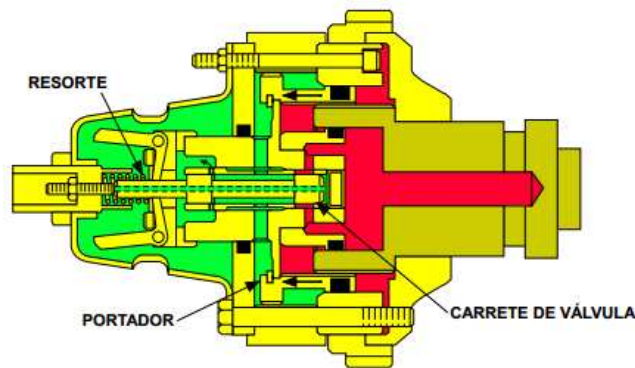


Fig. 3.5.11 Unidad de avance de sincronización (sincronización avanzada)

A medida que avanza la sincronización, el movimiento del portador también comprime el resorte pequeño. Ahora, además de la fuerza de los contrapesos en el resorte, el movimiento del portador también ejerce presión en el resorte.

El portador continuará moviéndose a la izquierda, en sincronización de avance hasta que la fuerza de resorte se equilibre con la fuerza de los contrapesos. En este punto, el carrete de la válvula se mantendrá en posición.

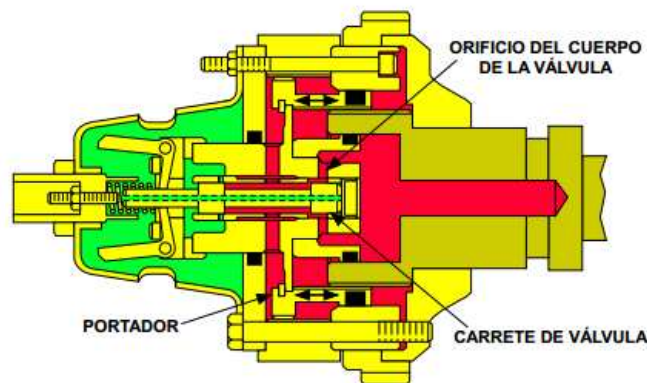


Fig. 3.5.12 Unidad de avance de sincronización (balanceada)

A medida que el portador continúa moviéndose a la izquierda, el carrete de la válvula abre el orificio de la válvula del cuerpo y hace que la presión de aceite fluya al lado izquierdo del portador. Como no hay más área en el lado izquierdo del portador, la presión de aceite moverá el portador a la derecha, lo cual retardará la sincronización. En este punto, el portador se moverá ligeramente, de izquierda a derecha, para mantener el avance de sincronización necesario a la velocidad del motor dada por el regulador. Este balance hidráulico del portador es similar a la función del mecanismo de la servocremallera de combustible del regulador.

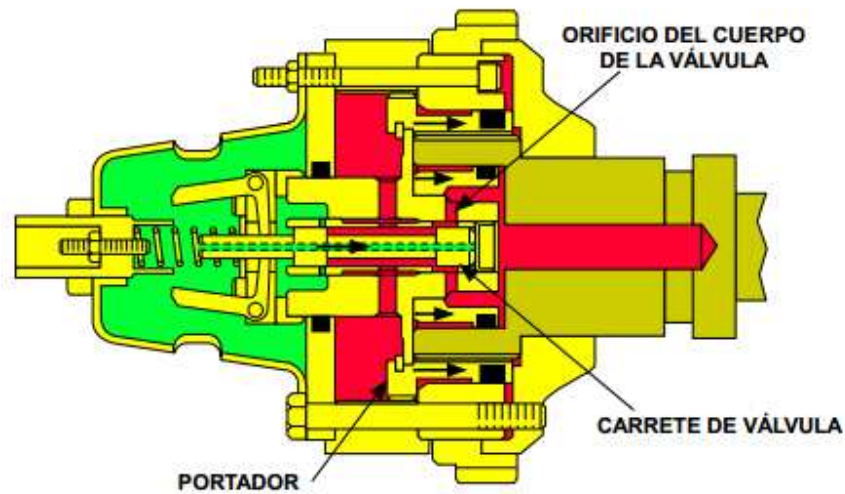


Fig. 3.5.13 Unidad de avance de sincronización (retardo)

Cuando disminuye la velocidad del motor, los contrapesos se mueven hacia adentro, y la fuerza del resorte moverá el carrete de la válvula a la derecha. El aceite fluye alrededor del carrete de la válvula y aumenta la presión para mover el conjunto del cuerpo y el portador a la derecha, lo cual retardará la sincronización.

UNIDAD IV: Sistemas de Inyección Unitaria Mecánica de los Motores de 1,1 y 1,2 Litros

Introducción

Esta unidad explica a los estudiantes el Sistema de Inyección Unitaria Mecánica (MUI) usado en los motores MUI de 1,1 y 1,2 litros. La unidad trata acerca de los diferentes tipos de reguladores, la operación del sistema MUI, los ajustes y la sincronización del sistema.

Objetivos

Al terminar esta unidad, el estudiante podrá explicar los sistemas MUI de los motores de 1,1 y 1,2 litros, los siete tipos de reguladores y realizar los procedimientos de ajuste y sincronización del sistema de combustible.

Material de referencia

- Manual de Servicio de los reguladores de los Motores 3114, 3116 y 3126 SSNR6454
- Manual de Servicio "Operación de los Sistemas, Pruebas y Ajustes de los Motores 3114 y 3116" SSNR3583
- Especificaciones de par SSNR3130
- Uso del Grupo de herramientas 128-8822 en los Motores 3114, 3116 y 3126 NSHS0610

Herramientas

- 1U9088 (1U7315) Grupo de herramientas
- 223-2454 (128-8822) (9U7305) (1U6680) Grupo de herramientas
- 1D4556 Perno
- 1U8815 Punto de contacto
- 143-2099 (127-3458) Grupo de herramientas de reemplazo del manguito
- 6V0006 Pinzas
- 5S8086 Pasador de contacto
- Regulador del motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico

Lección 1: Introducción a los Sistemas MUI de los Motores de 1,1 y 1,2 Litros**Introducción**

En esta lección veremos el sistema MUI de los motores de 1,1 y 1,2 litros y describiremos el flujo de combustible, además de la operación de la bomba de transferencia y de las válvulas relacionadas.

Objetivo

El estudiante podrá explicar la operación de los sistemas de combustible MUI de los motores de 1,1 y 1,2 litros e identificar la bomba de transferencia de combustible, la válvula de retención y el solenoide de traba del motor.

Material de referencia

- Ninguno

Herramientas

- 223-2454 (128-8822) (9U7305) (1U6680) Grupo de herramientas

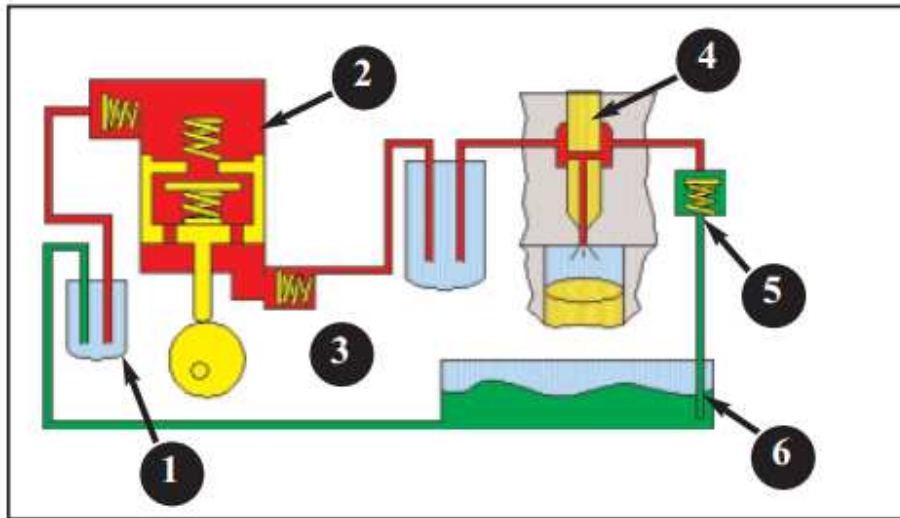


Fig. 4.1.1 Sistema de combustible MUI

En el sistema de combustible MUI de los motores de 1,1 y 1,2 litros se emplea un inyector unitario mecánico que combina en un solo conjunto el inyector y la bomba de inyección de combustible de presión alta.

La bomba de transferencia de combustible (2) extrae el combustible del tanque a través del filtro primario (1) y lo envía al filtro de combustible secundario de rosca (3). Del filtro de combustible, el combustible entra a un conducto taladrado en la parte trasera de la culata a una cavidad alrededor de cada inyector unitario (4) y provee un flujo continuo de combustible a los inyectores unitarios.

El aceite sin usar sale de la culata, pasa a través del orificio regulador de presión de 1,3 mm (0,050 pulg) de diámetro, de la válvula de retención (5), y regresa al tanque de combustible (6). Este sistema es muy compacto, elimina las tuberías externas de combustible de presión alta, tiene una respuesta rápida a la carga y disminuye en gran medida el consumo de combustible. Además, este sistema permite presiones muy altas y tiempos muy cortos de inyección, lo cual mejora el control de emisiones.

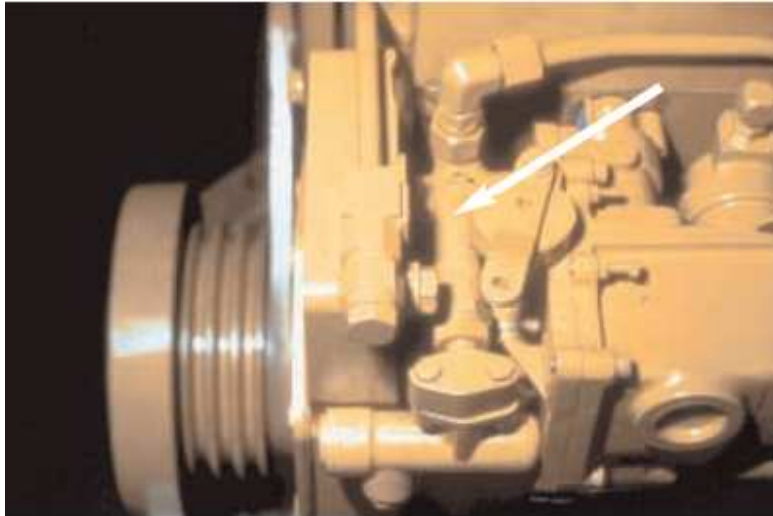


Fig. 4.1.2 Bomba de transferencia de combustible

La bomba de transferencia de combustible (flecha) se encuentra en la caja delantera del regulador. Es una bomba de pistones accionada por un anillo excéntrico en el eje de mando del regulador e impulsado por el engranaje de regulador. La cubierta se mantiene en su lugar por tres pequeños tornillos. El resorte bombeador está detrás de la cubierta. Tenga cuidado cuando quite esta cubierta. Se debe sostener la cubierta hacia abajo mientras quita los tornillos o "soltar lentamente" los tornillos. No hacer esto puede resultar en que el resorte del lado de carga de la cubierta y uno o más salientes de montaje de la cubierta se rompan.

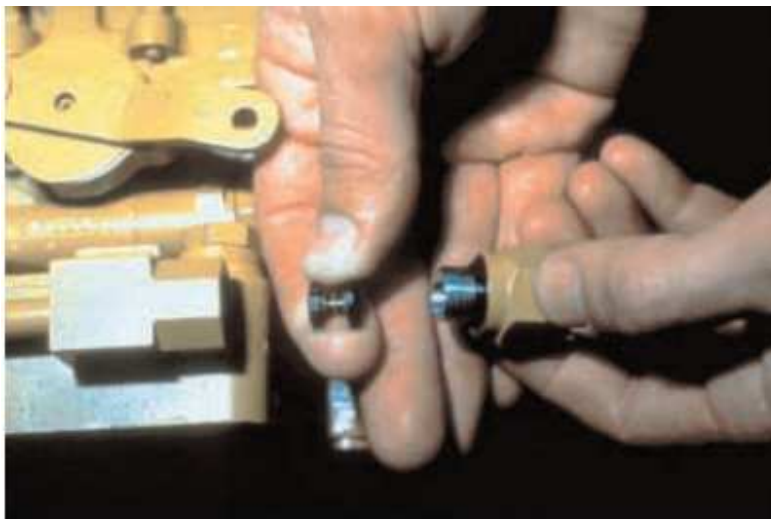


Fig. 4.1.3 Válvula de retención de combustible

La válvula de retención, mostrada en la figura, mantiene el combustible para que no se escape del conducto de combustible después de una parada del motor y asegurar así un suministro de combustible en el arranque. Esta válvula tiene el mismo diseño de la usada en la bomba de transferencia. El orificio de regulación de presión asegura una presión de combustible adecuada y controla el flujo de retorno al tanque.



Fig. 4.1.4 Solenoide de traba

En el regulador se pueden instalar un solenoide de traba, optativo, con dos bobinas y una traba mecánica. El solenoide se activa para trabar y entonces, se desactiva. Se activa de nuevo para liberar la traba. Éste también tiene funciones de “traba” y “alivio” manuales para proveer “modalidad de regreso a casa” y capacidad de parada manual. Esta unidad se usa principalmente en los arreglos de las máquinas de movimiento de tierra.

Los solenoides están disponibles para aplicaciones de 12 y 24 voltios. También en algunas aplicaciones (camiones y grupos electrógenos) se usa un solenoide convencional de "activación en funcionamiento" (no de traba) para hacer que los sistemas de parada automática paren el motor al interrumpir la energía al solenoide.

Para quitar el solenoide es necesaria la llave de gancho 9U5120 (mostrada arriba) del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822).

Lección 2: Reguladores MUI**Introducción**

Esta lección presenta los siete tipos de reguladores usados en los motores de 1,1 y 1,2 litros. En esta lección se incluyen la operación del regulador, los procedimientos de armado y desarmado y los ajustes mecánicos asociados con cada tipo de regulador.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá desarmar y armar los diferentes tipos de reguladores, explicar las operaciones del sistema de regulador básico y realizar los ajustes estáticos.

Material de referencia

- Manual de Servicio de los reguladores de Motores 3114, 3116 y 3126 SSNR6454
- Especificaciones de par SSNR3130

Herramientas

- 1U9088 (1U7315) Grupo de herramientas
- 5S8086 Pasador de contacto
- 1D4556 Perno
- 1U8815 Punto de contacto
- Regulador del motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico



Fig. 4.2.1 Regulador

El regulador se encuentra montado arriba a la derecha de la caja delantera del motor. Un engranaje del cigüeñal en la parte frontal del tren de engranajes impulsa el regulador. Un varillaje conectado a la cremallera del inyector controla el flujo de combustible y la velocidad del motor.

El regulador es de contrapesos, de gama plena, con un varillaje de punto pivote flotante. Además, una leva de par sensible a la velocidad provee la forma de la curva de par.

El regulador se ajusta dinámicamente en banco. La potencia se ajusta en el varillaje de control de la cremallera en la culata usando un indicador de posición de esfera. Todos los ajustes se hacen en este varillaje de control con sello de seguridad de fábrica. Después del ajuste en banco se instala un sello de seguridad al regulador y el ajuste no puede modificarse sino en el banco del regulador, excepto el ajuste de la velocidad baja en vacío.

Tipo	Código	Palanca de aceleración	Componentes
Tipo I	A	Tipo I	
Tipo II	B	Tipo I	Sin Servo
Tipo III	C	Tipo I o II	
Tipo IV	A, O, 1	Tipo II	
Tipo V	D	Tipo II	Caja fundida AFRC
Tipo VI	D	Tipo II	Potencia doble

Fig. 4.2.2 Tipos de reguladores MUI

Siete tipos de reguladores se usan en los motores de 1,1 y 1,2 litros, que pueden identificarse por el código después del número de serie y por los componentes específicos que contengan.

Los reguladores tipo I pueden identificarse por el código "A" al final del número de serie, y contienen una palanca de aceleración de retorno por resorte.

Los reguladores tipo II pueden identificarse por el código "B" después del número de serie, y contienen una palanca de aceleración de retorno por resorte. Los reguladores tipo II se usan sólo en los motores 3114 y no usan servo para controlar el movimiento de la cremallera. Los reguladores tipo II tienen cuatro contrapesos.

Los reguladores tipo III pueden identificarse por el código "C" después del número de serie. Los reguladores tipo III pueden tener una palanca de aceleración de retorno por resorte o una palanca de accionamiento por presión.

Los reguladores tipo IV pueden identificarse por el código "A" o los números 0 ó 1 después del número de serie. Los reguladores tipo IV también tienen una palanca de aceleración del tipo de accionamiento por presión.

Los reguladores tipo V pueden identificarse por el código "D" después del número de serie y una palanca de aceleración del tipo de palanca de accionamiento por presión. Los reguladores tipo V tienen el dispositivo del control de la relación de aire-combustible en la caja del regulador.

Los reguladores VI y VII tienen el código "D" después del número de serie, una palanca de aceleración de accionamiento por presión y caja fundida del control de la relación de aire-combustible. Los reguladores VI y VII, algunas veces se llaman reguladores de potencia doble si tienen un mecanismo de potencia doble en el lado del regulador. La única diferencia visible entre los reguladores VI y VII es que los últimos tienen un tapón de acceso más grande.

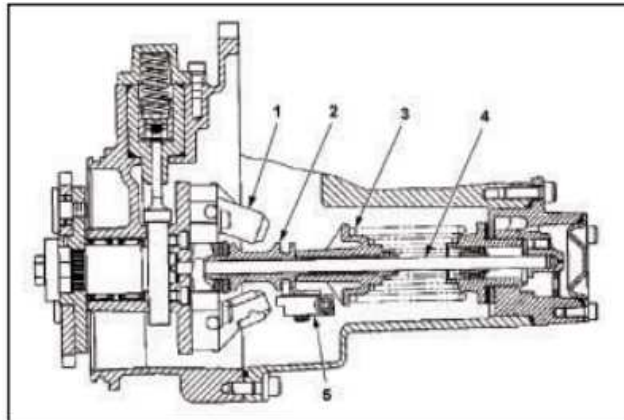


Fig. 4.2.3 Vista seccional del regulador

Un engranaje del eje de levas del motor impulsa el regulador. El engranaje impulsa los contrapesos (1) del regulador. Los contrapesos mueven el elevator (2) en el eje del elevator (4) el cual a su vez mueve la palanca elevadora (5). Al movimiento del elevator en el eje se opone el conjunto del resorte (3). La velocidad del motor y la fuerza del resorte determinan la posición del elevator. Todos los reguladores tienen dos contrapesos y un servo, excepto el regulador tipo II, que tiene cuatro contrapesos y no tiene servo.

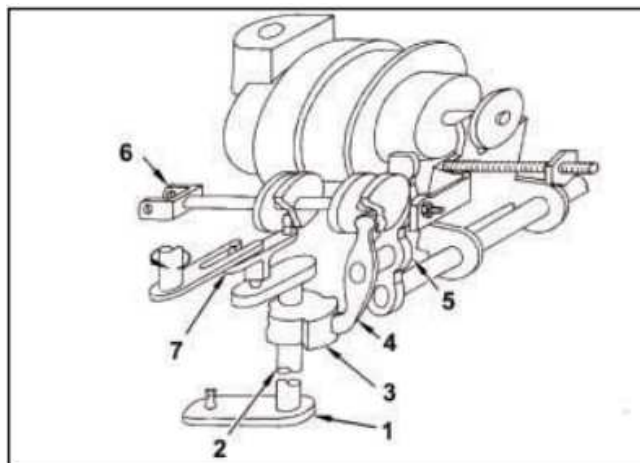


Fig. 4.2.4 Componentes del regulador

El elevator mueve la palanca del elevator (1) el cual gira el eje pivote (2) y la leva de par (3). En condiciones de carga y velocidad bajas, la leva de par restringe la salida máxima de la cremallera para impedir el movimiento de la palanca de par (4), lo que a la vez restringe el eje de salida del regulador (6).

El operador selecciona la velocidad deseada con la palanca del acelerador. La palanca del acelerador y el eje de salida del regulador están conectados mediante la palanca de fulcro (7), la cual se sujeta con un pasador a la palanca pivote. Esta conexión provee al operador comunicación directa de la salida del regulador.

A medida que la velocidad del motor varía, la palanca de fulcro se mueve para cambiar la salida del regulador a una nueva condición estable. Lo mismo sucede cuando el operador cambia la posición de la palanca del acelerador.

El regulador limita el combustible inyectado en la cámara de combustión cuando se alcanza la condición de carga nominal o de sobrecarga. Cuando ocurre esta condición, el eje de salida está en la posición máxima de ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE. La palanca de par gira alrededor del pasador de la palanca de fulcro (5) hasta que toca la leva de par. Si se aplica más carga al motor en esta condición, disminuye la velocidad del motor. Esta disminución afecta los contrapesos, y hace que el elevador gire la palanca del elevador y el eje pivote a una nueva posición. Como la leva de par está unida al eje pivote, pueden obtenerse diferentes características de par cambiando el perfil de la leva de par.

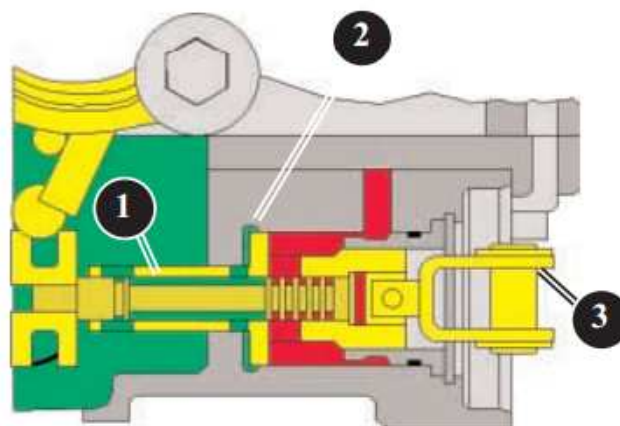


Fig. 4.2.5 Regulador en sentido de “ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE”

Los movimientos del eje de salida del regulador están controlados por el servo en los reguladores tipos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Cuando el regulador se mueve en sentido de activación de combustible, la válvula (1) se mueve a la izquierda. La válvula cierra el paso para que el aceite de presión vaya al drenaje y abre un conducto para hacer que escape el aceite detrás del pistón (2). El aceite de presión empuja el pistón y la horquilla (3) a la izquierda.

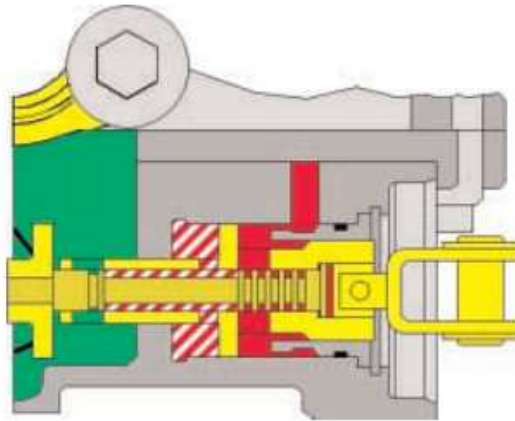


Fig. 4.2.6 Regulador (equilibrado)

Cuando las fuerzas del resorte del regulador y de los contrapesos se equilibran y la velocidad del motor es constante, la válvula detendrá su movimiento. La válvula está centrada en el pistón. Tanto el drenaje a la izquierda como el aceite de presión a la derecha están en corte cuando la fuerza detrás del pistón y la fuerza a la derecha son iguales. Cualquier cambio en la velocidad del motor moverá la válvula y abrirá el drenaje o el aceite de presión, haciendo que el pistón se mueva a la derecha o a la izquierda.

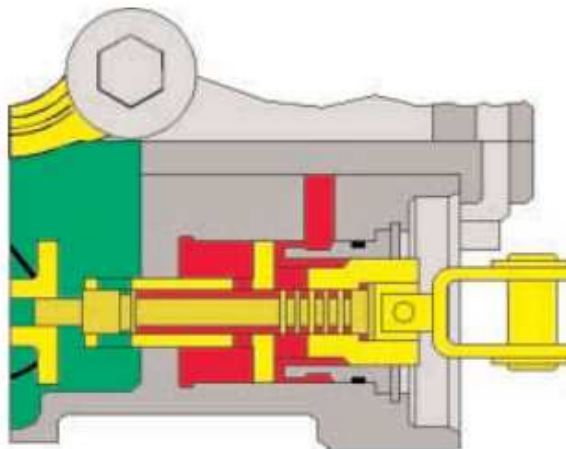


Fig. 4.2.7 Regulador en sentido de "DESACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE"

Cuando el regulador se mueve en sentido de "DESACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE", la válvula se mueve a la derecha, cierra el paso al drenaje y abre un paso para que el aceite fluya detrás del pistón. El aceite de presión está ahora en ambos lados del pistón. El área es mayor en el lado izquierdo del pistón que en el derecho. La fuerza de la presión de aceite también será mayor en el lado izquierdo del pistón y moverá el pistón y la horquilla a la derecha.

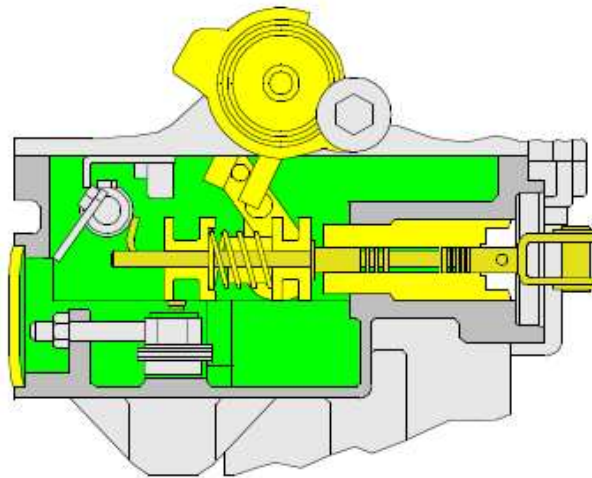


Fig. 4.2.8 Regulador

Como se mencionó antes, en los reguladores tipo II no se usa servo para controlar el movimiento de la cremallera, sino cuatro contrapesos que eliminan la necesidad de un servo cuando se usa en los Motores 3114 en una aplicación de máquina.



Fig. 4.2.9 Calces del carrete elevador

Durante el armado del regulador, hay algunos ajustes internos que deben hacerse con el fin de que funcione apropiadamente cuando está en el banco de calibración. El primero de ellos es el ajuste con calces del carrete elevador. Este procedimiento deja en posición apropiada el carrete elevador cuando los contrapesos están completamente comprimidos.

Antes de hacer el ajuste con calces del carrete elevador, el indicador debe ponerse en cero (0) usando un bloque de calibración. Del Grupo de herramienta 1U9088 (1U7315), arme la herramienta de ajuste de calces 1U7309, la plancha de calibración 1U7312 y el bloque de calibración 1U7313. El indicador de esfera de esta figura se muestra por la parte posterior para efecto de la explicación. Asegúrese de poner el engaste del indicador separado del orificio, o interferirá cuando se instale el elevador. Ponga el bloque de calibración en la plancha de calibración usando el de medida más larga. Instale el indicador de esfera 6V6106 del Grupo de herramienta 1U9088 (1U7315) en la herramienta armada. Levante la porción moleteada y, cuidadosamente, baje la bola hasta el bloque de calibración. Hay una muesca en la parte superior de la manija moleteada que se alinea con el vástago y la bola. Asegúrese de que sólo la bola toque el bloque de calibración. Ocurrirá un ajuste incorrecto si el vástago toca el bloque de calibración. Suba o baje el indicador en el dispositivo hasta que en todas las agujas se lea cero (0)



Fig. 4.2.10 Calces, cojinetes y anillos

Arme el carrete elevador con calces, cojinetes y anillos. No es necesario instalar el anillo retenedor mientras se hace el ajuste. Instale el elevador en el eje elevador con las cubetas del cojinete en los contrapesos.



Fig. 4.2.11 Herramienta instalada en la caja del regulador

Instale la herramienta en la caja delantera del regulador, como se muestra en la figura. Ponga el peso en la parte superior del elevador para comprimir los calces. Levante o gire la manija moleteada, ponga la bola en la superficie ranurada del elevador y lea el indicador. La diferencia del indicador de esfera ($\pm$) desde 0 iguala el espesor de los calces que se adicionen o se quiten hasta que la lectura sea $0 \pm 0,08$ mm ($0 \pm 0,003$ pulg). Una vez que se haya determinado el número correcto de calces, quite el elevador e instale el anillo retenedor. Repita los procedimientos de revisión hasta asegurarse de que tiene la cantidad apropiada de calces.



Fig. 4.2.12 Ajuste de la leva de par

En los reguladores tipo I hasta el IV, debe hacerse un ajuste de la leva de par antes de armar el conjunto. Este ajuste puede hacerse después de que la caja trasera se arme y se monte en el soporte.

No hay ajuste interno de la leva de par en los reguladores tipo V hasta el VII.

Agarre la palanca del elevador y gírela a la derecha hasta que la palanca de la leva de par no deje ver la muesca en la leva de par. Mueva la palanca de la leva de par sobre su muesca. Gire el contador de palanca del elevador a la izquierda hasta que la palanca de la leva de par haga contacto con la muesca en la leva de par.



Fig. 4.2.13 Herramienta de ajuste de la leva de par

Usando los dos pernos suministrados en el Grupo de Herramientas 1U9088 (1U7315), instale el dispositivo 1U7310 en la caja. Instale el Punto de Contacto 5S8086 en el Indicador de Esfera 6V6106. Instale el indicador de esfera en el dispositivo y lleve a 0 la medición de la palanca del elevador mientras el montante descansa contra la bola del elevador. La punta del indicador de esfera debe descansar en el extremo de la palanca del elevador. Ponga la llave allen 1U7311 que se encuentra en el Grupo de Herramientas 1U9088 (1U7315) en el tornillo de ajuste de la leva de par. Use la llave como palanca y gire el conjunto a la izquierda hasta que se separen la leva de par y el tornillo de ajuste de la leva de par. Suelte la llave lentamente hasta que el tornillo de ajuste haga contacto de nuevo con la leva de par. Suelte la llave. La lectura del indicador de esfera mostrará el valor de la leva de par. Consulte la Technical Marketing Information (TMI) para el valor correcto. Si es necesario, mueva el tornillo de ajuste hasta que el valor correcto se muestre en el indicador de esfera.



Fig. 4.2.14 Precarga del resorte del regulador

En todos los tipos de reguladores debe revisarse la precarga del resorte del regulador, para asegurar una operación correcta de regulador. Los calces pueden añadirse o quitarse del resorte del regulador para ajustar la precarga del resorte del regulador.

Después de la inspección, arme el conjunto del asiento del resorte y el resorte del eje del elevador con los resortes enfrentados. Instale los calces del regulador (si está equipado), el asiento de resorte trasero (si aplica), los calces y el espaciador. Si el regulador está equipado con un conjunto de pistón amortiguador, asegúrese de que el conjunto del pistón amortiguador esté centrado en la parte trasera del asiento de resorte.



Fig. 4.2.15 Revisión de la precarga del resorte del regulador

Sin el sello anular, lubrique ligeramente el orificio de la caja con el aceite limpio del motor y ajuste en su lugar, sin apretar, el conjunto de la cubierta trasera.

Quite las conexiones y el conjunto de rejilla de la caja, donde se suministra el aceite del motor al regulador. Instale la herramienta del punto de contacto 9S0229 del Grupo de herramientas 1U9088 (1U7315) en el indicador de esfera 6V6106. Instale el indicador de esfera en la herramienta de ajuste de calce del resorte del regulador 1U7308 del Grupo de herramienta 1U9088 (1U7315). Use un perno 1D4556 para instalar la herramienta armada en la caja, en el lugar donde se quitó la conexión y el conjunto de rejilla. Asegúrese de que el indicador de esfera esté en el centro de la cubierta trasera. Empuje el conjunto de la cubierta trasera hasta que haga contacto con la caja del regulador y, entonces ajuste el indicador a cero. Suelte y gire la cubierta aproximadamente un cuarto de vuelta a medida que el resorte empuja hacia arriba. Entonces, lea el indicador. Consulte la publicación TMI para los valores correctos de precarga de acuerdo con el número del grupo de regulador. Adicione o quite calces para obtener el valor correcto de precarga del resorte. Después del ajuste, quite la herramienta y el conjunto de la cubierta. Instale el sello anular en el conjunto de la cubierta. Haga que la cubierta quede en posición en la caja del regulador e instale los pernos. Instale el conjunto de la rejilla de suministro y las conexiones del motor.



Fig. 4.2.16 Banco de calibración del regulador

Todos los ajustes del regulador deben hacerse en el banco de calibración del regulador excepto la velocidad baja en vacío. Si la velocidad baja en vacío no es satisfactoria, la tuerca de seguridad puede aflojarse y fijarse la velocidad baja en vacío en el chasis, girando el tornillo de ajuste. Después de hacer los ajustes, apriete la tuerca de seguridad. No hay una medida del punto de ajuste. La velocidad con carga plena se ajusta en el banco de pruebas. El banco de calibración pesa aproximadamente 68 kilos (unas 150 libras). El banco tiene un motor eléctrico de 110/220 voltios, 50 ó 60 ciclos, 1/2 HP y un tacómetro digital. Use aceite de viscosidad 10 para lubricar el regulador durante la prueba.

Debe hacerse un adecuado mantenimiento del banco antes de usarse. Revise el depósito de aceite y el mando de velocidad variable. Instale el regulador en el banco de calibración. Instale las tres conexiones (entrada de combustible, salida de combustible y aceite). Instale cuatro conexiones si el regulador está equipado con el control de la relación de aire-combustible. Conecte las tuberías de aceite a las conexiones. Ponga la palanca en la de aceleración e instale el resorte de retorno. Ponga un suministro de aire a 138 kPa (20 lb/pulg²) a la entrada del aire del control de la relación de aire-combustible, si está equipado.



Fig. 4.2.17 Mediciones del regulador

Ponga la herramienta del punto de contacto IU8815 en el vástago del indicador de esfera 6V6106 del Grupo de herramientas 1U9088 (1U7315). Instale el indicador de esfera en el soporte. El indicador de esfera se usa para obtener los valores de los ajustes del regulador y debe estar en el valor de dimensión de la calibración antes de la prueba de banco.

Si hay alguna medición mayor que 9 mm (0,35 pulg), se debe usar un procedimiento especial para ajustar el valor de calibración del indicador de esfera. Consulte el procedimiento de "Preparación de banco-ajuste de la dimensión de tope de carga del regulador mayor que 9 mm (0,35 pulg)" en el Manual de Servicio de los reguladores de los Motores 3114, 3116 y 3126 (SSNR6454).



Fig. 4.2.18 Tornillos de ajuste del regulador

El tornillo superior arriba en la figura es el de ajuste de tope de carga de los reguladores I al IV.

El tornillo de abajo es el ajuste del control de la relación de airecombustible en los reguladores I al IV.

Los tornillos de ajuste del tope de aceleración y de velocidad baja en vacío se encuentran en la parte de arriba de la caja del regulador.



Fig. 4.2.19 Tornillo de ajuste

En los reguladores V, VI y VII, el tornillo de la izquierda es el ajuste de tope de carga. El tornillo de la derecha es el control de la relación de aire-combustible. En el regulador tipo VII los orificios de tapón son un poco más grandes.

Los tornillos de ajuste de la velocidad baja en vacío y del tope de aceleración están en la parte de arriba, igual que en los reguladores anteriores.

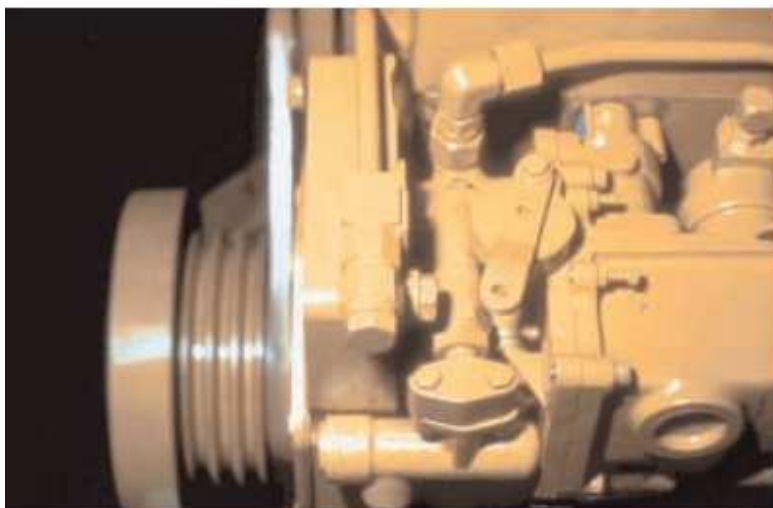


Fig. 4.2.20 Remoción del regulador del motor

Cuando se quita el regulador del motor, quite la pinza y deslice el manguito dentro de la culata. No use pinzas de mandíbula dura ni un destornillador para mover el manguito. Use las pinzas de mandíbula suave suministradas en el juego de herramientas. Usando la herramienta suministrada, asegúrese de que el varillaje esté desconectado del motor antes de intentar quitar el regulador. Desconecte las tuberías de combustible, las tuberías de aceite del regulador y la bomba de transferencia de combustible. El regulador y la bomba de transferencia vienen como una sola pieza y están unidos al motor por tres pernos.

Lección 3: Sincronización de Inyectores

Introducción

Esta lección trata acerca de la sincronización del inyector de un motor MUI y proporciona instrucciones para sincronizar los inyectores en los motores 3114, 3116 y 3126.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar el procedimiento de sincronización y realizar la sincronización de un inyector en un motor MUI.

Material de referencia

- Uso del Grupo de herramientas 128-8822 en motores 3114, 3116 y 3126 NSHS0610

Herramientas

- 223-2454 (128-8822) (9U7305) (1U6680) Grupo de herramientas
- Motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico

- **Grupo de herramientas 1U6680**
- **Grupo de herramientas 9U7305**
- **Grupo de herramientas 128-8822**
- **Grupo de herramientas 223-2454**

Fig. 4.3.1 Cuatro grupos de herramientas

Los cuatro Grupos de herramientas para el ajuste del sistema de combustible y los inyectores son: el Grupo de herramientas 1U6680, el Grupo de herramientas 9U7305, el Grupo de herramientas 128- 8822 y el Grupo de herramientas 223-2454. Esta lección cubre sólo los Grupos de herramientas 223-2454 y 128-8822, ya que son los más usados y ahora los utiliza ampliamente la red de distribuidores.

- **Ajuste todas las cremalleras de los inyectores a una posición de referencia**
- **Cada inyector entregará la misma cantidad de combustible**
- **Sincronice el inyector después de reemplazo**

Fig. 4.3.2 Sincronización del inyector

La sincronización del inyector es el ajuste de todas las cremalleras de los inyectores respecto de una posición de referencia (el inyector No. 1). Esto asegura que cada inyector suministra la misma cantidad de combustible a cada cilindro. Se hace ajustando cada cremallera de inyector a la misma posición mientras el varillaje de control está en una posición fija (llamada de sincronización). El varillaje de control está en la posición de sincronización cuando el inyector del cilindro No. 1 está a 3,5 mm (0,137 pulg). Como el inyector No. 1 es el punto de referencia para los demás inyectores, no se hacen ajustes de sincronización al inyector No. 1. Siempre que se quita un inyector, al instalarlo o reemplazarlo, debe sincronizarse. Si se instala o se reemplaza el inyector No. 1, deben sincronizarse todos los inyectores.



Fig. 4.3.3 Solenoide de corte de combustible

Para sincronizar la cremallera del inyector, tire o trabe la varilla central del solenoide o quite el solenoide. Esto hace que el varillaje de control de la cremallera del inyector se mueva libremente durante la sincronización.



Fig. 4.3.4 Conjuntos de balancines

Para preparar la sincronización de los inyectores, quite la tapa de las válvulas y los conjuntos de balancines del inyector No. 1. Se pueden dejar o quitar los balancines del inyector que se va a sincronizar.

Si se quitan los conjuntos de balancines, asegúrese de mantener los conjuntos unidos. Sólo un extremo del conjunto del balancín queda asegurado por el pasador al soporte de balancines.



Fig. 4.3.5 Compresores de resorte instalados

Si se quitan los conjuntos de balancines, debe instalarse un compresor de resorte 1U6675 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) en la unidad del inyector para permitir un movimiento libre de la cremallera. Aplique una pequeña cantidad de aceite limpio del motor en la parte superior de los inyectores. Instale un compresor de anillo del inyector en cada uno de los inyectores. Comprima el inyector apretando el perno. Golpee levemente el compresor de resorte con un martillo blando para asegurar el libre movimiento de la barra de la cremallera del inyector.



Fig. 4.3.6 Inyectores MUI

Empuje la cabeza de la cremallera del inyector que va a sincronizarse hacia el inyector hasta que el tope de la cremallera toque la base del inyector. La cremallera está ahora en la posición de corte. Mientras sostiene la cabeza de la cremallera en la posición de corte, ponga el indicador de esfera en cero y suelte la cabeza de la cremallera. Empuje hacia abajo la abrazadera para girar el varillaje de control de la cremallera en sentido de "ACTIVACIÓN DE COMBUSTIBLE". Ahora rápidamente suelte la abrazadera. Esto asegura que los resortes, los cojinetes y el varillaje de control estén en sus posiciones "normales".



Fig. 4.3.7 Dispositivo indicador instalado

Mueva la cremallera del inyector No. 1 a la posición máxima de desactivación de combustible. Instale el dispositivo indicador 128-9640 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) en la culata del cilindro No. 1. Asegúrese de que el tope deje libre la barra de la cremallera cuando se aprieta el dispositivo indicador.

Mueva la cremallera No. 1 en sentido de activación de combustible y sitúe el bloque de calibración 9U7270 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) en posición en el inyector No. 1 con un calibrador de hoja de 3,5 mm de espesor entre el pasador de tope de la cabeza de la cremallera y el resalto cuadrado del cuerpo del inyector. Libere la cremallera. La cadena asegura el bloque de calibración al grupo dispositivo indicador.

El tope debe sobresalir de 1,25 mm a 2,25 mm (0,049 pulg a 0,088 pulg) cuando el bloque de calibración y el dispositivo indicador se instalan correctamente. Esto asegura que la tensión correcta se mantenga en el bloque de calibración mientras se sincronizan los inyectores.



Fig. 4.3.8 Instalación del indicador digital

Del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822), instale el indicador digital 1U8869 con la herramienta del punto de contacto en el dispositivo indicador 9U7282. Quite el perno más cercano al inyector en sincronización e instale el dispositivo indicador donde se quitó el perno. Apriete el perno y asegúrese de que la punta de la bola de la palanca del grupo indicador haga contacto con la cara del extremo de la barra de la cremallera.

Active el indicador. Asegúrese de que el indicador esté midiendo en milímetros. Use las pinzas de traba 128-8823 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822), para girar el conjunto de control a la posición de corte. Use las pinzas para girar el conjunto de control hasta que el pasador de tope de la cabeza de la cremallera del inyector toque el resalto en el cuerpo del inyector. Ésta es la posición de corte de combustible. Mientras mantiene esta posición, presione el botón de ajuste de cero del indicador de esfera. Esto define la posición de cremallera-cero (corte). Ejecute esta secuencia varias veces hasta tener resultados consistentes.

Empuje y rápidamente suelte la cabeza del inyector que está siendo sincronizado para asegurarse de que haya un movimiento suave de la cremallera del inyector. El indicador digital debe leer ahora $3,50 \pm 0,02$ mm ($0,138 \pm 0,0008$ pulg). Si es necesario un ajuste, use la llave 1U6673 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) y ajuste el tornillo hasta que el indicador lea $3,50 \pm 0,02$ mm ($0,138 \pm 0,0008$ pulg). Apriete el tornillo de traba mientras sostiene el tornillo de ajuste en posición.

El espacio libre de la válvula y la sincronización de inyección de combustible deben revisarse después de instalar el conjunto del balancín.

Lección 4: Ajustes de Inyección de Combustible**Introducción**

En esta lección veremos los procedimientos de ajuste de inyección de combustible del motor MUI y las instrucciones para llevar a cabo estos ajustes.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar los procedimientos de ajuste de la inyección de combustible y realizar los ajustes estáticos del regulador MUI.

Material de referencia

- Operación de los Sistemas, Pruebas y Ajustes de los Motores 3114, 3116 y 3126 SSNR3583

Herramientas

- 223-2454 (128-8822) Grupo de herramientas
- 6V0006 Pinzas
- Motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico

- **Ajustes del tornillo a la posición especificada**
- **Límite de la potencia del motor**
- **Control del flujo máximo de combustible**

Fig. 4.4.1 Ajuste de la inyección de combustible

La calibración de la inyección de combustible consiste en mover el tornillo de ajuste de inyección de combustible a una posición específica con referencia a la cremallera No. 1. El tornillo de ajuste de inyección de combustible limita la salida de potencia del motor al ajustar la distancia máxima de todas las cremallera de los inyectores y controlar de este modo el flujo máximo de combustible. Antes de calibrar la inyección de combustible, los inyectores deben estar sincronizados correctamente.

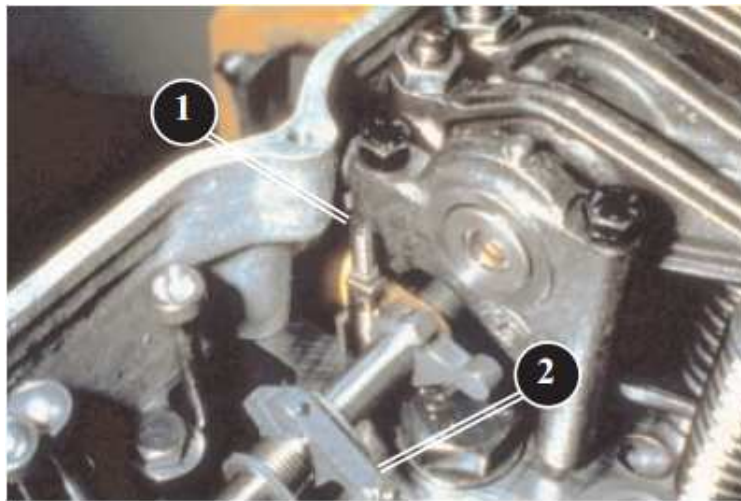


Fig. 4.4.2 Versión anterior del tornillo de ajuste de inyección de combustible

En la figura 4.4.2 vemos una versión anterior del tornillo de ajuste (1) de inyección de combustible. El nuevo tornillo de ajuste (2) se parece mucho al de sincronización que se ve a la izquierda en la figura. Pueden quitarse los conjuntos de balancines uno y dos, para tener un fácil acceso al tornillo de ajuste. Se quitó la cubierta protectora que contiene un sello de seguridad igual al del regulador. Este sello de seguridad se encuentra en todas las aplicaciones de motor. Después del ajuste, deben reemplazarse el alambre y el sello de seguridad.



Fig. 4.4.3 Remoción del manguito del regulador

Para hacer el ajuste de inyección de combustible usando el Grupo de Herramientas 223-2454 (128-8822), quite la pinza (flecha) que mantiene el manguito en posición entre el regulador y el múltiple de entrada. Usando las pinzas 6V6006, deslice el manguito del regulador hacia el múltiple de entrada. No use pinzas de mandíbula para mover el manguito. Esto puede dañar el manguito, lo que puede deteriorar también el sello del labio del múltiple de entrada cuando instale el manguito.

Los motores de modelos actuales tienen una ranura en el extremo del manguito del regulador que puede usarse para sacar el manguito de la caja del regulador.



Fig. 4.4.4 Instalación de la herramienta de inserción

Instale la porción del diámetro pequeño de la herramienta de inserción 128-8227 del Grupo de herramienta 223-2454 (128-8822) en el pasador de enlace del eje de salida del regulador. Cuando se instala apropiadamente, longitudes iguales de la herramienta se extenderán de ambos extremos del pasador de enlace. Instale la herramienta de sujeción 130-2711 del Grupo de herramienta 223- 2454 (128-8822) entre el manguito y la porción de la herramienta de inserción del pasador de enlace. Empuje sosteniendo la herramienta hacia abajo hasta que el diámetro pequeño haga contacto con la cara del regulador. Ésta es la posición de medición del ajuste de combustible.



Fig. 4.4.5 Instalación del indicador digital

Del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822), instale el Indicador de Posición Digital 1U8869 en el Grupo Dispositivo Indicador 9U7282. Apriete el tornillo de nailon. Quite el perno del múltiple de entrada cerca del inyector No. 1 e instale allí el grupo dispositivo indicador. Asegúrese de que la bola del extremo de la palanca haga contacto con la cara del extremo de la barra de cremalleras. ACTIVE el indicador. Asegúrese de que el indicador lea en milímetros y que el sentido de desplazamiento sea correcta. El émbolo que se desplaza hacia afuera del indicador debe dar lecturas positivas.

Empuje con la mano la cabeza de la cremallera del inyector No. 1 hacia el inyector hasta que el pasador de tope de la cabeza de la cremallera toque el resalto cuadrado del cuerpo del inyector, y sosténgalo en esta posición. El inyector No. 1 está ahora en posición de CORTE de combustible. Presione el botón de “ajuste a cero” en el indicador para definir la posición de cremallera-cero.

Ejecute este procedimiento varias veces para asegurarse de que se ha establecido el punto cero. Empuje hacia abajo la palanca de control y suéltela rápidamente. El hacer esto asegura que hay un movimiento suave de la cremallera del inyector. La lectura en el indicador de reloj es el valor de ajuste de inyección de combustible actual del motor. Si el valor comparado con las especificaciones necesita ajuste, use la llave 1U7663 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822), para aflojar la tuerca de seguridad del tornillo de ajuste de combustible y ajustar la lectura del indicador al valor del combustible correcto. Gire el tornillo hacia la izquierda para aumentar el valor de inyección de combustible, o hacia la derecha para disminuirlo.

Lección 5: Sincronización del Inyector de Combustible**Introducción**

En esta lección veremos los procedimientos de sincronización del inyector de combustible.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar los procedimientos de sincronización del inyector de combustible y realizar los ajustes estáticos del sistema MUI.

Material de referencia

- Operación de los Sistemas, Pruebas y Ajustes de los Motores 3114, 3116 y 3126 SSNR3583
- Uso del Grupo de Herramientas 128-8822 en los Motores 3114, 3116 y 3126 NSHS0610

Herramientas

- 223-2454 (128-8822) Grupo de herramientas
- Motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico

- **Permite el ajuste de todos los inyectores que tengan la misma posición**
- **Especificado en milímetros**

Fig. 4.5.1 Sincronización de la inyección de combustible

La sincronización de la inyección de combustible es una operación estándar que permite el ajuste de todos los inyectores unitarios para que tengan la misma posición vertical cuando el lóbulo del árbol de levas del inyector esté en el círculo base, de modo que el comienzo de la inyección tiene lugar en cada cámara de combustión a un número específico de grados del cigüeñal antes del punto muerto superior. La sincronización de la inyección de combustible se especifica como una dimensión en milímetros.



Fig. 4.5.2 Medición del inyector

El indicador de esfera mide la distancia de la parte superior del seguidor del inyector a la superficie del cuerpo del inyector. Esta medición es una relación del desplazamiento del émbolo con los orificios en el tambor.

La sincronización de inyección de combustible puede realizarse o ajustarse durante dos secuencias de posición del cigüeñal para el ajuste del espacio libre de la válvula, o girando el cigüeñal en sentido de giro normal hasta que el inyector esté a una altura máxima y la varilla de empuje esté en su punto más bajo (el conjunto del levantador está en su punto más bajo en el círculo base de la leva).

En un motor de cuatro cilindros, revise y ajuste los inyectores 3 y 4 con el pistón No. 1 en la carrera de compresión en el punto muerto superior. En un motor de cuatro cilindros, revise y ajuste los inyectores 1 y 2 con el pistón No. 1 en la carrera de escape en el punto muerto superior.

En un motor de seis cilindros, revise y ajuste los inyectores 3, 5 y 6 con el pistón No. 1 en la carrera de compresión en el punto muerto superior. En un motor de seis cilindros, revise y ajuste los inyectores 1, 2 y 4 con el pistón No. 1 en la carrera de escape en el punto muerto superior.



Fig. 4.5.3 Gire el cigüeñal del motor usando los cuatro pernos grandes

Siempre gire el cigüeñal del motor con los cuatro pernos grandes al frente del cigüeñal. No use los ocho pernos pequeños del frente de la correa del cigüeñal. Si se quita y se instala el conjunto del balancín antes de hacer el ajuste de la sincronización de combustible, gire el cigüeñal dos revoluciones completas para hacer que los balancines se asienten adecuadamente en los inyectores.



Fig. 4.5.4 Gire el cigüeñal en sentido de giro normal

Gire el cigüeñal en sentido de giro normal hasta que el perno quede frente a la caja del volante y a los tornillos en el volante. Esta posición es el punto muerto superior. Revise la posición en las válvulas de admisión de escape para confirmar que el cilindro No. 1 está en la carrera de compresión o de escape.



Fig. 4.5.5 Indicador digital

Antes de hacer una revisión o un ajuste de la dimensión de la sincronización de la inyección de combustible, el indicador digital debe programarse a un valor ajustado de 62 mm (2,44 pulg). Ésta es la dimensión del bloque de calibración de sincronización 9U7269 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822). Los pasos iniciales son:

- (A) CONECTE el indicador presionando el botón "CONECTAR/DESCONECTAR".
- (B) Pulse el botón "pulgadas/mm" para que la pantalla muestre las unidades en milímetros.

(C) Debe haber un signo negativo (-) en la ventana de visualización cuando se está en REV. Si el espacio está en blanco, pulse el botón "+/-" para mostrar (-). Cuando se hace esto, el movimiento hacia adentro del émbolo del indicador se mostrará en la pantalla como movimiento negativo, y el movimiento del émbolo hacia afuera se mostrará como positivo.

(D) Presione y sostenga el botón de "ajuste inicial" (PRESET) hasta que se vea una "P" destellante en la esquina derecha superior de la pantalla. Entonces, suelte el botón.

(E) Presione y sostenga el botón de "ajuste inicial" (PRESET) hasta que la letra "P" deje de destellar y se vea una barra indicadora destellante en la esquina inferior izquierda de la pantalla. Entonces, suelte el botón. El presionar momentáneamente el botón "ajuste inicial" (PRESET) hará que el signo menos (-) aparezca o desaparezca por encima del indicador que destella. Use el botón de "ajuste inicial" para borrar esta posición.

(F) Presione y sostenga el botón de "ajuste inicial" hasta que el indicador destelle en la posición del primer número (cuarta posición a la izquierda del punto decimal). Entonces, suelte el botón. El presionar momentáneamente el botón de "ajuste inicial" hará que cambie el número en pantalla de esa posición. Use el botón "ajuste inicial" para hacer que la posición muestre cero.

(G) Use el botón de "ajuste inicial" para mover el indicador que destella y cambie los números de la pantalla hasta que la pantalla muestre 62,00 mm (2,44 pulg).

(H) Presione y mantenga el botón de "ajuste inicial" hasta que destelle la letra "P" en la esquina derecha superior de la pantalla. Entonces, suelte el botón. Al presionar el botón de "ajuste inicial" mientras destella "P", desaparecerá la parte decimal de la lectura 62 mm.(2,44 pulg).

(I) DESCONECTE el indicador. El indicador guardará el número de ajuste inicial en la memoria (sólo puede guardarse en la memoria un número de ajuste inicial). Para recuperar el número de ajuste inicial, repita los pasos A a D. Entonces, presione momentáneamente el botón de "ajuste inicial" de modo que la letra "P" que destella y los ceros a la izquierda de la lectura 62,00 mm (2,44 pulg) desaparezcan. Instale la herramienta del punto de contacto 9U7274 de 85 mm (3,35 pulg) de largo del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) en el vástago del indicador digital.

Ponga el indicador digital en el Grupo de Base Magnética 123-4990 del Grupo de herramientas 223-2454 (128-8822) hasta que esté en el tope. Apriete el tornillo de sostén de nailon. Asegúrese de que no haya obstrucción en el botón magnético del Grupo dispositivo indicador, en la parte superior y en el tope del Bloque de calibración de sincronización 9U7269. Ponga el conjunto indicador y base en el bloque de calibración de sincronización. Una vez conectada la base, deje el émbolo por fuera.

Repita los pasos A a D y, momentáneamente, empuje el botón de “ajuste inicial” hasta que aparezca en el medidor el valor 62,00 mm (2,44 pulg).



Fig. 4.5.6 Indicador digital de la parte superior del botador del inyector

Quite el indicador digital y la base magnética del bloque de calibración y póngalo cuidadosamente en la parte superior del botador del inyector para revisar el inyector. Asegúrese de que la herramienta de punto de contacto del indicador esté en el tope del inyector y que el émbolo del indicador se mueva libremente.



Fig. 4.5.7 El indicador muestra la sincronización actual

Cuando el indicador digital y la base magnética se encuentran en posición en el inyector, el indicador mostrará la dimensión de la sincronización de inyección de combustible actual. Consulte la placa de información del motor o el TMI para la dimensión correcta de la sincronización de inyección de combustible. Si el indicador muestra la dimensión correcta o tiene una tolerancia de entre $\pm 0,20$ mm (0,0079 pulg), no se necesitan ajustes. Si el indicador no muestra la dimensión de sincronización correcta, gire el tornillo de ajuste hasta que el indicador digital muestre la dimensión correcta de la sincronización de inyección de combustible. Apriete la tuerca de seguridad a 25 ± 7 N·m ($18,0 \pm 5,0$ lb-pie) y verifique el ajuste nuevamente. Repita el procedimiento hasta que el ajuste sea correcto.

Revise y ajuste todos los inyectores correspondientes para esta posición del motor. Gire el motor 360° y repita los procesos para los inyectores restantes.

PRÁCTICA DE TALLER 4.5.1**AJUSTE DEL INYECTOR UNITARIO****Objetivos**

En la práctica, el estudiante demostrará:

- La remoción y el armado correcto de un inyector unitario.
- La capacidad para ajustar la sincronización del inyector a las especificaciones, usando las publicaciones y las herramientas suministradas.
- La capacidad para sincronizar los inyectores a la altura correcta, usando las publicaciones y las herramientas suministradas.
- La capacidad para ajustar la potencia del motor usando las publicaciones y las herramientas suministradas.

Material de referencia

- Operación de los Sistemas, Pruebas y Ajustes de los Motores 3114, 3116 y 3126 SSNR3583
- Uso del Grupo de Herramientas 128-8822 en los Motores 3114, 4116 y 3126 NSHS0610

Herramientas

- Grupo de Herramientas 223-2454 (128-8822)
- Motor 3116 ó 3126 MUI
- Caja de herramientas del mecánico

UNIDAD V: Introducción a los Sistemas de Combustible HEUI de los Motores de 1,1 y 1,2 Litros**Introducción**

En esta unidad veremos el sistema de combustible HEUI de los Motores 3116 y 3126.

Objetivos

Al terminar esta unidad, el estudiante podrá identificar los componentes y explicar la operación de los sistemas HEUI de los Motores 3116 y 3126. Además, podrá desarmar y armar los inyectores HEUI y otros componentes relacionados.

Material de referencia

- Uso del Grupo de herramientas 143-2099 de reemplazo de manguito NSHS0675 o
- Uso del Grupo de herramientas 127-3458 de reemplazo de manguito SSHS9120

Herramientas

- 125-2580 Grupo de herramientas
- 143-2099 (127-3458) Grupo de herramientas de reemplazo de manguito
- 135-5973 (125-2583) Dispositivo de sujeción
- 173-1530 Grupo de herramientas de asiento del inyector
- 9X1484 Juego de servicio
- Motor 3116 ó 3126 HEUI
- Caja de herramientas del mecánico

Lección 1: Sistemas de Combustible HEUI de los Motores de 1,1 y 1,2 Litros**Introducción**

En esta unidad veremos el sistema de combustible HEUI, sus componentes, la operación del sistema y los procedimientos de desarmado y armado.

Objetivos

Al terminar esta unidad, el estudiante podrá identificar los componentes y explicar la operación de los sistemas HEUI de los Motores 3116 y 3126. Además, podrá desarmar y armar los inyectores HEUI y otros componentes relacionados.

Material de referencia

- Uso del Grupo de herramientas 143-2099 de reemplazo de manguito NSHS0675 o
- Uso del Grupo de herramientas 127-3458 de reemplazo de manguito SSHS9120

Herramientas

- 125-2580 Grupo de herramientas
- 143-2099 (127-3458) Grupo de herramientas de reemplazo de manguito
- 135-5973 (125-2583) Dispositivo de sujeción
- 173-1530 Grupo de herramientas de asiento del inyector
- 9X1484 Juego de servicio
- Motor 3116 ó 3126 HEUI
- Caja de herramientas del mecánico

**SISTEMAS DE COMBUSTIBLE HEUI
DE LOS MOTORES DE 1,1 y 1,2 LITROS**

Fig. 5.1.1 Sistemas de combustible HEUI

Esta lección presentará los sistemas de combustible HEUI de los Motores 3116 y 3126. Veremos la operación, los componentes mecánicos del motor y los procedimientos para quitar e instalar los inyectores. También veremos la operación básica del sistema electrónico HEUI.

**Inyector Unitario de Control
Electrónico y Accionamiento Hidráulico
HEUI**

Fig. 5.1.2 Inyector HEUI

El acrónimo HEUI (de las palabras en inglés) indica Inyector Unitario de Control Electrónico y Accionamiento Hidráulico. Éste difiere del sistema MUI de los Motores 3116 y 3126 en dos aspectos:

Primero, en el sistema MUI se usa un regulador mecánico para controlar la cremallera y la inyección de combustible, mientras que un regulador electrónico controla el sistema de combustible HEUI. Todas las funciones realizadas por el regulador mecánico ahora las hace el Módulo de Control Electrónico (ECM).

También, en el sistema de combustible MUI se usa un conjunto de árbol de levas, varilla de empuje y balancín para accionar el inyector o inyectar el combustible en los cilindros. En el sistema de combustible HEUI se usa presión de aceite hidráulico para mover el émbolo.

- **Rendimiento del motor**
- **Economía de combustible**
- **Control de emisiones**

Fig. 5.1.3 Demandas del cliente y regulaciones sobre control de emisiones

Las demandas del cliente por mayor rendimiento, mejor economía de combustible y cumplimiento de las regulaciones cambiantes de control de emisiones han sido factores significativos en la evolución de la tecnología de los sistemas de combustible. Otros tipos de sistemas de combustible, aunque muy confiables, tienen sus limitaciones y no pueden cumplir con estas demandas.

- **Control de régimen de inyección**
- **Control de sincronización**
- **Presión más alta de inyección**

Fig. 5.1.4 Mejor control de los procesos de inyección

El sistema de combustible HEUI cumple con las demandas de rendimiento, economía de combustible y control de emisiones con un mejor control de los procesos de inyección. El sistema de combustible HEUI cumple con estas demandas, pues controla el régimen, la sincronización y las presiones de inyección.

El régimen de inyección puede controlarse para adaptarse a cualquier condición del motor. Como el inyector unitario es de accionamiento hidráulico y no de accionamiento mecánico, el régimen de inyección no depende de la velocidad del motor, como sucede con el sistema de bomba y grupo de tuberías, y en otros inyectores.

Tanto el inicio como la terminación de la inyección se controlan electrónicamente. A diferencia del inyector unitario electrónico, el émbolo HEUI no se mueve hasta que el solenoide se active. Esto significa que el movimiento del émbolo no está limitado a la velocidad o a la duración de un lóbulo de leva.

Un pistón intensificador del inyector HEUI multiplica la fuerza hidráulica en el émbolo. Al variar la presión de entrada hidráulica, la presión de inyección puede controlarse en una gama que va desde 34.400 kPa hasta 159.000 kPa (de 5.000 lb/pulg² a 23.000 lb/pulg²).

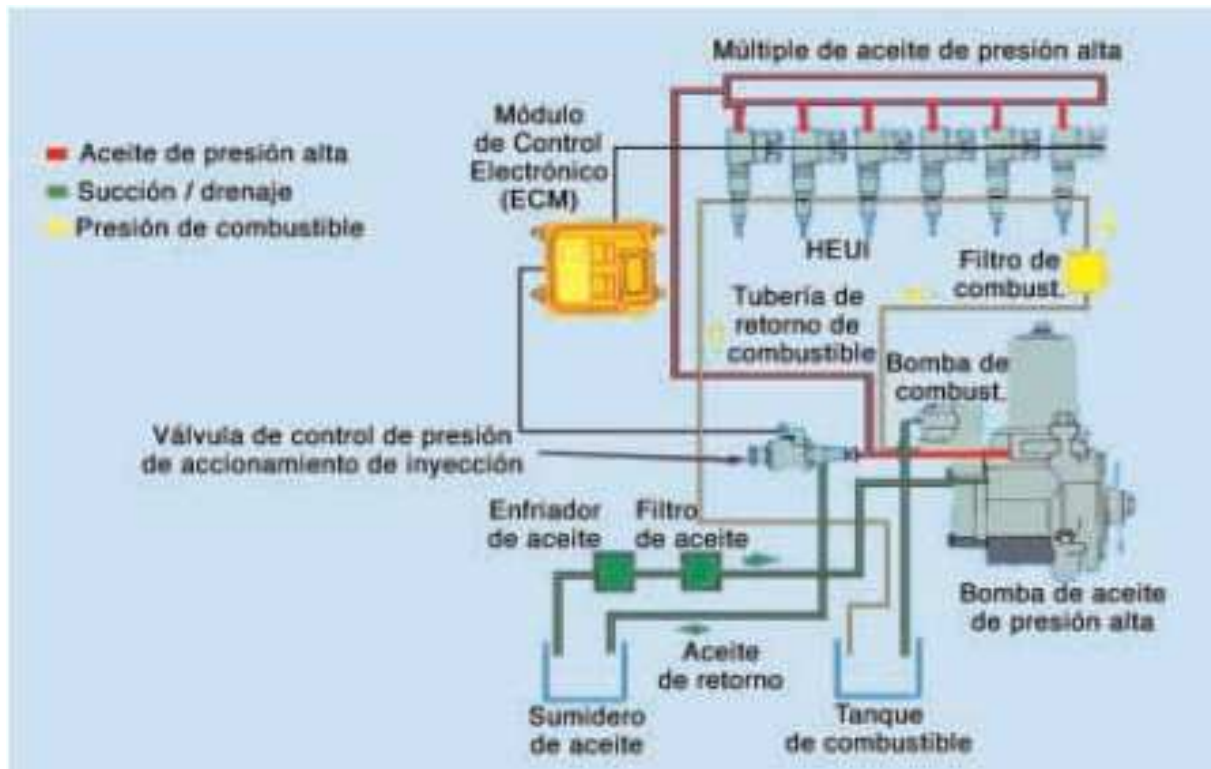


Fig. 5.1.5 Diagrama del sistema HEUI

El sistema de combustible HEUI consta de cinco componentes principales: un Módulo de Control Electrónico (ECM) y sensores, una bomba hidráulica de presión alta, el múltiple de aceite y las tuberías de aceite, la bomba de transferencia de combustible y las tuberías de combustible, la válvula de control de la bomba y los inyectores HEUI.

El ECM es una computadora en la máquina, programable, que controla la operación de los sistemas de combustible completos, así como otras funciones del motor. El ECM puede determinar la cantidad de combustible óptimo, la sincronización de inyección y la presión de inyección para casi cualquier condición del motor, ya que tiene muchas más entradas operacionales que un regulador mecánico. Los controles electrónicos son absolutamente esenciales para poder cumplir con los nuevos estándares de control de emisiones y de ruido.

Los interruptores de solenoide del ECM envían al solenoide del inyector un impulso de corriente controlado con precisión, que activa el solenoide. El campo magnético creado por el solenoide levanta la válvula de disco de su asiento, con lo que se inicia el ciclo de inyección. Los circuitos lógicos del ECM controlan la duración de la inyección y el nivel de corriente de este impulso. La cantidad de combustible es una función de la duración del impulso y de la presión de accionamiento de inyección.

La bomba de suministro hidráulica es de siete pistones axiales, de caudal fijo. Durante la operación normal del motor, las gamas de presión de salida de la bomba van de 5.000 kPa (725 lb/pulg²) a 23.000 kPa (3.335 lb/pulg²). La válvula de control de la bomba controla la presión de salida, descarga la presión en exceso y devuelve el flujo al circuito de retorno. Las presiones para condiciones específicas del motor las determina el ECM. Durante el arranque, la presión de la bomba es de cerca de 5.000 kPa (725 lb/pulg²). Esta presión se aumentó a 735 lb/pulg² en motores más recientes, y luego a 870 lb/pulg² en los Motores 3126B.

La bomba de transferencia de combustible es de un solo pistón, accionada por leva, y se encuentra en la parte trasera de la bomba de aceite de presión alta. La presión del sistema de combustible se mantiene entre 400 kPa y 517 kPa (58 lb/pulg² y 76 lb/pulg²) en condiciones normales de operación con carga.

La válvula de control de la bomba es de descarga de operación eléctrica, la cual controla muy de cerca la presión de salida de la bomba, drena el exceso de presión y envía el flujo al circuito de retorno. Un voltaje de señal variable del ECM a la IACPV determina la presión de salida de la bomba. La presión de la bomba puede mantenerse en cualquier valor entre 5.000 kPa y 23.000 kPa (725 a 3.335 lb/pulg²) durante la operación normal del motor. La presión de arranque de un motor frío (por debajo de 30°F) puede ser más alta que la presión normal de 5.000 kPa (725 lb/pulg²). La razón de esta presión más alta durante un arranque en frío se debe a que el aceite frío tiene una viscosidad alta y los componentes del inyector se mueven más lentamente. La presión más alta ayuda al inyector a quemar el combustible más rápido hasta que la viscosidad del aceite sea la adecuada. Gracias a la acción lubricante del aceite en los componentes internos del motor, tales como anillos y cojinetes, la viscosidad del aceite disminuirá cerca de 50% en los primeros dos minutos después del arranque.

El inyector usa la energía hidráulica del aceite de presión alta para producir la inyección. La presión del aceite de entrada controla la velocidad del pistón intensificador y el movimiento del émbolo y, por tanto, la cantidad de inyección y de presión de inyección. La cantidad de combustible inyectado la determina la duración del impulso desde el ECM y de cuánto tarda en mantener el solenoide activado. Todo el tiempo que los solenoides permanezcan activados y que la válvula de disco esté fuera de su asiento, el aceite continúa empujando hacia abajo el intensificador y el émbolo hasta que el intensificador golpee el fondo de su orificio.



Fig. 5.1.6 Lado izquierdo del motor HEUI

En el lado izquierdo del motor se encuentran los siguientes componentes:

- (1) El ECM y el mazo de cables
- (2) La bomba de aceite hidráulica incluyendo la válvula de control de la bomba y la bomba de transferencia de combustible
- (3) El múltiple de combustible

El combustible viene del tanque de combustible, pasa el filtro del combustible primario (si está equipado) y va a la entrada de la bomba de transferencia de combustible montada en la parte trasera de la bomba de aceite de presión alta. La bomba de transferencia de combustible envía el combustible al filtro de combustible secundario de rosca. Del filtro, el combustible fluye a través de una tubería a un conducto taladrado en la parte delantera de la culata. El conducto taladrado lleva el combustible a una cámara alrededor de cada inyector y provee un flujo continuo de combustible a todos los inyectores. El combustible sin usar y el aire atrapado salen de la culata por la parte trasera, pasan a través del orificio de regulación de presión y una válvula de retención y vuelven al tanque de combustible.



Fig. 5.1.7 Válvula de retención y orificio

El orificio de regulación de presión de 0,5 mm de diámetro mantiene la presión de combustible en una gama de presión normal de 400 kPa a 517 kPa (58 lb/pulg² a 75 lb/pulg²). La presión de combustible a velocidad baja en vacío debe estar entre 400 kPa y 434 kPa (58 lb/pulg² y 63 lb/pulg²). La válvula de retención evita que el combustible drene de la culata y regrese al tanque de combustible cuando el motor está desconectado.

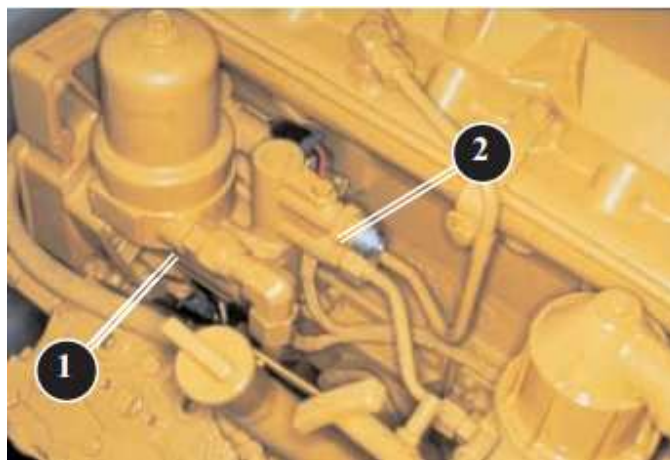


Fig. 5.1.8 Bomba de aceite de presión alta

El flujo de aceite a través del motor es igual en los motores de 1,1 litros. El aceite para el sistema hidráulico sale por la parte inferior del bloque en el lado izquierdo, detrás del compresor de aire, y fluye a la entrada de la bomba de aceite de presión alta (1). La válvula de control de la bomba (2), ubicada en la bomba de aceite, controla la presión de aceite hidráulico. El aceite presurizado fluye de la bomba, a través de una tubería, al múltiple de aceite.

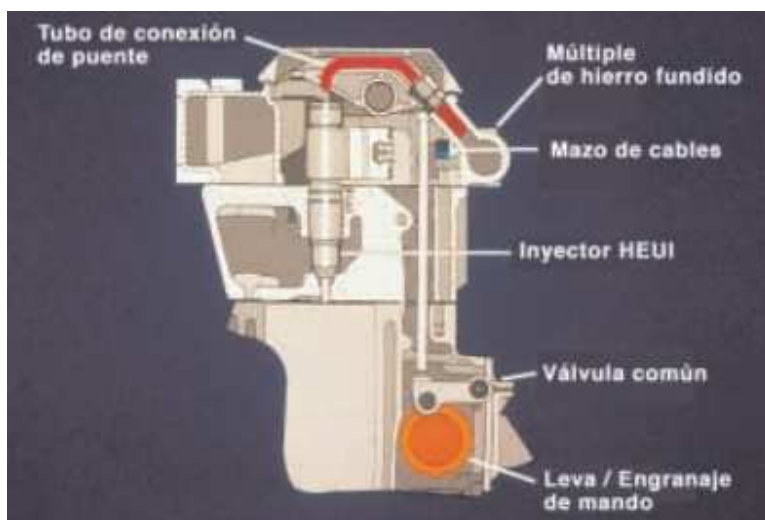


Fig. 5.1.9 Corte del motor HEUI

El múltiple de aceite lleva el aceite por una conexión afinada y por tubos de conexión de puente individuales a cada uno de los inyectores. El aceite pasa a través de los conectores y de los tubos de conexión puente a la válvula de disco de la parte superior del inyector. El inyector usa la presión de aceite para accionar el émbolo cuando se envía la señal del ECM.



Fig. 5.1.10 Conexión de aceite afinada

Las conexiones afinadas son cruciales para la operación del sistema hidráulico, y no necesitan servicio durante la vida del motor. El objetivo de las conexiones afinadas es evitar que las crestas de presión causadas por el cierre y la apertura de las válvulas de disco del inyector pasen al resto del sistema. Las conexiones afinadas también sirven como asiento para el tubo de conexión puente. Si las conexiones afinadas se quitan del múltiple, se debe instalar un nuevo sello anular en la conexión.



Fig. 5.1.11 Llave de pata para aflojar la tuerca de mariposa

Para quitar el inyector HEUI, primero quite la cubierta del múltiple de válvulas. Use la llave de pata 5P0144 para aflojar la tuerca de mariposa que sostiene el tubo de conexión puente al múltiple de aceite. La llave 5P0144 es parte del Grupo de herramientas de servicio HEUI 125-2580.



Fig. 5.1.12 Perno de retención del inyector y abrazadera

Quite el perno de retención del inyector y la abrazadera.



Fig. 5.1.13 Llave allen de cabeza de bola

Use la llave allen de cabeza de bola 125-2584 del Grupo de herramientas 125-2580 para aflojar los pernos de la brida lateral del inyector. Desconecte el tubo de conexión puente del múltiple de aceite y del inyector, y quite el tubo de conexión puente del motor.



Fig. 5.1.14 Remoción del tubo de conexión puente

Tenga cuidado cuando quite el tubo de conexión puente. El asiento de la brida que se sitúa en la parte superior del inyector puede salirse de su posición y caer en el motor. El asiento de la brida que se muestra en la figura es el del diseño original. En modelos recientes, se adicionó una brida de metal.

Quite el asiento de la brida de la parte superior del inyector.



Fig. 5.1.15 Remoción del sello anular

Quite el sello anular de la parte superior del inyector. El sello anular debe reemplazarse cada vez que se quita el tubo de conexión puente.



Fig. 5.1.16 Remoción del conjunto del balancín

Quite el conjunto del balancín y asegúrese de mantener unido el conjunto del balancín. Sólo un extremo del balancín estará sostenido por el pasador.



Fig. 5.1.17 Desconexión del mazo de cables del inyector

Desconecte el mazo de cables del inyector. Debe tener cuidado de no romper las presillas del conector. Para el reemplazo del conector, hay disponible un juego de reparación que puede usarse sólo una vez en un conector individual, por la longitud del cable. El sello impermeable debe reemplazarse siempre que se desconecta el mazo de cables.



Fig. 5.1.18 Remoción del inyector

Quite el inyector de la cabeza del cilindro. Primero, trate de sacarlo con la mano. Si no puede aflojarlo, use la barra dislocadora 1U7587 del Grupo de herramientas 125-2580, para soltar el inyector de la cabeza.

ATENCIÓN: Haga palanca sólo en el cuerpo del inyector. NO haga palanca en el solenoide o en el adaptador del solenoide, ya que puede hacer que se pierda el alineamiento entre la válvula de disco y el cuerpo del inyector.



Fig. 5.1.19 Inyector HEUI

En la parte inferior del inyector se muestra un sello anular. Este sello se encuentra en todos los inyectores de los primeros modelos. Los inyectores nuevos no tienen sello anular y, si se tiene un modelo anterior, el sello debe quitarse. El sello anular servía de sello temporal hasta la formación de carbón. Se eliminó, pues reducía la fuerza de sujeción del inyector.



Fig. 5.1.20 Manguito del inyector

Una vez que se haya quitado el inyector, el manguito puede reemplazarse, si es necesario. Use el Grupo de herramientas de reemplazo del manguito 143-2099 (127-3458). Siga el procedimiento en la Instrucción Especial para el Grupo de herramientas de reemplazo del manguito 127-3458, SSHS9120 o el Grupo de herramientas de reemplazo del manguito 143-2099, NSHS0675.

Un nuevo Grupo de herramientas de asiento del inyector 173-1530 está disponible para su uso cuando se instala un nuevo manguito de inyector en un manguito existente. El Grupo de herramientas 173-1530 trabaja ejerciendo fuerza hacia abajo en el inyector para acuar (imprimir) un nuevo asiento en el manguito. Este grupo de herramientas elimina la necesidad de abocardar nuevamente los manguitos instalados recientemente

o un manguito existente cuando se instala un inyector nuevo. El Grupo de herramientas 173-1530 se usa solamente en los motores 3114, 3116 y 3126 MUI y en los motores 3116 y 3126 HEUI. No se usa en los motores 3126B/E HEUI. Siga el procedimiento indicado en "Uso del Grupo de herramientas 173-1530 de asiento del inyector", NEHS0738, para acuñar correctamente un nuevo asiento en un manguito nuevo o usado.

El manguito del inyector HEUI es 1 mm (0,039 pulg) más corto que el usado en los motores MUI de modelos anteriores. La instalación de un manguito de inyector MUI de modelo reciente causará interferencia entre el manguito y el inyector, y el inyector no se asentará adecuadamente. Los manguitos de modelos anteriores fueron eliminados y reemplazados por los nuevos.

El Grupo de herramientas para reemplazo del manguito 127-3458 consta del Grupo de herramientas para reemplazo del manguito 127- 3462 y el Grupo de herramientas para reemplazo del manguito 127- 3460. El Grupo de herramientas 127-3458 se reemplazó por el Grupo de herramientas 143-2099.



Fig. 5.1.21 Instalación del inyector

Ponga aceite limpio de motor en los sellos anulares del inyector. Ponga el inyector en su lugar en la culata y empuje hacia abajo en la parte superior del inyector para asentarlo en el orificio.

Instale un nuevo sello impermeable en el mazo de cables y conecte el mazo de cables al inyector.



Fig. 5.1.22 Instalación del tubo de conexión puente

Instale el conjunto del balancín.

Instale el sello anular en la ranura de la parte superior del inyector y haga que el asiento plano quede en posición.

Instale el tubo de conexión puente. Ponga el extremo del múltiple primero en posición y alinee los pernos en el extremo del inyector. Apriete a mano los pernos y la tuerca de mariposa.



Fig. 5.1.23 Procedimiento de apriete del tubo de conexión puente

Se requiere un procedimiento especial de apriete para asegurarse de que el tubo de conexión puente quede asentado adecuadamente en ambos extremos. Primero, ponga

el Dispositivo de sujeción 135-5973 (125-2583) en su lugar en la parte superior del tubo de conexión puente. Gire el inyector en la culata para alinear el perno del tubo de conexión puente con el orificio del dispositivo de sujeción. Apriete el perno del dispositivo de sujeción a un par de apriete de 36 N·m (26 lb-pie).

Luego, apriete el extremo del múltiple del tubo de conexión puente a un par de apriete de 40 ± 5 N·m (29 ± 4 lb-pie).

Con el dispositivo de sujeción aún en posición, apriete los pernos del extremo del inyector del tubo de conexión puente a un par de apriete de 3 N·m (27 lb-pie). Apriete los pernos de nuevo hasta un par de apriete de 6 N·m (53 lb-pie).

Quite el dispositivo de sujeción e instale el soporte del inyector debajo de la abrazadera.

Ajuste las válvulas e instale la cubierta de la válvula.

NOTA: Se fabrica una nueva Abrazadera del inyector 135-5973 para el tubo de conexión puente en los motores HEUI de 1,1 y 1,2 litros. Una Abrazadera 135-5973 única puede usarse para reemplazar el Dispositivo de sujeción 125-2583 que ya no se encuentra disponible de Caterpillar.

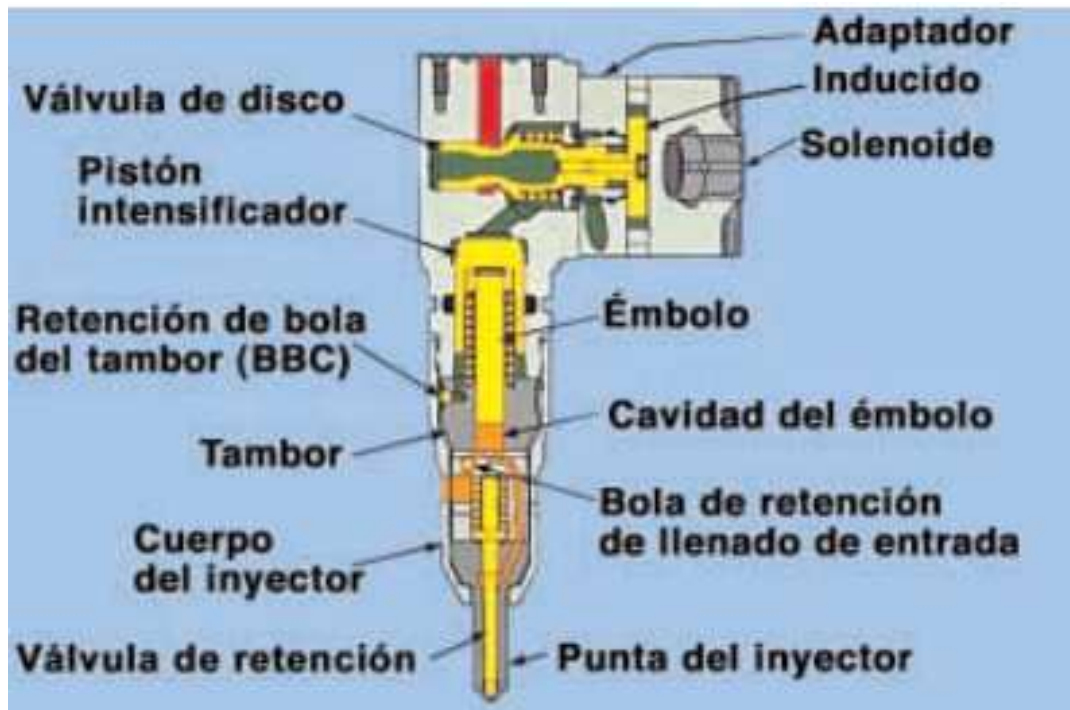


Fig. 5.1.24 Componentes del inyector HEUI

El inyector HEUI tiene cinco componentes principales:

Solenoide

El solenoide es un electroimán de accionamiento rápido que, activado, saca la válvula de disco de su asiento para permitir el paso de aceite de presión alta.

Válvula de disco

La válvula de disco se mantiene en su asiento por medio de un resorte. En su posición cerrada, el aceite de entrada de presión alta se bloquea y la cavidad del pistón intensificador se abre al drenaje. Cuando se activa el solenoide, la válvula de disco se levanta de su asiento, lo cual cierra el paso al drenaje y abre la entrada al aceite de presión alta.

Pistón intensificador y émbolo

Cuando la válvula de disco abre el orificio de entrada, el aceite de presión alta entra al inyector y actúa en la parte superior del pistón intensificador.

La presión aumenta en el pistón intensificador y empuja el pistón y el émbolo hacia abajo. El pistón intensificador es aproximadamente siete veces más grande en área

superficial que el émbolo, para permitir una multiplicación de fuerza. El movimiento del émbolo hacia abajo presuriza el combustible en la cavidad del émbolo, y hace que el inyector se abra. Un sello anular grande alrededor del pistón intensificador separa el aceite encima del pistón del combustible por debajo de éste.

Tambor

El tambor contiene un orificio transversal con una bola de retención cargada por resorte, llamado retenedor de bola del tambor (BBC). Su propósito es drenar cualquier combustible que escape entre el émbolo y el tambor en la cavidad del pistón intensificador. Si a esta cavidad se le permitiera llenarse con combustible, el émbolo estaría muy suelto durante la inyección, y la entrega de combustible se reduciría en gran manera. La carrera hacia abajo del pistón durante la inyección produce una presión positiva que saca de su asiento la bola cargada por resorte y descarga cualquier fuga. El resorte vuelve a poner en su asiento la bola para evitar que escape el combustible presurizado al lado externo.

Conjunto del inyector

El conjunto del inyector es un diseño convencional con la excepción de la bola de retención de llenado de entrada y de la plancha de retención de flujo inverso. La bola de retención de llenado de entrada sale de su asiento durante el desplazamiento hacia arriba del émbolo para permitir que la cavidad del émbolo se llene. La bola de retención se asienta y se sella durante la carrera hacia abajo del émbolo para evitar que la presión de inyección escape al suministro de combustible.

La plancha de retención de flujo inverso de una vía hace que el combustible entre al conjunto del inyector, pero se cierra para evitar el flujo inverso al final de la inyección. Éste atrapa la presión del combustible en el inyector para evitar que el gas de combustión vaya al inyector si hay una fuga entre la punta del inyector y la bola de retención. Sin la plancha de retención de flujo inverso, una fuga severa de la punta puede hacer que el gas de combustión se acumule en el inyector. En condiciones de entrega baja de combustible, como en velocidad en vacío, este gas de combustión se comprimiría y el inyector no alcanzaría la presión de apertura de la válvula (VOP), por lo cual, el inyector no entregaría combustible y se tendría un cilindro muerto.



Fig. 5.1.25 Inyector HEUI (Preinyección)

Hay cuatro etapas de inyección en el HEUI:

- Preinyección
- Inyección inicial
- Inyección principal
- Ciclo de retorno

Durante la preinyección, todos los componentes internos retornan a su posición cargada con resorte (no accionada). El solenoide no está activado y la válvula de disco bloquea el aceite de presión alta para que no vaya al inyector. El émbolo y el pistón intensificador están en la parte superior de su orificio y la cavidad del émbolo está llena de aceite. La presión de combustible en la cavidad del émbolo es la misma que la de la bomba de transferencia, aproximadamente 413 kPa (60 lb/pulg²).

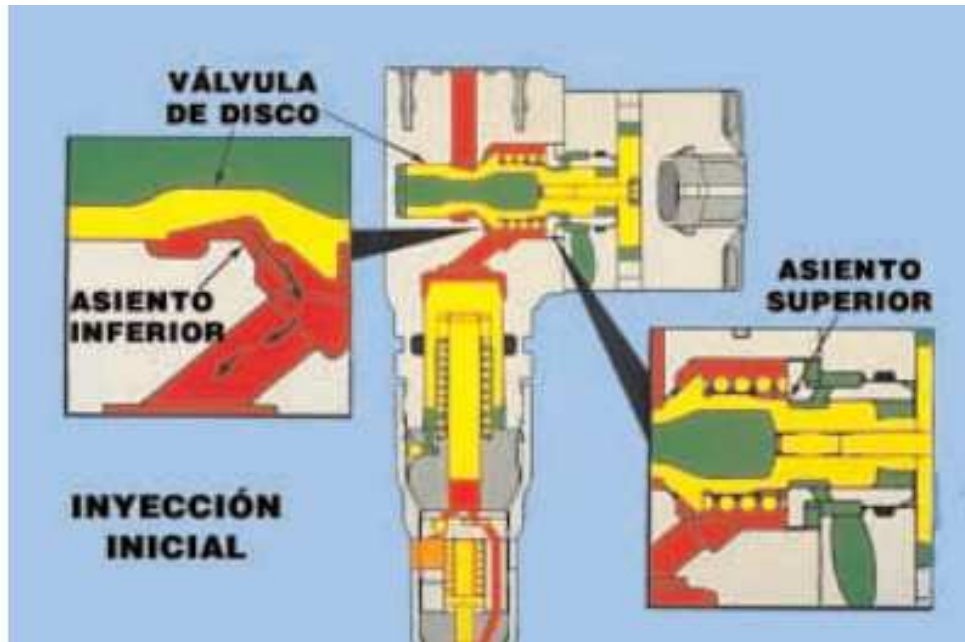


Fig. 5.1.26 Inyector HEUI (Inyección inicial)

Cuando el ECM determina que debe iniciarse la inyección, envía el impulso de corriente eléctrica correcta al solenoide del inyector. El solenoide se activa casi instantáneamente, y crea un tirón magnético fuerte en el inducido. El inducido está conectado mecánicamente a la válvula de disco por medio de un tornillo. El tirón magnético del solenoide sobrepasa la tensión del resorte que mantiene el disco cerrado, levanta la válvula de disco de su asiento y, al mismo tiempo, cierra el orificio de drenaje.

Cuando la válvula de disco se abre, el resalto del disco superior cierra el paso al drenaje y el resalto inferior abre la cámara de disco al aceite de presión alta. El aceite de presión alta fluye alrededor del disco a través del conducto de la parte superior del pistón intensificador. La presión de la parte superior del intensificador fuerza éste hacia abajo junto con el émbolo. El movimiento hacia abajo del émbolo presuriza el combustible en la cavidad del émbolo y el inyector. Cuando la presión alcanza el valor VOP de cerca de 31.000 kPa (4.500 lb/pulg²), la válvula de retención del inyector se levanta fuera de su asiento y comienza la inyección.

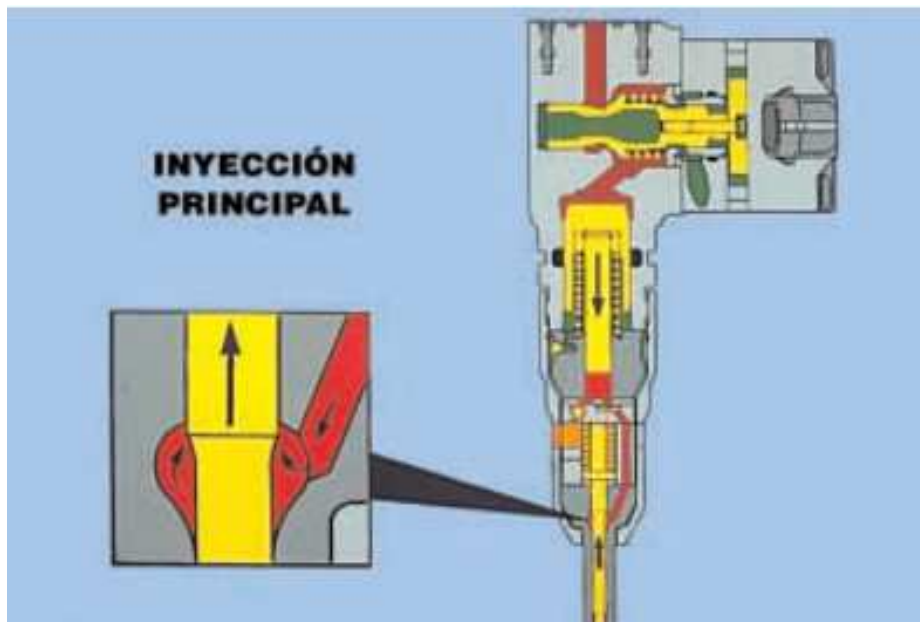


Fig. 5.1.27 Inyector HEUI (Inyección principal)

Con el solenoide activado, la válvula de disco permanece abierta, el aceite de presión continúa fluyendo y empuja más hacia abajo el pistón intensificador y el émbolo. Las gamas de presión de inyección van desde 35.000 kPa hasta 159.000 kPa (de 5.000 lb/pulg² a 23.000 lb/pulg²), dependiendo de los requerimientos del motor. La inyección continúa hasta que ocurra una de las siguientes condiciones:

1. Que el solenoide se desactive y haga que el resorte de la válvula de disco cierre la válvula de disco y corte el aceite de presión alta.
2. Que el pistón intensificador golpee el fondo de su orificio. Ésta sería la entrega máxima de combustible. La distancia desde la parte inferior del intensificador hasta la parte inferior de su orificio es controlada para limitar la entrega máxima de combustible. Esta característica se llama limitadora de carrera y evita desbordar la electrónica, al no permitir el aumento máximo de la entrega de combustible más allá de la cantidad de combustible máxima determinada.

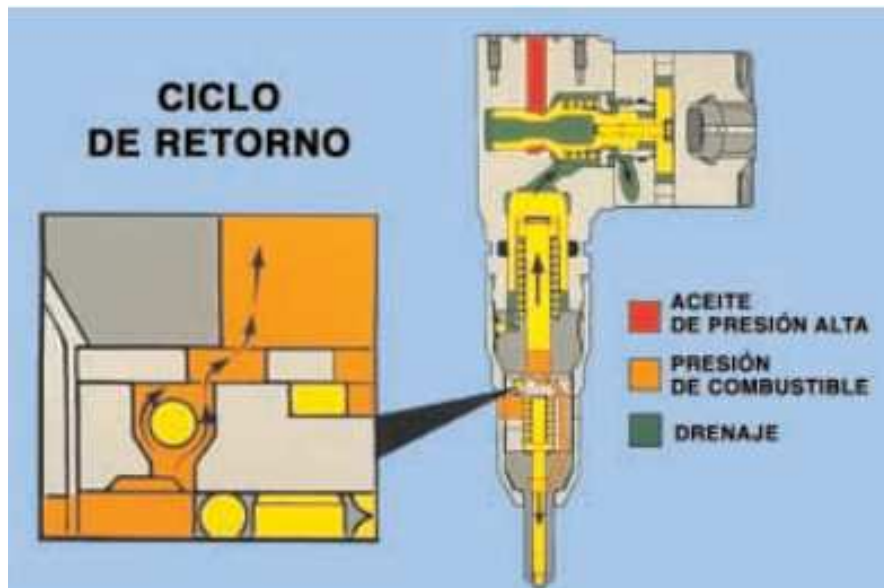


Fig. 5.1.28 Inyector HEUI (Ciclo de retorno)

El final del ciclo de inyección comienza cuando el ECM ya no envía corriente al solenoide. El campo magnético del solenoide colapsa y no puede continuar manteniendo la tensión del resorte de la válvula de disco para sostenerla fuera de su asiento. La válvula de disco se asienta, corta el aceite de presión alta y evita que pase al inyector. Cuando la válvula de disco se asienta, el resalto superior de la válvula de disco abre la cavidad de disco al drenaje. El aceite de presión en la cámara del intensificador y en la cámara de la válvula de disco pueden ahora fluir hacia arriba alrededor del asiento de la válvula de disco, a través de los orificios del respiradero en el manguito de la válvula de disco y hacia afuera del orificio de drenaje del adaptador.

La presión de combustible de la cavidad del émbolo ejerce una fuerza hacia arriba del émbolo y del intensificador. A medida que disminuye la presión de la fuerza hacia abajo en el intensificador, la fuerza hacia arriba del combustible presurizado se convierte casi instantáneamente en una fuerza mayor, de modo que el movimiento hacia abajo del intensificador y el émbolo se detienen.

Cuando el émbolo se detiene, el flujo de aceite también lo hace. Con la válvula de retención aún abierta, la presión remanente de combustible empuja una pequeñísima cantidad de combustible adicional hacia afuera de los orificios. Esto hace que haya una caída de presión grande, la cual disminuye la presión del inyector por debajo de la Presión de Cierre de la Válvula (VCP) de 18.600 kPa (2.700 lb/pulg²). La tensión del resorte en la válvula de retención ahora regresa al asiento la válvula de retención y se detiene la inyección.

NOTA: La VCP es menor que la VOP, porque más área de la válvula de retención está expuesta al combustible presurizado cuando la válvula de retención está fuera de su asiento.

Cuando se cierra la válvula de retención, la inyección se detiene y se inicia el ciclo de llenado. Las cavidades de la válvula de disco y del pistón intensificador se abren a la presión atmosférica a través de la válvula de disco y del orificio del drenaje del adaptador. La presión cae muy rápidamente en las cavidades del intensificador y del émbolo hasta cerca de cero. El resorte de retorno del émbolo empuja hacia arriba el émbolo y el intensificador y obliga al aceite a ir a la válvula de disco, a través de los orificios en el manguito de la válvula de disco y hacia afuera por el orificio de drenaje del adaptador.

A medida que el intensificador se mueve hacia arriba, el retenedor de bola del tambor se cierra para evitar que el combustible llene el área debajo del intensificador. Esto causa un vacío parcial en esta área, de modo que el volumen de combustible es cerca de $3/4$ del volumen de la cavidad. Esta característica evita una cresta de presión alta en el riel del combustible cuando el inyector se enciende. Si esta cavidad estuviera llena de combustible, un gran volumen sería forzado a regresar al riel del combustible a medida que el intensificador se mueve rápidamente hacia abajo durante la inyección. Las crestas de presión resultantes causarían variación de la presión e inestabilidad en velocidad en vacío.

A medida que el émbolo sube, la presión de la cavidad del émbolo también caería a casi cero. La presión de la bomba de transferencia saca de su asiento la bola de retención de llenado de entrada, para hacer que la cavidad del émbolo se llene de combustible.

El ciclo de llenado termina cuando el intensificador es empujado a la parte superior de su orificio. La cavidad del émbolo está llena y el retenedor lleno retorna a su asiento. La presión de las cámaras del intensificador y de la válvula de disco es cero. El ciclo de inyección está completo y listo para comenzar de nuevo.

La diferencia importante entre los sistemas de combustible HEUI y los otros sistemas accionados mecánicamente es que la inyección del HEUI se basa en tiempo, y tiende a compensarse por el escape entre el émbolo y el tambor.

En los sistemas mecánicos, la velocidad del émbolo es una función de la velocidad del cigüeñal. A medida que ocurre el desgaste entre el émbolo y el tambor, aumenta la cantidad de escape. Cuando el desgaste es excesivo, este aumento de escape resulta en una disminución de entrega de combustible.

El émbolo HEUI se acciona hidráulicamente y la velocidad es una función de la presión del accionador frente a la resistencia del bombeo de combustible. Si el desgaste del émbolo y del tambor aumenta el escape, la resistencia del bombeo de combustible se

reduce y el émbolo se moverá más rápido y más lejos para compensar este efecto. El resultado es que la presión de inyección se mantendrá, y la cantidad de combustible deseado se entregará a través del inyector aunque aumente el escape. Esto es verdad hasta que el desgaste sea tan severo que el émbolo no pueda acelerar lo suficientemente rápido durante las inyecciones cortas para compensar, o que el émbolo literalmente se salga de carrera cuando el pistón intensificador va hasta el fondo contra el tambor.

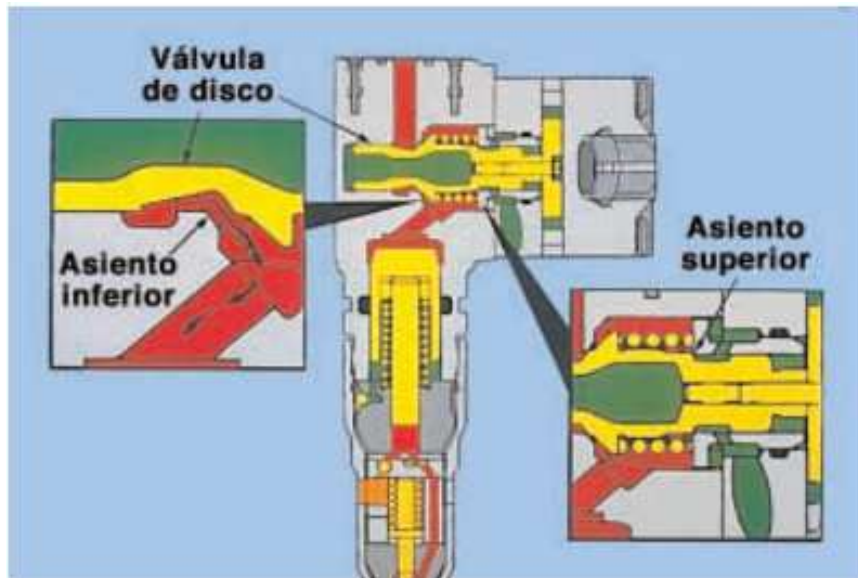


Fig. 5.1.29 Asientos de la válvula de disco del inyector HEUI

Reemplazo del inyector

El inyector se reemplaza como una unidad. No hay piezas a las que se les pueda dar servicio en el inyector, excepto el sello anular de la parte externa.

NOTA: NO intente desarmar el inyector. Se hacen pruebas de rendimiento y análisis detallados de cada inyector que se envía del campo. Desarmar el inyector hará que no funcione y falle la prueba de rendimiento. Es muy fácil determinar si un inyector se desarmó o se maltrató al quitarse.

Alineación del asiento de la válvula de disco

La válvula de disco del inyector tiene un asiento superior y uno inferior que deben ajustar perfectamente para que el inyector funcione. La válvula de disco está dirigida por las guías superior e inferior. La guía inferior está a tierra en el cuerpo debajo de su asiento inferior. La guía superior está a tierra en el manguito de la válvula de disco por encima de su asiento superior. El manguito del disco está en el adaptador. La alineación correcta de la válvula de disco se alcanza, gracias a una ubicación precisa del adaptador. El adaptador se sujeta al cuerpo con cuatro tornillos ubicados por debajo del solenoide. Los orificios de los tornillos del adaptador tienen suficiente espacio libre para permitir que el adaptador se mueva y alcance una alineación correcta. Esta alineación puede también hacerse mediante una máquina de armado robótico y no debe hacerse a mano.

Si la alineación del adaptador no es correcta, el asiento superior de la válvula de disco no sellará y el inyector tendrá una fuga masiva en el asiento superior. Además, el

adaptador no encajará en el cuerpo. Éste se mantendrá en posición sólo por la fuerza axial de los tornillos del adaptador que lo sujetan al cuerpo. Si los tornillos del adaptador están flojos o se quitan, se pierde la alineación y el inyector debe desecharse. No puede hacerse la alineación manualmente en campo. Si el inyector se reinstala en el motor con una fuga de asiento superior, el inyector no suministrará combustible y fallará la prueba de fugas del asiento superior en la prueba de banco. La fuga masiva del asiento superior en la prueba de banco es una indicación positiva de que el inyector se desarmó o de que se hizo palanca al adaptador cuando se quitó el inyector.

Remoción del inyector de la culata

La alineación del adaptador puede también perderse cuando se hace palanca en el adaptador al quitar el inyector. El inyector puede quitarse girando y tirando con la mano o haciendo palanca debajo del cuerpo del inyector. Hacer palanca en el adaptador causará la pérdida de alineación entre el adaptador y la válvula de disco. Hacer palanca en el solenoide hará que éste se rompa.

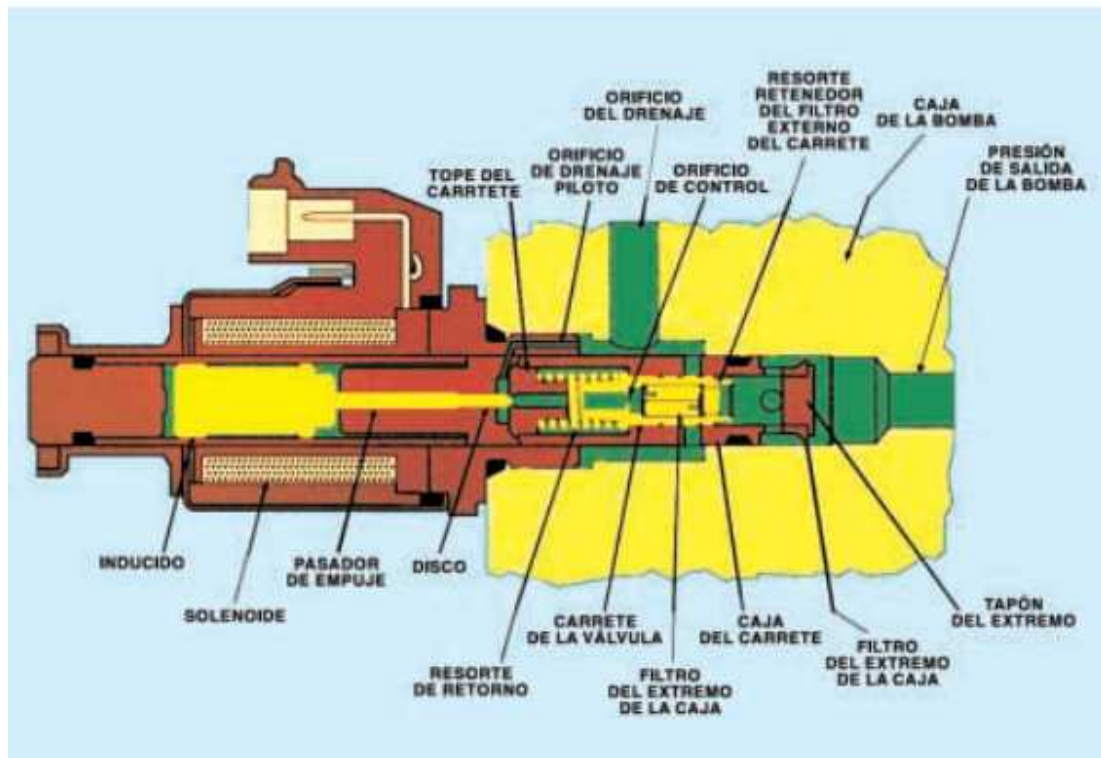


Fig. 5.1.30 Válvula de control de presión de accionamiento de inyección (IAPCV)

La válvula de control de la bomba (llamada a veces válvula de control de presión de accionamiento de inyección) se encuentra en el lado interno de la bomba hidráulica entre la bomba y el bloque. En el motor 3126B la válvula de control de la bomba se encuentra en el lado externo de la bomba hidráulica. La IAPCV es una válvula de control de presión de operación piloto controlada eléctricamente. Esta válvula se requiere por dos razones:

Primero, la bomba es de caudal fijo. A medida que aumentan las rpm del motor, aumenta el flujo de la bomba. Hay muchas condiciones en que el flujo de la bomba es mayor de lo que se requiere en los inyectores. Este flujo excesivo debe descargarse con precisión al drenaje y en un tiempo de respuesta muy rápido.

La válvula de control de la bomba y la bomba de caudal fijo pueden mantener la presión de accionamiento deseada sin importar las variaciones en las rpm del motor y del flujo de la bomba.

Los componentes básicos de la válvula de control de la bomba son:

- Cuerpo
- Carrete
- Resorte del carrete
- Disco
- Pasador de empuje
- Inducido
- Solenoide
- Filtro del extremo

La válvula de control de la bomba opera mediante una señal eléctrica de voltaje variable del ECM para crear un campo magnético en el solenoide. Este campo magnético actúa en la barra del inducido y genera una fuerza mecánica, que empuja el inducido a la derecha. Esta fuerza se transmite, a través del pasador de empuje, a la válvula de disco pequeña.

La fuerza mecánica que trata de mantener la válvula de disco cerrada se opone a la presión hidráulica dentro de la válvula que trata de abrir el disco. La presión hidráulica aumentará hasta que se equilibren las dos fuerzas. Mientras más corriente se aplica al solenoide, mayor presión hidráulica resulta. A menor corriente, menor presión.

La presión reducida en la válvula se combina con la del resorte y actúa en el carrete para empujarlo a la derecha y cerrar los orificios de drenaje. La presión de la bomba actúa en el otro lado del carrete para empujarlo a la izquierda y abrir los orificios de drenaje. Estas fuerzas hidráulicas también alcanzan el equilibrio.

El resultado neto es que la señal eléctrica que se envía al solenoide controla la presión de la bomba.

Operación - Motor APAGADO

La ilustración 5.1.30 muestra la posición del carrete con el motor APAGADO. Sin presión hidráulica, el resorte empuja el carrete todo lo posible a la derecha, y cierra los orificios de drenaje.

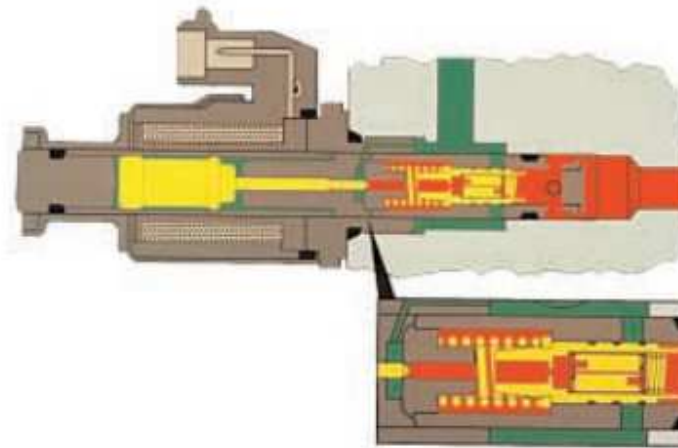


Fig. 5.1.31 Cámara del carrete de la válvula de control de la bomba

En los primeros modelos de motores se requerían aproximadamente 5.000 kPa (725 lb/pulg²) de presión de aceite para activar el inyector durante el arranque. Esta presión se aumentó después a 5.070 kPa (735 lb/pulg²) y a 6.000 kPa (870 lb/pulg²) en los Motores 3126B. Esta presión de accionamiento baja produce una presión de inyección muy baja. La presión de inyección baja hace que la válvula de retención del inyector se abra y se cierre rápidamente, poniendo pequeños chorros de combustible en la cámara de combustión, lo cual ayuda al arranque.

Con el fin de arrancar el motor muy rápidamente, la presión accionadora debe aumentar también rápidamente. Como la bomba gira a las rpm del motor, el flujo de la bomba es muy bajo. El ECM envía una corriente fuerte al solenoide de la válvula de control de la bomba para sostener el carrete cerrado y bloquear todo el flujo al drenaje hasta que se alcance la presión accionadora mínima apropiada. Los inyectores no suministran el combustible hasta que se alcance la presión accionadora mínima apropiada.

Una vez que los inyectores comienzan a suministrar combustible, el ECM controla la corriente de la válvula de control de la bomba para mantener la presión de accionamiento mínima apropiada hasta que el motor arranque. El ECM revisa la presión de accionamiento a través del sensor de presión de accionamiento de inyección ubicado en el múltiple de aceite. Éste es un sistema de bucle cerrado. El ECM determina la presión deseada con base en las diferentes entradas, y envía una

corriente predeterminada a la válvula de control de la bomba. El ECM también compara la presión deseada con la presión actual en el múltiple y realiza los ajustes a los niveles corrientes de la válvula de control de la bomba para alcanzar la presión deseada.

Flujo de aceite - Arranque del motor

La presión de salida de la bomba entra al extremo del cuerpo del inyector y una pequeña cantidad de aceite fluye a la cámara del carrete a través del filtro del extremo y controla el orificio en el extremo del carrete. La señal electrónica hace que el solenoide produzca un campo magnético que empuja el inducido a la derecha. El inducido ejerce una fuerza en el pasador de empuje y en la válvula de disco, que mantiene la válvula de disco cerrada y hace que aumente la presión de la cámara de resorte. La combinación de la fuerza del resorte del carrete y la presión de la cámara de resorte sostienen el carrete a la derecha para cerrar los orificios de drenaje. Todo el flujo de la bomba va al múltiple de aceite hasta que se alcance la presión de accionamiento mínima apropiada.

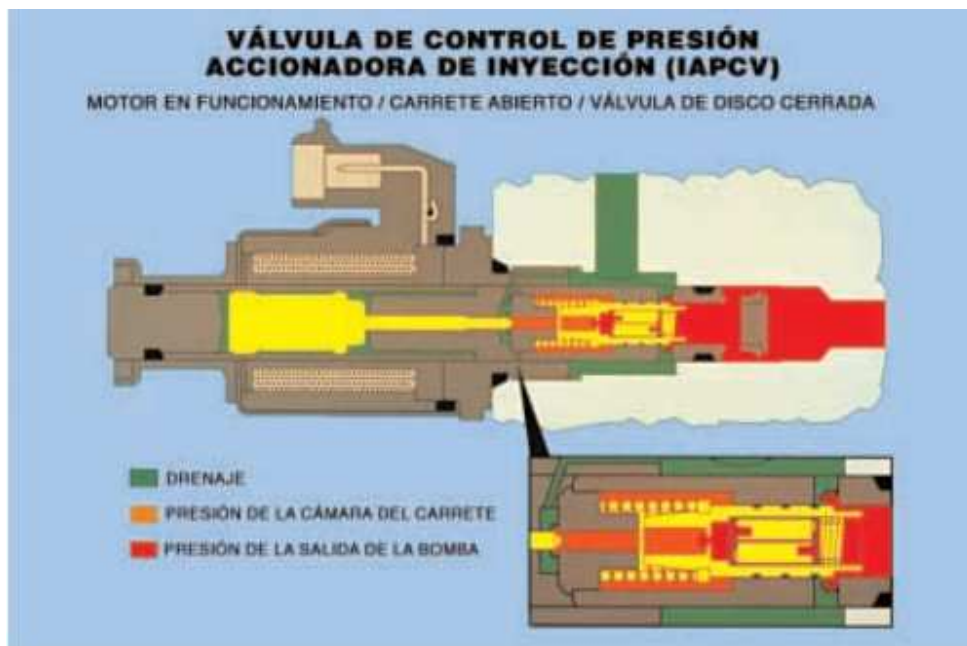


Fig. 5.1.32 IAPCV (motor en funcionamiento)

Una vez que el motor arranca, el ECM controla la corriente de la válvula de control de la bomba para mantener la presión de accionamiento deseada. El sensor de presión de accionamiento de inyección verifica la presión de accionamiento en el múltiple de aceite, y el ECM compara la presión actual con la presión deseada. Si estas presiones no son iguales, el ECM ajusta el nivel de corriente de la válvula de control de la bomba para efectos de compensación.

Flujo de aceite - Motor en funcionamiento

La presión de salida de la bomba entra al extremo de la válvula de control de la bomba. Una pequeña cantidad de aceite fluye a la cámara del carrete a través del filtro del extremo y controla el orificio del carrete. La fuerza del campo magnético producido por la señal eléctrica del ECM controla la presión en la cámara del resorte del carrete. El carrete responde a los cambios de presión en la cámara del carrete (lado izquierdo del carrete) y cambia las posiciones para mantener un balance de fuerzas en los lados derecho e izquierdo del carrete. La posición del carrete determina cuánto se abre el orificio de drenaje. El área abierta del orificio de drenaje afecta directamente cuánto aceite se purga de la salida de la bomba y la presión de riel. El proceso de respuesta a los cambios de presión en los lados del carrete sucede tan rápidamente que el carrete se mantiene en una posición parcialmente abierta y controla muy de cerca la presión de la salida de la bomba. La válvula de control de la bomba permite un control variable infinito de la presión de salida de la bomba entre 5.000 kPa (725 lb/pulg²) y 23.000 kPa (3.335 lb/pulg²).

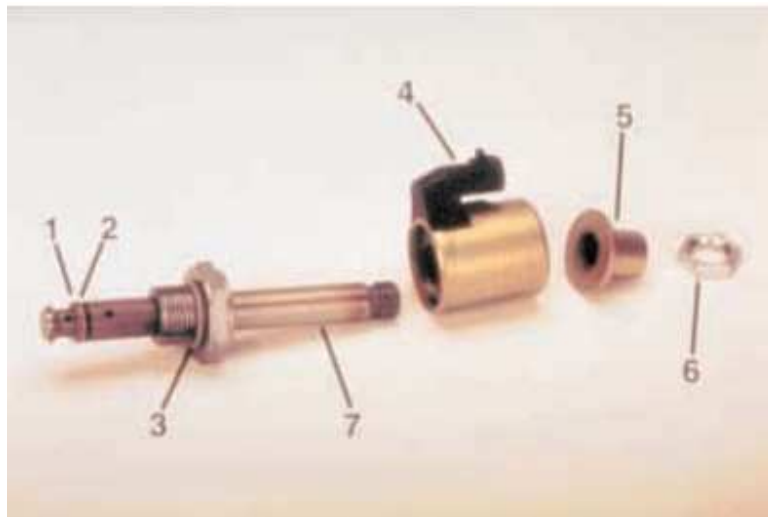


Fig. 5.1.33 IAPCV desarmada

La válvula de control de la bomba es crucial para la operación del sistema. Un juego de servicio 9X1484 incluye todos los componentes mostrados arriba, excepto el solenoide (4) y la válvula (7).

1. Sello anular de respaldo
2. Sello anular
3. Sello anular
4. Solenoide
5. Espaciador
6. Tuerca
7. Válvula



Fig. 5.1.34 Llave de pata

Llave de pata para quitar e instalar la válvula de control de la bomba

NOTA: El vástago de la válvula es hueco y, si se dobla, dañará su función. El procedimiento para quitar/instalar la válvula de control de la bomba es el siguiente:

1. Quite la tuerca retenedora estampada de la válvula de control de la bomba
2. Saque el espaciador
3. Saque el conjunto del solenoide
4. El par de instalación de la tuerca es de 5,5 N·m (4 lb-pie)



Fig. 5.1.35 Manguito del inyector HEUI

Se eliminó el manguito de bronce del inyector en el Motor 3126B. Ahora se usa un manguito reemplazable de acero inoxidable. Este manguito es similar a los de los inyectores de los Motores C10 y C12.



Fig. 5.1.36 Orificios del manguito del inyector

Con el nuevo manguito de acero inoxidable del inyector, el reemplazo es más fácil y rápido. El proceso completo para el reemplazo del manguito se describe en el Manual de Armado y Desarmado de los manguitos sin roscas. Algunos de los inyectores de otros motores se han construido con este tipo de manguito.

Un nuevo diseño de manguito se lanzó al mercado. Este manguito tiene roscas en la parte superior y es similar a los manguitos del inyector de los Motores C10 y C12.



Fig. 5.1.37 Corte del inyector del motor HEUI (3126B)

El inyector unitario (HI300), de nuevo diseño para el motor 3126B, elimina los tubos de conexión de puente para suministro de aceite. El aceite se suministra directamente a la porción media del inyector y tiene dos anillos de sello. El inyector unitario tiene un solenoide montado en la parte superior. El mazo de cables tiene conexiones comunes entre los inyectores 1 y 2, 3 y 4, y 5 y 6. El inyector también tiene un nuevo conector, para facilitar la remoción y la instalación del mazo de cables.



Fig. 5.1.38 Bomba de cebado y filtro de combustible (3126B)

Como el múltiple de admisión se movió al lado izquierdo del motor, el filtro del combustible se instaló en un sitio más alto. Con este cambio se tiene un acceso más fácil para el reemplazo del filtro.

También se añadió una bomba de cebado manual, estándar en la mayoría de los modelos.



Fig. 5.1.39 Ubicación de la bomba HEUI (3126B)

La bomba HEUI tiene un nuevo aspecto y el caudal de la bomba es un poco mayor. La válvula de control de la bomba se movió a la parte externa de la bomba para facilitar el acceso en el reemplazo de la válvula.

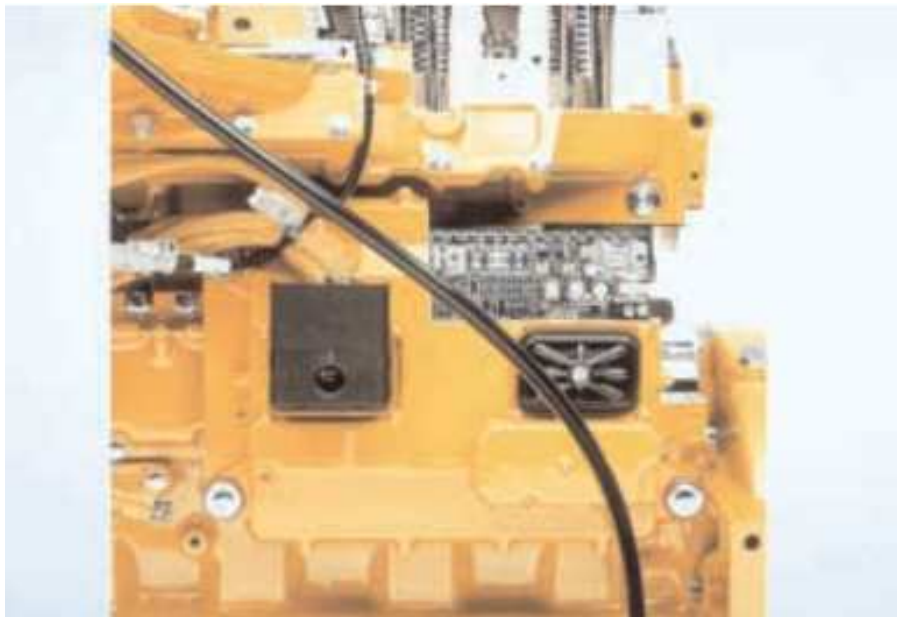


Fig. 5.1.40 ADEM 3 ECM (3126B)

El nuevo Módulo de Control Electrónico ADEM 3 (Administración Avanzada del Motor Diesel) está equipado con dos conectores Deutsch de 70 clavijas. Las terminales ECM del conector son de plata para una mejor conductividad. Este ECM también tiene un procesador más rápido, lo que le permite al cliente mayores características de control.

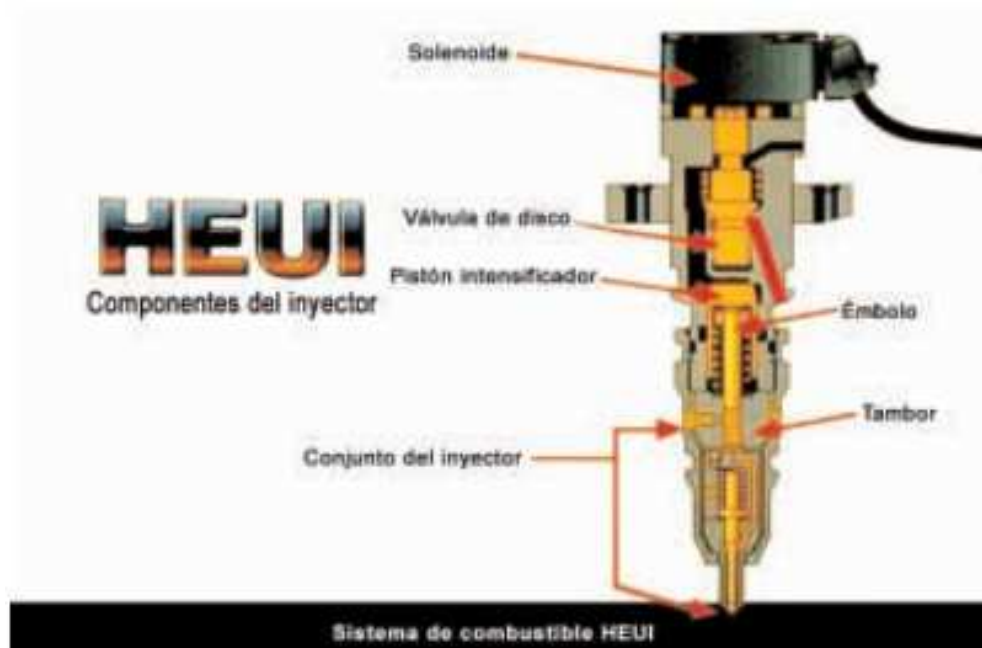


Fig. 5.1.41 Componentes del inyector HEUI HI300

El inyector HEUI tiene diferentes configuraciones. En el Motor 3126B se usa el inyector HEUI HI300. El código HI300 indica:

Inyector hidráulico (angulado) con 300 milímetros cúbicos de desplazamiento por carrera.

El inyector HEUI es de accionamiento hidráulico y emplea el aceite del motor a presión alta suministrado por una bomba de pistones axiales de caudal fijo. El flujo de salida de la bomba y la presión son controlados por una válvula de alivio de la bomba. El inyector HEUI tiene cinco componentes principales:

Solenoides

El solenoide es un electroimán. Cuando se activa, el solenoide produce un campo magnético muy fuerte. Este campo magnético atrae el inducido, el cual está conectado a la válvula de disco por un tornillo del inducido. Cuando el inducido se mueve hacia el solenoide, el inducido levanta la válvula de su asiento inferior. Al activar el solenoide y levantar la válvula de disco de su asiento inferior, se inicia el proceso de inyección de combustible.

Válvula de disco

La válvula de disco tiene dos posiciones: abierta y cerrada. En la posición cerrada, la válvula de disco se mantiene en la parte inferior del asiento de la válvula por medio de

un resorte. El asiento inferior de la válvula de disco cerrada evita que entre aceite de accionamiento de presión alta al inyector unitario. El asiento de la contraválvula inferior abierta drena a la atmósfera el aceite en la cavidad que está por encima del pistón identificador. El aceite drena a la atmósfera a través de la porción superior del inyector unitario. En la posición abierta, el solenoide se activa y la válvula de disco se levanta de su asiento inferior. Cuando la válvula de disco se levanta de su asiento inferior, el asiento de la válvula de disco inferior se abre, para hacer que el aceite de accionamiento de presión alta entre al inyector unitario. Cuando el aceite de accionamiento de presión alta entra al inyector unitario, empuja la parte superior del pistón intensificador. El asiento superior de la válvula de disco bloquea el paso al drenaje y evita fugas del aceite de accionamiento de presión alta del inyector unitario.

Pistón intensificador

El área de superficie del pistón intensificador es seis veces más grande que la del émbolo. Esta área superficial mayor provee una multiplicación de fuerza. Esta multiplicación de fuerza hace que 24 MPa (3.500 lb/pulg²) de aceite de accionamiento produzcan 162 MPa (23.500 lb/pulg²) de presión de inyección de combustible. Cuando la válvula de disco se separa del asiento inferior, el aceite de accionamiento de presión alta entra al inyector unitario y empuja la parte inferior del pistón intensificador. La presión aumenta en la parte superior del pistón intensificador y empuja hacia abajo el pistón intensificador y el émbolo. El movimiento hacia abajo del émbolo presuriza el combustible en la cavidad del émbolo. El combustible presurizado de la cavidad del émbolo hace que el conjunto del inyector se abra. Cuando se abre el conjunto del inyector, se inicia el suministro de combustible a la cámara de combustión. Un sello anular grande alrededor del pistón intensificador separa el aceite por encima del pistón intensificador del combustible que está por debajo del pistón intensificador.

Tambor

El tambor es el cilindro que sostiene el émbolo. El émbolo se mueve dentro del tambor. El émbolo y el tambor juntos actúan como una bomba. Tanto el émbolo como el tambor son componentes de precisión que tienen un espacio libre de trabajo de sólo 0,0025 mm (0,00010 pulg). Estos espacios libres tan pequeños se requieren con el fin de producir presiones de inyección de hasta 162 MPa (23.500 lb/pulg²) sin escape excesivo.

NOTA: Se requiere una pequeña cantidad de escape con el fin de lubricar el émbolo y evitar su desgaste.

El tambor contiene también el orificio de derrame de CEBADO. El orificio de derrame de CEBADO es un orificio pequeño con una tolerancia de precisión alta. El orificio de derrame de CEBADO está rectificado a través del lado del tambor en la cavidad del émbolo. Este orificio momentáneamente ventila la presión de inyección de combustible durante la carrera hacia abajo del émbolo.

Conjunto del inyector

El conjunto del inyector es similar a todos los otros conjuntos de inyector unitarios. El combustible que ha alcanzado la presión VOP fluye de la cavidad del émbolo a través de un conducto a la punta del inyector. La presión de combustible sobrepasa la fuerza del resorte que mantiene la válvula de retención en la posición cerrada. A medida que la válvula de retención se levanta de su asiento, el combustible se pulveriza a la cámara de combustión a través de los orificios de la punta del inyector.



Fig. 5.1.42 Etapas de inyección del HEUI HI300

Hay cinco etapas de inyección en el inyector HEUI:

- Preinyección
- Inyección piloto
- Demora
- Inyección principal
- Terminación de la inyección



Fig. 5.1.43 Inyector HEUI HI300 (Preinyección)

Durante la preinyección, todos los componentes internos retornan a su posición de carga por resorte (no accionados). El solenoide no está activado y el asiento inferior de la válvula de disco está cerrado. Cuando el asiento inferior de la válvula de disco está cerrado, bloquea el aceite de accionamiento de presión alta y evita que vaya al inyector unitario. El émbolo y el pistón intensificador están en la parte superior de sus orificios y la cavidad del émbolo está llena de combustible. La presión de combustible en la cavidad del émbolo es igual a la presión de transferencia de combustible. La presión de transferencia de combustible es de aproximadamente 450 kPa (65 lb/pulg²).



Fig. 5.1.44 Inyector HEUI HI300 (CEBADO)

El sistema de combustible del Motor diesel 3126B tiene una característica única llamada CEBADO. La dosificación de inicio de inyección (CEBADO) es una característica que ofrece una ventaja significativa en el control de emisiones del motor. También, la característica de CEBADO ofrece una ventaja significativa en la reducción del ruido de combustión. Mientras otros sistemas de combustible entregan una única cantidad grande de combustible a la cámara de combustión, los inyectores de CEBADO dividen la entrega en dos cantidades separadas. La primera cantidad es una inyección piloto pequeña, seguida por una demora corta. Luego, el inyector entrega una cantidad de inyección principal más grande. La inyección piloto tiene el objetivo de establecer un “frente de llama” y ayudar a que la inyección principal más grande se queme completamente y de modo más controlado.



Fig. 5.1.45 Inyector HEUI HI300 (Demora)

La característica de CEBADO produce una inyección piloto pequeña seguida por una demora corta. La demora le da a la inyección piloto el tiempo que necesita para comenzar a quemarse. La inyección principal sigue a la inyección piloto y se entrega dentro del frente de llama establecido por la inyección piloto. El combustible de la inyección principal se enciende inmediatamente y se quema en forma más suave y completa. Esta combustión completa reduce significativamente la emisión de partículas (hollín) y óxidos de nitrógeno (NOx) y reduce el ruido de la combustión del motor en 50%.

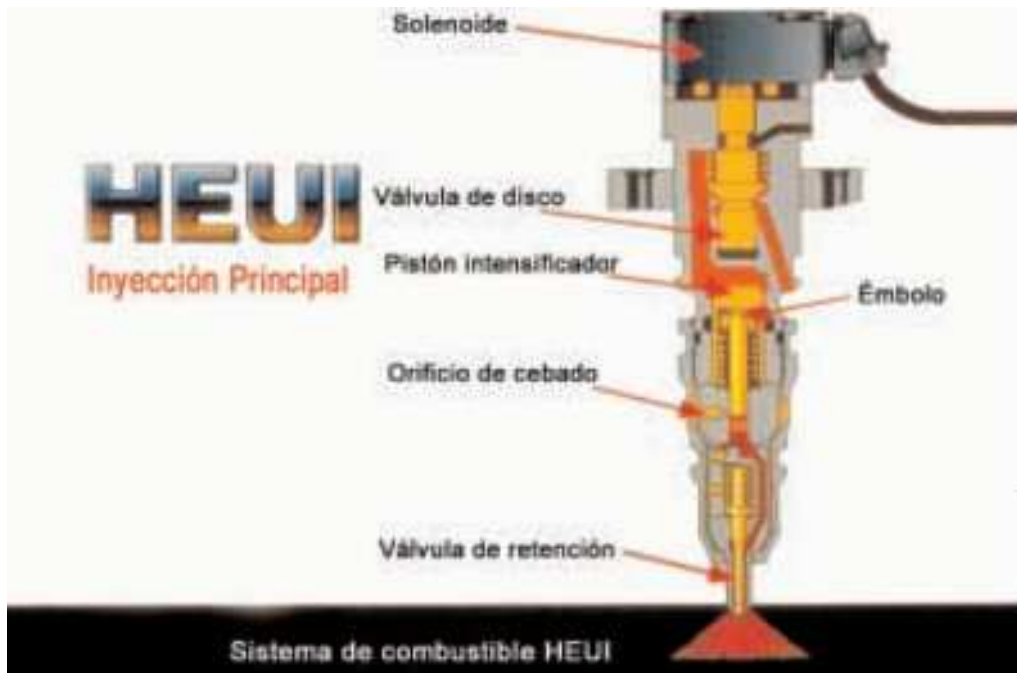


Fig. 5.1.46 Inyector HEUI HI300 (Inyección principal)

Mientras el solenoide esté activo, la válvula de disco permanece abierta. Mientras esté abierta la válvula de disco, el aceite de presión alta fluye al área encima del pistón intensificador. El flujo del aceite de presión alta empuja hacia abajo el pistón intensificador y el émbolo. La presión del pistón fluctúa entre 34.000 kPa (5.000 lb/pulg²) y 162.000 kPa (23.500 lb/pulg²). La presión de inyección depende de los requerimientos del motor. La inyección continúa hasta que el solenoide se desactive o el pistón intensificador toque el fondo del orificio. Cuando se desactiva el solenoide, el resorte de la válvula de disco cierra la válvula de disco. Cuando la válvula de disco se cierra, se corta el suministro de aceite de presión alta.



Fig. 5.1.47 Inyector HEUI HI300 (terminación de la inyección)

La terminación del ciclo de inyección comienza cuando el ECM ya no envía corriente al solenoide del inyector unitario. El campo magnético del solenoide se rompe y no puede sobrepasar la fuerza del resorte de la válvula de disco. La válvula de disco retorna al asiento inferior y cierra la válvula de disco e impide que entre más aceite de presión alta al inyector unitario. A medida que el asiento inferior de la válvula de disco se cierra, el asiento superior de la válvula de disco se abre al drenaje, y disminuye la presión accionadora del aceite de presión accionadora.

La presión de inyección de combustible en la parte inferior del émbolo y del resorte de retorno del émbolo ejercen una fuerza hacia arriba del émbolo y del pistón intensificador. A medida que disminuye la presión del aceite de accionamiento por encima del pistón intensificador, disminuye también la fuerza hacia abajo del pistón intensificador. La fuerza hacia arriba de la presión de inyección de combustible de la parte inferior del émbolo, sumada a la fuerza de resorte del émbolo, repentinamente es mayor que la fuerza hacia abajo del pistón intensificador, y se detiene el movimiento hacia abajo del pistón intensificador y del émbolo.

El aceite de escape de la parte superior del pistón intensificador puede fluir al drenaje a través del asiento inferior abierto de la válvula de disco. Entonces, el aceite fluye a través de un orificio de ventilación en el compartimiento del balancín bajo la cubierta de la válvula.

Cuando se detiene el movimiento hacia abajo del émbolo, el flujo de combustible también lo hace. Mientras la bola de retención esté aún abierta, la presión de combustible remanente empuja una pequeña cantidad de combustible fuera de los

orificios. Esto produce una caída de presión alta la cual baja la presión de inyección por debajo de la presión de cierre de la válvula (VCP). La tensión del resorte en la bola de retención ahora regresa la bola de retención a su asiento en la punta del inyector, y se detiene la inyección.

Cuando se cierra la bola de retención, se detiene la inyección. Cuando la inyección se detiene, se inicia el ciclo de llenado. El área por encima de la cavidad del pistón intensificador se abre a la presión atmosférica a través del asiento superior de la válvula de disco. La presión cae muy rápidamente hasta cerca de cero en la cavidad por encima del pistón intensificador. El resorte de retorno del émbolo empuja hacia arriba el pistón intensificador. A medida que el émbolo y el pistón intensificador se mueven hacia arriba, el aceite es obligado a ir alrededor del asiento superior de la válvula de disco y el aceite es forzado a salir por un orificio de ventilación.

A medida que el émbolo sube, la presión en la cavidad del émbolo también cae a cerca de cero. La presión de suministro de combustible es 450 KPa (65 lb/pulg²). La presión del suministro del combustible saca de su asiento la bola de retención de llenado del émbolo para llenar de combustible la cavidad del émbolo. Cuando el pistón intensificador llega a la parte superior del orificio, el ciclo de llenado termina. Cuando el ciclo de llenado termina, la cavidad del émbolo está llena y la bola de retención de llenado de entrada vuelve a su asiento. La presión por encima del pistón intensificador y de la cámara de la válvula de disco es cero. El ciclo de inyección de combustible está completo y el inyector unitario está listo para comenzar un nuevo ciclo. El inyector unitario ahora está de nuevo en la etapa de preinyección del ciclo.

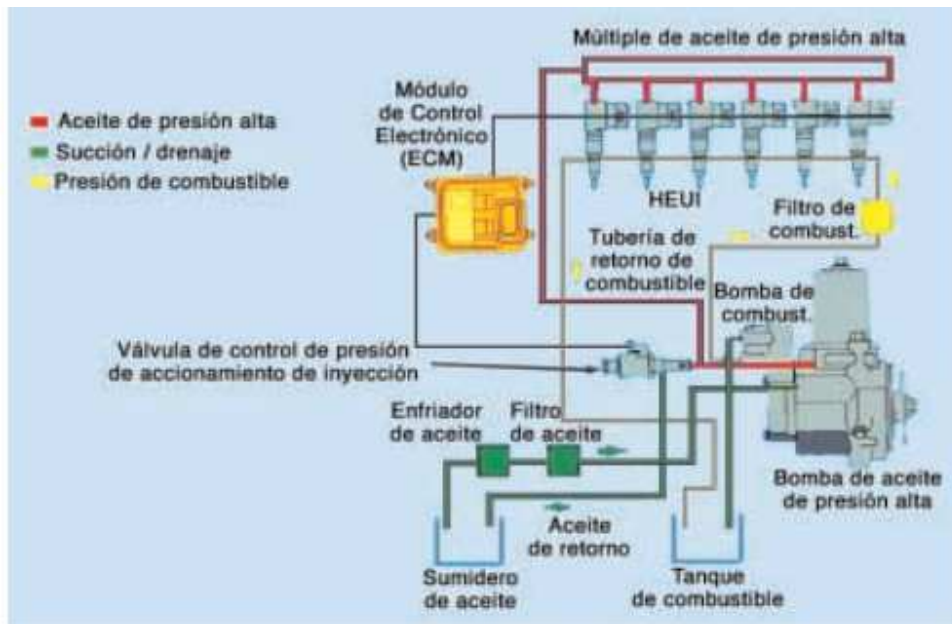


Fig. 5.1.48 Diagrama del sistema HEUI

Revisemos brevemente el sistema HEUI completo

El aceite del motor es tomado por la bomba de aceite de motor y fluye, a través del filtro de aceite y del enfriador del aceite, a la bomba de suministro de presión alta.

La bomba de suministro presuriza el aceite entre 5.000 kPa y 23.000 kPa (725 lb/pulg² y 3.335 pulg²). Esta presión baja es mayor en los motores más recientes. La presión de salida de la bomba depende de la válvula de control de la bomba, la cual descarga el aceite de exceso al drenaje. La presión que mantiene la válvula de control de la bomba depende de la corriente eléctrica variable suministrada por el ECM.

El aceite de presión alta pasa a un múltiple de aceite común y a los tubos de conexión de puente de cada inyector en los Motores 3116 y 3126. El Motor 3126B tiene el múltiple integrado a la culata y no tiene tubos de conexión puente.

Para que un inyector suministre el combustible, el ECM envía una señal al solenoide del inyector, lo activa y produce un campo magnético. El campo magnético atrae un inducido de inyección y hace que la válvula de disco del inyector se levante de su asiento. El aceite de presión alta del múltiple de aceite entonces entra al inyector y ocurre la inyección.

La inyección se detiene cuando el ECM ya no envía corriente al solenoide. El campo magnético se disipa rápidamente y los resortes de la válvula de disco hacen que la válvula de disco se cierre. El asiento inferior de la válvula de disco no permite que entre más aceite de presión alta al inyector y se abre el asiento superior al drenaje.

La fuerza hacia abajo del pistón intensificador se elimina y la presión de inyección bajo el émbolo detiene el movimiento hacia abajo del émbolo.

La presión del inyector trata de devolverse a la cavidad del émbolo. La plancha de retención de flujo inverso (RFC) se cierra y evita este flujo inverso.

La presión disminuye en el inyector y rápidamente alcanza la VCP. La bola de retención del inyector se cierra y se completa la inyección.

Con el asiento inferior de la válvula de disco abierto, el resorte del émbolo empuja el émbolo y el pistón intensificador a la parte superior del orificio del pistón. A medida que el émbolo se mueve hacia arriba, la bola de retención de llenado de entrada se sale de su asiento y hace que la cavidad del émbolo se vuelva a llenar. La plancha RFC permanece cerrada, lo cual evita que el combustible drene del inyector.

UNIDAD VI: Sistema de Combustible MEUI**Introducción**

En esta unidad se usará una presentación en CD-ROM que muestra el sistema de inyección unitario de control electrónico y accionamiento mecánico (EUI). El CD-ROM presenta el sistema EUI usado en los Motores 3176, 3196, C10, C12 y 3406E Caterpillar.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes del sistema de combustible EUI y explicar la operación del sistema.

Material de referencia

- CD-ROM del sistema de combustible EUI RENR1391

Herramientas

- Ninguna

Lección 1: Sistema de Combustible MEUI**Introducción**

En esta lección veremos el sistema de combustible EUI usado en los Motores 3176, 3196, C10, C12 y 3406E Caterpillar. La información trata acerca de los motores MEUI, los sistemas de combustible MEUI, el control electrónico y los diagnósticos correspondientes.

Objetivos

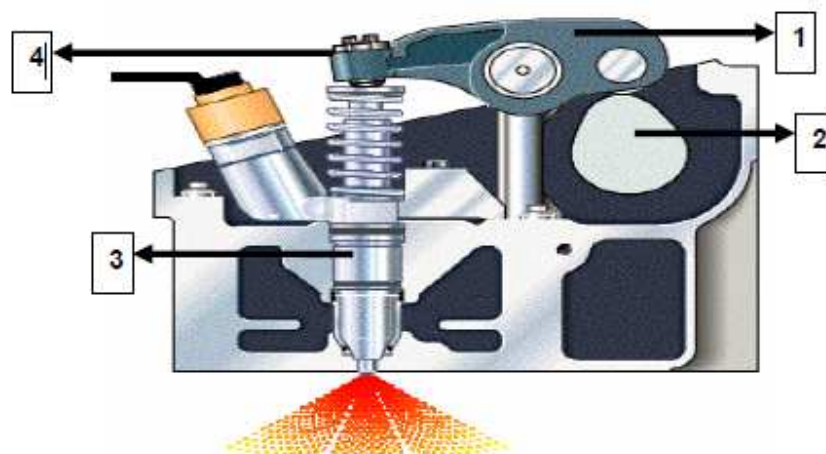
Al terminar esta lección, el estudiante podrá explicar la operación del sistema MEUI, la identificación y la operación de los componentes y los diagnósticos del sistema.

Referencias

CD-ROM del sistema de combustible EUI RENR1391

Herramientas

Ninguna

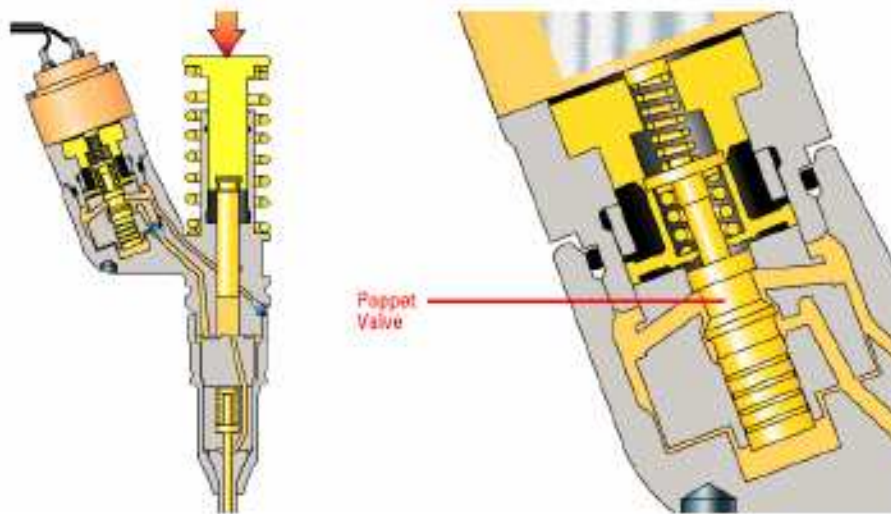


Inyector de Combustible

1. Balancín con Rodillos
2. Lóbulo de Levas
3. Inyector de Combustible
4. Tornillo de Ajuste

El mecanismo de los inyectores de combustible proporciona la fuerza descendente necesaria para someter a presión el combustible en la unidad inyectora. Este mecanismo permite inyectar el combustible en la cámara de combustión. La fuerza se transmite desde el lóbulo del árbol de levas (2) al inyector de combustible. La fuerza se transmite a través del balancín con rodillos (1) directamente al inyector (3). El tornillo de ajuste (4) permite ajustar la altura de los inyectores.

El inyector MEUI es accionado mecánicamente por el mecanismo de leva indicado anteriormente y es controlado electrónicamente por el comando de la ECM, la señal eléctrica del ECM de 110 VDC es encargada de actuar sobre una válvula que permitirá entonces el ingreso de combustible a alta presión a la cámara de combustión.



Etapas de la Inyección

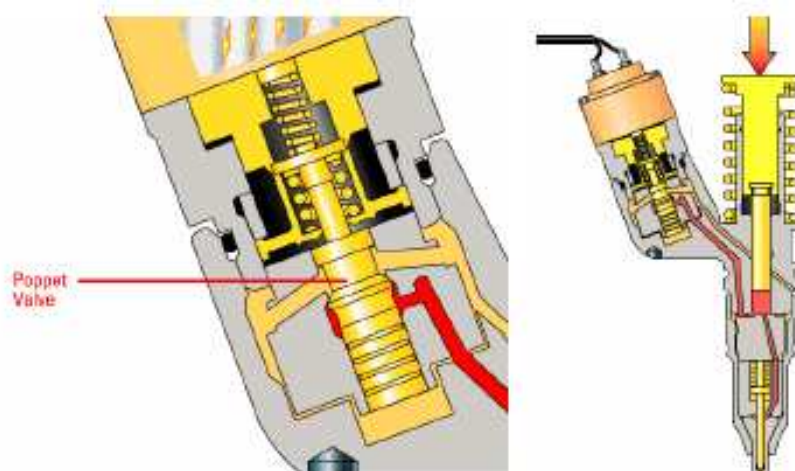
El inyector EUI divide su operatoria en 4 etapas: Pre-inyección, inyección, fin de inyección y llenado. Definiremos cada una de las cuatro etapas.

Pre inyección

Cuando la carrera del émbolo esté en la parte superior, el combustible circula por los conductos de combustible de baja presión pasando al cuerpo. A continuación, el combustible pasa al conducto central el émbolo y a la cámara de bombeo ubicada debajo del émbolo.

Antes que comience la inyección el embolo comienza a bajar por acción del eje de leva. La disminución de volumen de la cámara de bombeo el combustible se mueve hacia la galería de combustible.

El inicio de la inyección de combustible se determina cuando el módulo de control electrónico (ECM) abra o cierre la válvula de cartucho. El módulo de control electrónico (ECM) determina la cantidad de combustible que se inyecta cuando se abra o se cierre la válvula de cartucho.

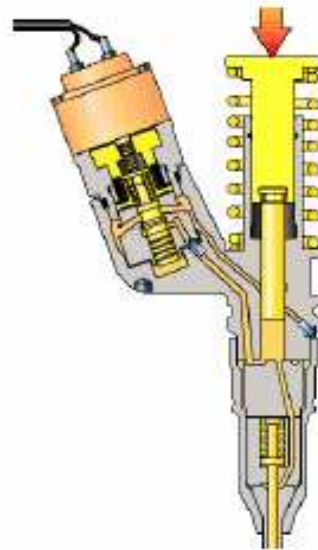
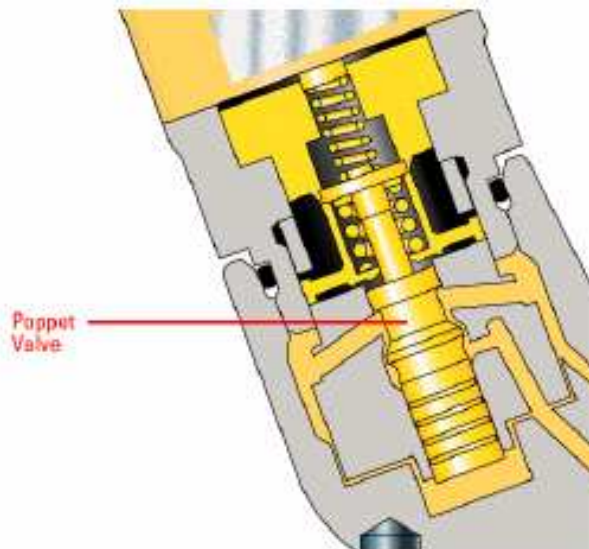


Inyección

Cuando el émbolo va bajando, el combustible circula por los conductos de combustible de alta presión. El combustible fluye a través de la válvula poppet abierta y pasa a los conductos de combustible de baja presión. Cuando la válvula poppet está cerrada o activada, se bloquea el paso de combustible por la válvula poppet, ésta obstrucción causa una subida en la presión de combustible y empieza la inyección. La inyección continúa hasta que la válvula de cartucho se desactive o se abra.

Durante la carrera de inyección de combustible, el combustible pasa desde la cámara de bombeo hacia la tobera. La tobera tiene una válvula de aguja accionada por resorte. El combustible circula por el conducto de combustible alrededor de la válvula de aguja actuando sobre un cono diferencial generando una presión de 5000 (Psi).

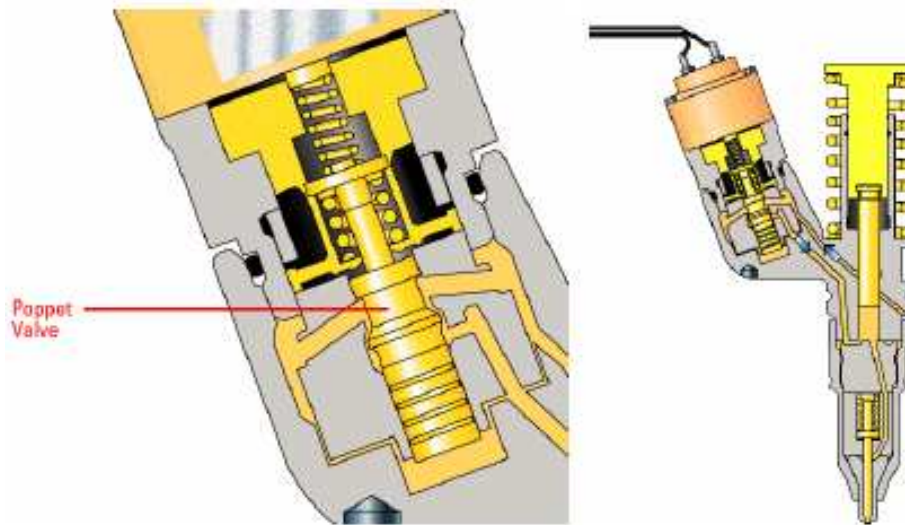
La presión de combustible levanta la válvula de aguja del asiento venciendo su resorte antagonista. El combustible puede circular ahora por los orificios de la punta de la tobera pasando a la cámara de combustión.



Fin de Inyección

Cuando el ECM decide des-energizar el solenoide del inyector, la válvula poppet se abre por acción de su resorte, lo que permite que el combustible que se encuentra en la tobera a presiones de hasta 28000 (Psi) pueda circular a través de la válvula poppet hacia la galería de baja presión.

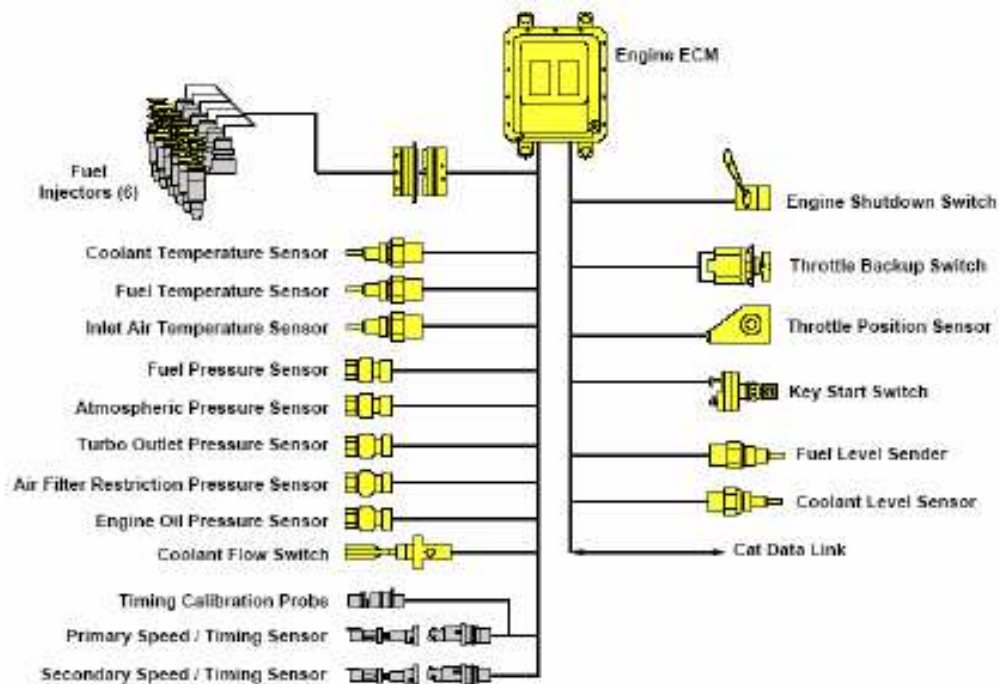
Esto genera una brusca caída de presión (<3500Psi) en la zona de la tobera que permite que la inyección finalice.



Llenado

El resorte del inyector de combustible genera la fuerza suficiente para permitir que el tappet siga en contacto con el balancín mientras la leva que va girando hacia su radio base.

El esfuerzo que genera el resorte hace subir el émbolo a la posición inicial generando entonces una baja presión en la cámara de bombeo producto del aumento de volumen. Como el solenoide está des-energizado el combustible puede ingresar desde la galería de baja presión a la cámara de bombeo, que como aumenta su volumen disminuye su presión, esto permite que ingrese combustible al inyector para el ciclo siguiente.



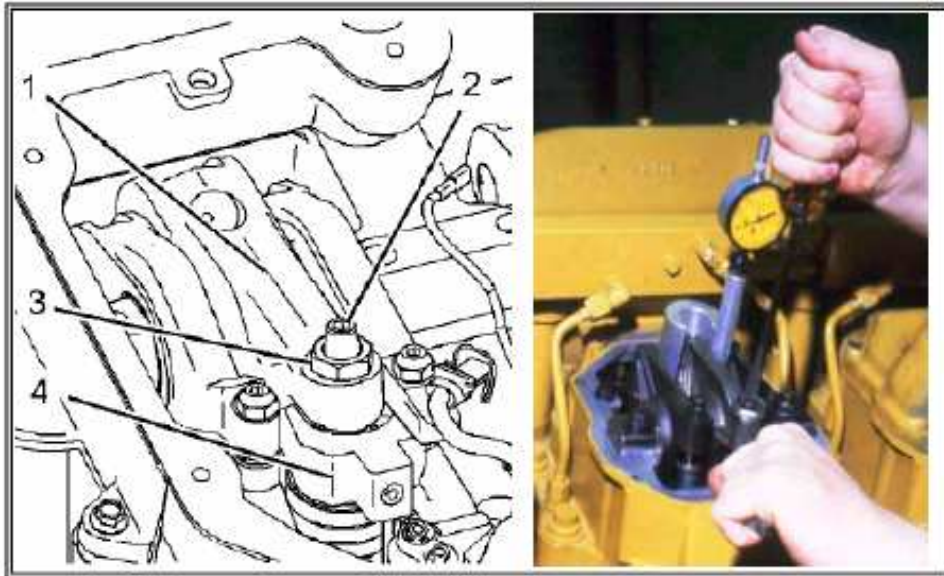
Módulo de Control Electrónico

Arriba se muestra el diagrama de componentes del sistema electrónico de control de los motores 3500B.

El ECM del Motor se denomina ADEM II (Advanced Diesel Engine Management). El ECM se encarga de la sincronización, gobernar la inyección y limitar la cantidad de combustible. Muchas señales electrónicas son enviadas al ECM del motor por sensores, interruptores (switchs) y Sender. El ECM del motor analiza estas señales y determina cuándo y por cuánto tiempo se van a energizar los solenoides de los inyectores. El ECM suministra una señal de 105V DC.

El inicio de la inyección y por lo tanto la sincronización está determinada por el inicio de la señal a los solenoides. La duración de la señal proveniente del ECM (y también las RPM) determina la cantidad de combustible suministrado por carrera. La información sobre la velocidad de giro del motor y la cantidad de combustible (que se refiere a la carga) es recibida por el control de sincronización en el ADEM II. Esta información determina el inicio de la inyección.

La información sobre la velocidad de giro del motor, la posición del pedal de aceleración y la presión de refuerzo es recibida por la porción del gobernador electrónico del ADEM II que envía la señal de cantidad de combustible deseado al control de inyección de combustible que controla la cantidad de combustible inyectado.

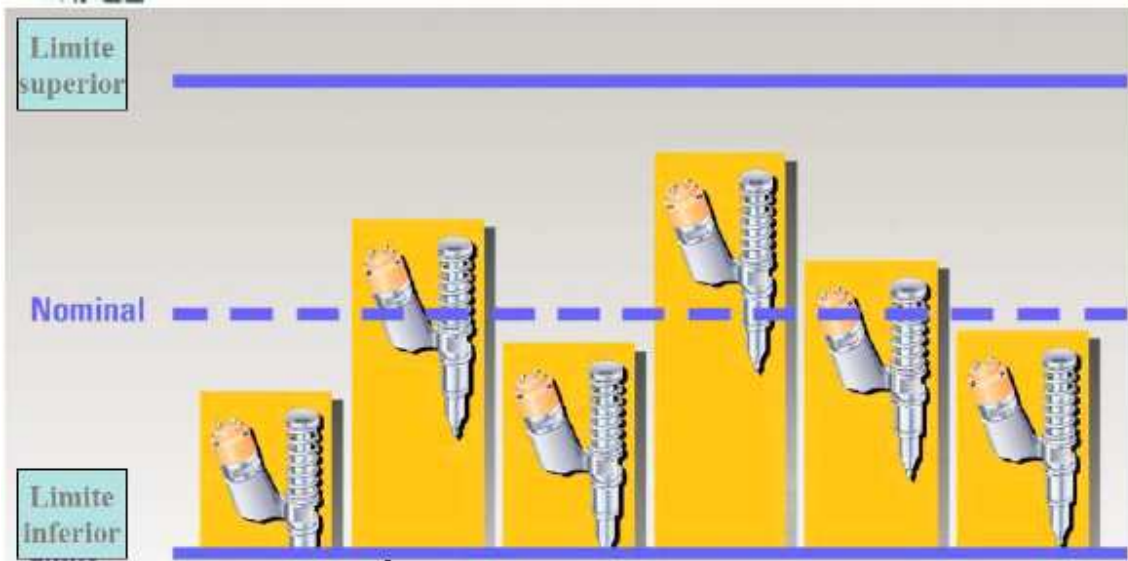


Ajustes, calibraciones y pruebas (Ajuste de la altura del inyector)

El inyector requiere de ajuste mecánico que se debe realizar según la pauta de mantenimiento del motor o cada vez que se cambie una unidad, para esto se debe utilizar una herramienta especial y se debe seguir un procedimiento específico.

La herramienta especial en cualquiera de sus formas tiene como objetivo controlar la precarga del inyector por medio de la altura desde la base del inyector a la parte superior (tappet) Esta regulación sincroniza mecánicamente los inyectores para que se armonice el funcionamiento entre cilindros al asegurar que todos los inyectores estén en la misma condición mecánica al comenzar la inyección.

En la medida que los sistemas de control (ADEM) han mejorado sus velocidades de procesamiento y la flexibilidad de los inyectores de lograr multi-eventos de inyección han hecho menos estricta esta regulación.



Calibración del Inyector

Por otra parte los inyectores tienen un código E-TRIM que viene asignado de fábrica y que indica la calidad de la dosificación de cada inyector fabricado. Cuando se instala un inyector nuevo se le debe indicar al ECM que código tiene ese nuevo inyector para que el ECM ajuste los tiempos de inyección a modo de equilibrar térmicamente el motor.

En los motores 3500, 3406E y otros el código de calibración es un número de cuatro dígitos que viene impreso en el solenoide o en el tappet y que solo requiere ser digitado en el ET. En los motores actuales de la serie C ya no es un código sino más bien hoy es un archivo TRIM que se compone de 6 o 12 dígitos alfanuméricos impresos en el inyector. Estos códigos ya no se digitan.

Estos archivos TRIM se deben buscar dentro del CD que viene en el embalaje de un inyector nuevo. Cada disco contiene 400 archivos TRIM, para facilitar la búsqueda ejecuten la opción buscar en el PC e ingresen el número impreso en el inyector. Se recomienda asegurarse de contar con todos los archivos TRIM antes de salir a terreno, en caso de no encontrarlo en los discos de las cajas de los Inyectores se pueden descargar desde el SIS en el menú de Descargas de software, teniendo el código impreso en el inyector.

UNIDAD 7: Sistemas de Combustible Nippondenso y Zexel de los Motores 3054/3056**Introducción**

En esta unidad veremos los sistemas de combustible Nippondenso y Zexel de los Motores 3054 y 3056.

Objetivos

Al terminar esta unidad, el estudiante podrá identificar los componentes de varios sistemas de combustible y explicar las operaciones y las diferencias de los sistemas.

Material de referencia

- Sistema de combustible Stanadyne DB2 SSNR6574
- Sistema de combustible Stanadyne DB4 SSNR6575

Herramientas

- Ninguna

Lección 1: Sistemas de Combustible de los Motores 3054 y 3056

Introducción

Esta lección presenta los sistemas de combustible Stanadyne DB2 y DB4 usados en los motores 3054 y 3056.

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes del sistema y explicar su operación.

Material de referencia

- Sistema de combustible Stanadyne DB2 SSNR6574
- Sistema de combustible Stanadyne DB4 SSNR6575

Herramientas

- Ninguna

Sistemas de Combustible de los Motores 3054 y 3056 y Bombas de Combustible Stanadyne DB2 y DB4

Fig. 7.1.1 Sistemas de combustible de los Motores 3054 y 3056

En esta parte del curso, se estudiarán los sistemas de combustible de los Motores 3054 y 3056 Caterpillar. El programa cubre la teoría de operación de las bombas de combustible Stanadyne DB2 y DB4, de los inyectores de combustible, de la bomba de levantamiento de combustible y de los filtros de combustibles usados en estos motores.

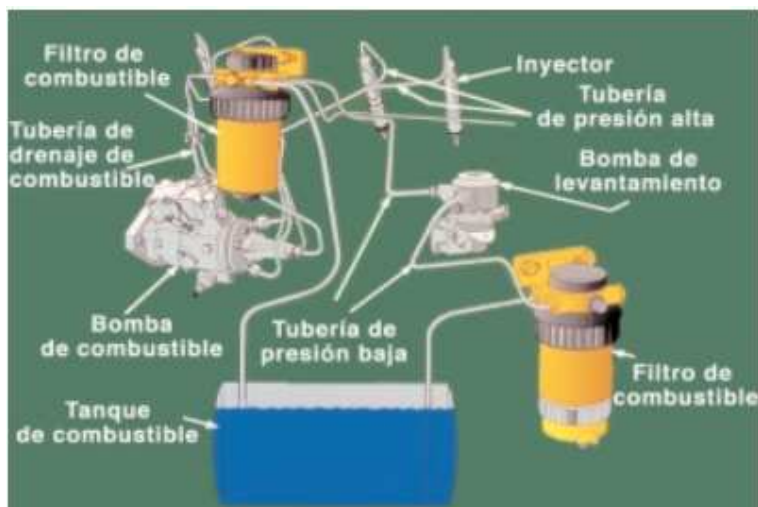


Fig. 7.1.2 Componentes del sistema de combustible

El sistema de combustible del motor consta de:

- Tanque de combustible
- bomba de levantamiento
- Tubería de suministro de presión baja
- Filtro de combustible/separador de agua
- Bomba de combustible

- Tubería de combustible de presión alta
- Inyectores de combustible
- Tubería de drenaje de combustible

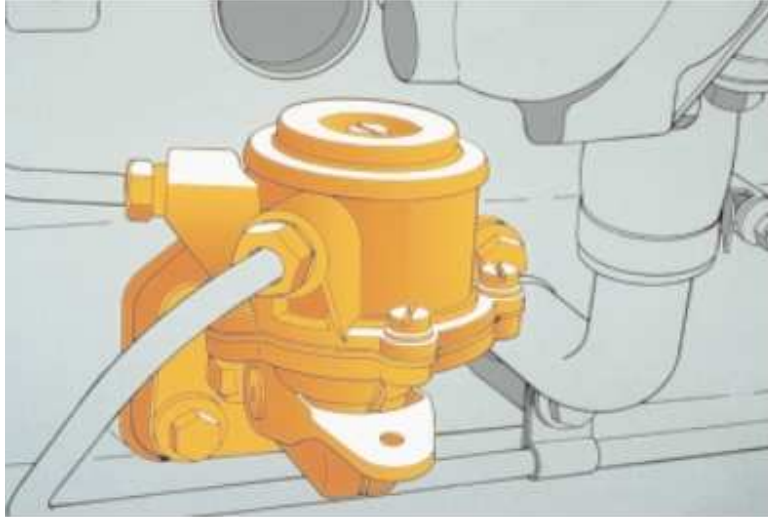


Fig. 7.1.3 Bomba de levantamiento/cebado de combustible

Veamos, a continuación, los componentes del sistema de combustible en la secuencia de flujo de combustible. La bomba de levantamiento/cebado de combustible se encuentra al lado derecho del motor. Ésta es una bomba de diafragma operada por un lóbulo del árbol de levas del motor.

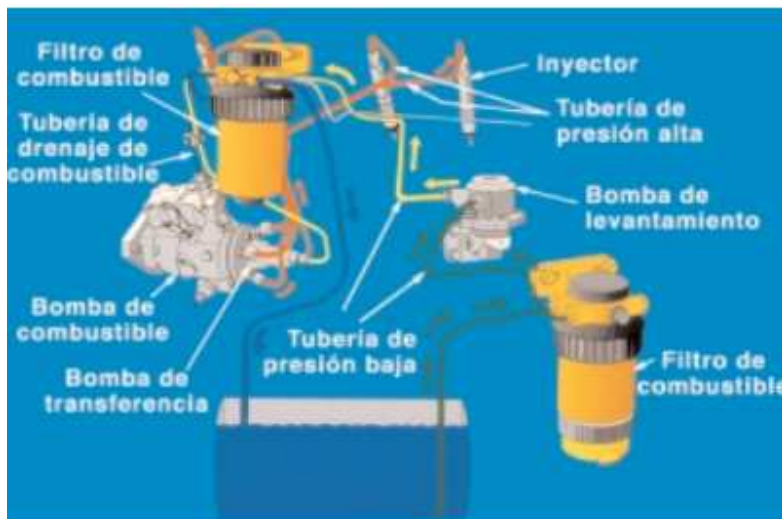


Fig. 7.1.4 Flujo de combustible

La bomba de levantamiento/cebado de combustible envía el combustible a través del filtro primario/separador de agua del tanque de combustible (mostrado en verde) y suministra un flujo de presión baja [21 kPa a 34 kPa (3 lb/pulg² a 5 lb/pulg²)] al filtro de combustible (mostrado en amarillo). Del filtro de combustible, el flujo de combustible se envía a la bomba de transferencia en la caja de la bomba de inyección de combustible. La bomba de transferencia de combustible de paletas aumenta la presión de combustible suministrada a la bomba de combustible por medio de la bomba de levantamiento/cebado. La bomba de combustible suministra combustible dosificado y sincronizado a los inyectores de combustible individuales (mostrados en rojo). Una porción de combustible y de aire del sistema de combustible retorna al tanque de suministro (mostrado en azul).

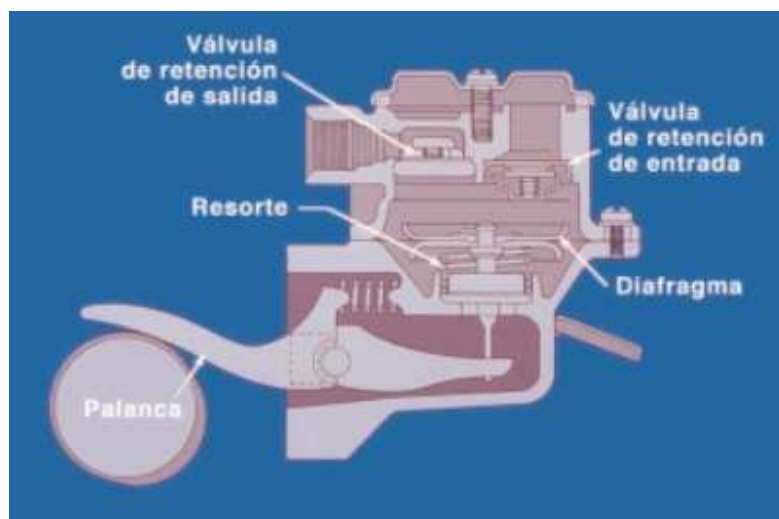


Fig. 7.1.5 Componentes de la bomba de levantamiento/cebado de combustible

La bomba de levantamiento/cebado de combustible contiene los siguientes componentes internos:

- Válvulas de retención de entrada y de salida
- Palanca de operación de accionamiento de leva con resorte de retorno
- Diafragma y resorte de bombeo

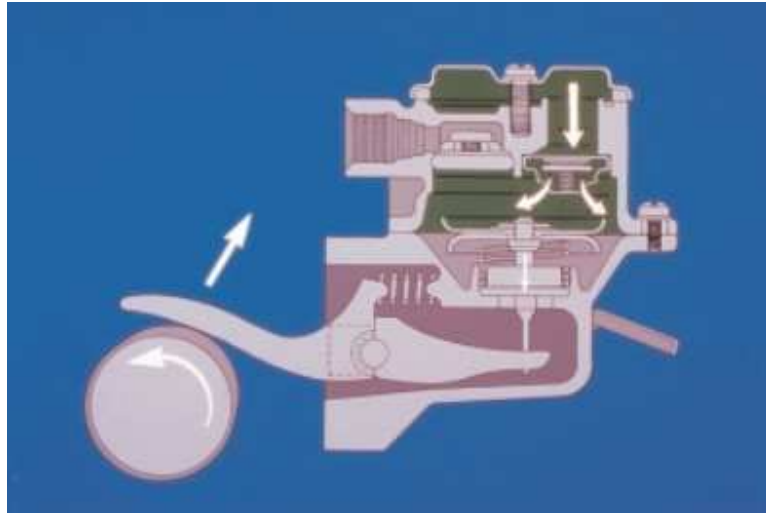


Fig. 7.1.6 bomba de levamiento/cebado (palanca de la bomba levantada)

A medida que el árbol de levas gira, el lóbulo de la leva levantará la palanca de la bomba, comprimiendo el resorte de retorno de la palanca y tirando del diafragma hacia abajo contra el resorte de bombeo. Esto produce un área de presión baja en la cámara inferior, que hace que el combustible fluya a través de la válvula de retención de entrada, y llena la cámara.

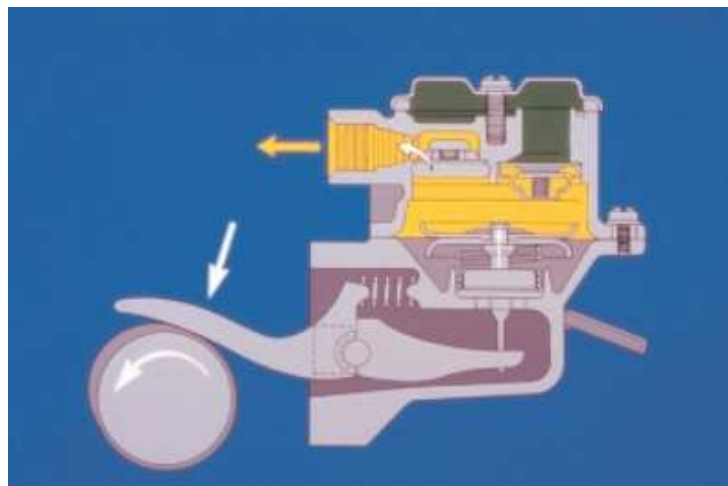


Fig. 7.1.7 bomba de levamiento/cebado (palanca de la bomba de bajada)

A medida que el árbol de levas continúa girando, el lóbulo de la leva llega al círculo base. El resorte de retorno de la palanca ejerce presión y la palanca de la bomba retorna a su posición normal. El resorte de bombeo entonces aplica presión al diafragma y al combustible atrapado en la cámara superior. Esta presión hace que el

combustible fluya pasando la válvula de retención de salida a la tubería de combustible de presión baja.



Fig. 7.1.8 Palanca manual y colador de la bomba de levantamiento/cebado

La bomba de levantamiento/cebado tiene una palanca de operación manual, que puede usarse como bomba de cebado después del mantenimiento del sistema de combustible para purgar el aire del sistema antes de intentar cualquier arranque. Si la palanca de bombeo está en el lóbulo de la leva, en lugar del círculo base, esta palanca no causará acción de bombeo. La bomba también contiene un colador de combustible, que debe quitarse y limpiarse de acuerdo con el programa de mantenimiento del sistema.

**El filtro de combustible
elimina los contaminantes
del combustible**

Fig. 7.1.9 El filtro de combustible elimina los contaminantes

El filtro de combustible es una parte esencial del sistema de combustible. Elimina los contaminantes del combustible que dañarían los componentes internos de la bomba y taponarían los inyectores. Los Motores 3054 y 3056 tienen dos filtros.

El primero es un filtro primario y separador de agua que se encuentra en el lado derecho del motor. En algunos modelos la porción de separación de agua tiene una válvula de drenaje.

Todos los modelos tienen filtros secundarios similares a los que se encuentran en el lado derecho del motor.

Los dos filtros tienen una conexión tipo bayoneta con anillo retenedor. Los filtros tienen cubiertas que pueden quitarse en la caja del filtro. Los tapones blancos de plástico bajo la caja pueden quitarse antes de retirar el filtro para que los fluidos no se desperdicien durante un cambio de filtro.



Fig. 7.1.10 Bombas de combustible DB2 y DB4

El suministro de combustible de presión baja es entonces enviado a la bomba de transferencia de combustible ubicada en la parte trasera de la bomba de inyección de combustible. En los Motores 3054 y 3056, se usan unas bombas de combustible tipo distribuidor Stanadyne DB2 o DB4. Ambos modelos de bombas están disponibles en versiones de 4 y 6 cilindros. Los dos modelos de bombas son muy similares en operación. Para determinar el modelo de la bomba, mire el número del modelo de la bomba en la placa de identificación montada en un lado de la caja de la bomba.

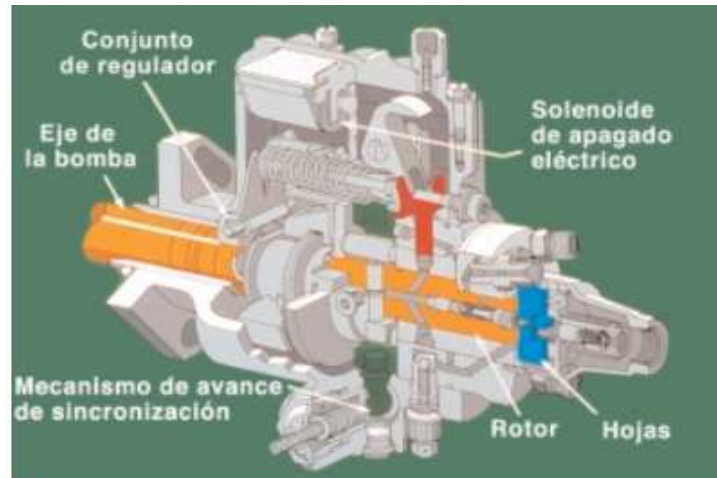


Fig. 7.1.11 Componentes principales de la bomba de inyección

Este diagrama de corte de la bomba de inyección muestra algunos de los componentes principales. El eje de bomba impulsado por el engranaje suministra el movimiento giratorio de la bomba. Esta fuerza obliga a que gire el rotor y las hojas de la bomba de transferencia. Otros componentes de la bomba son: el regulador interno, el mecanismo de avance de sincronización y el solenoide de parada eléctrica.

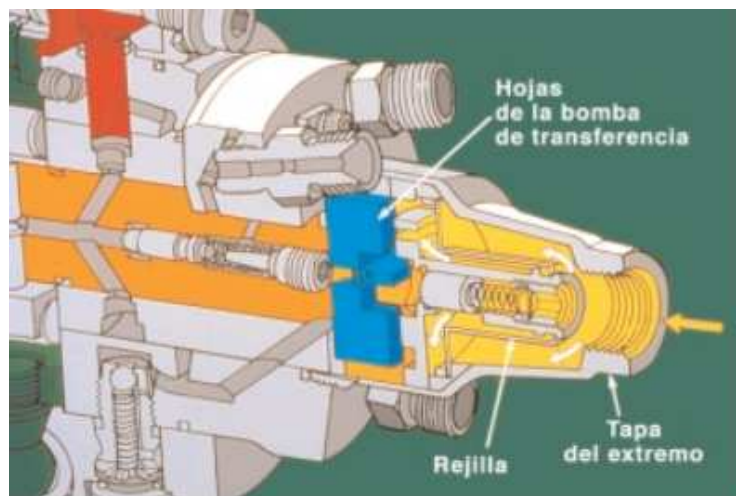


Fig. 7.1.12 El combustible entra a la bomba de transferencia

El combustible de presión baja de la bomba de levantamiento fluye a la conexión de suministro de combustible en la tapa del extremo del grupo de bomba y regulador. El combustible entra a la bomba de transferencia a través de una rejilla en la tapa del extremo de la caja de la bomba, la cual actúa como filtro final. De allí, el combustible va

a la entrada de la bomba de transferencia de paletas ubicada en la parte trasera de la caja de la bomba de inyección de combustible.

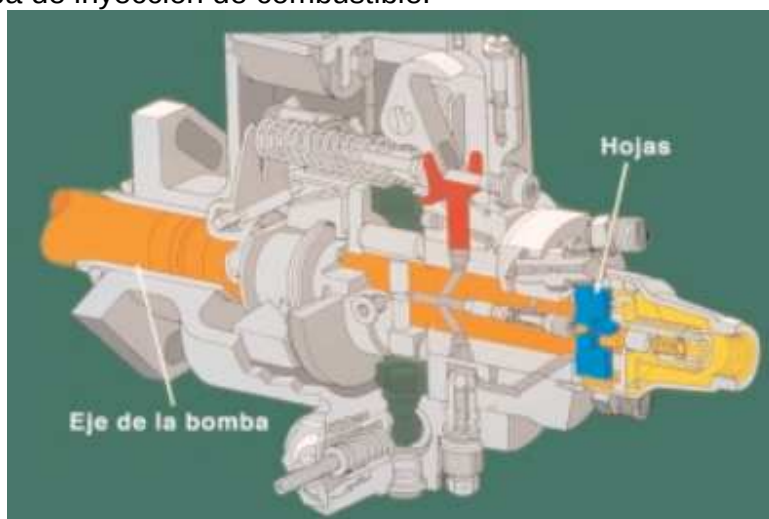


Fig. 7.1.13 Bomba de transferencia (bomba de paletas)

La bomba de transferencia es de paletas, no regulable. Tiene cuatro hojas de paletas y es impulsada por el eje de la bomba. Las hojas son de carga por resorte y se hallan dentro de la camisa excéntrica de la bomba.

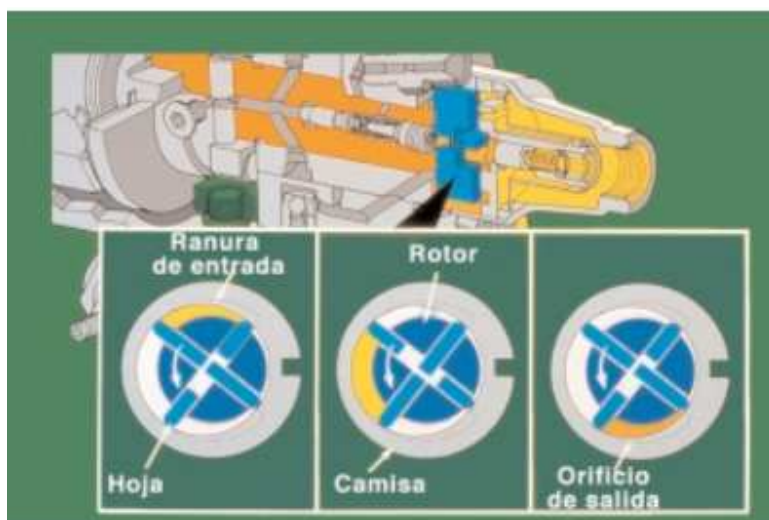


Fig. 7.1.14 Operación de la bomba de paletas

Como el contorno circular interno de la camisa está descentrado al eje del rotor, el volumen entre las paletas y la camisa varía a medida que las hojas giran. Este volumen se expande en la ranura de entrada y dirige el combustible entre las hojas. La rotación

continúa atrapa este combustible entre las hojas y lo mueve al orificio de salida. En el orificio de salida, el volumen entre las hojas y la camisa disminuye, lo cual fuerza el combustible presurizado a salir por el orificio de salida.

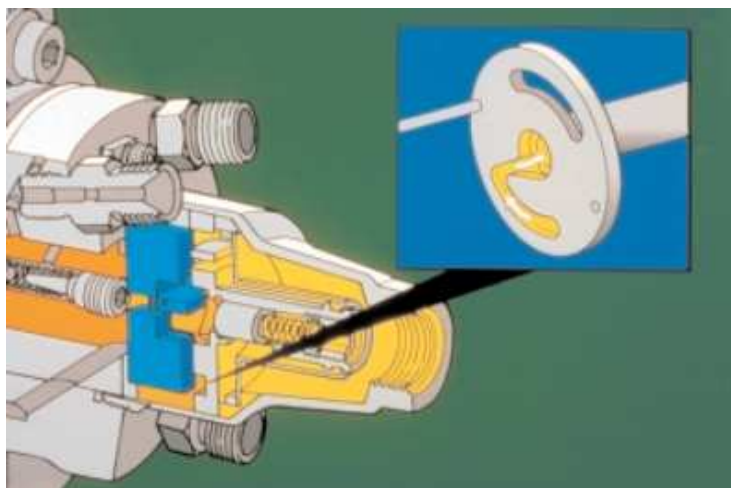


Fig. 7.1.15 Válvula reguladora de presión

La válvula reguladora de presión está cerca de la bomba de transferencia, hacia la parte trasera de la bomba de combustible. La presión de combustible se transfiere al regulador a través de un conducto en la base del conjunto de regulador.

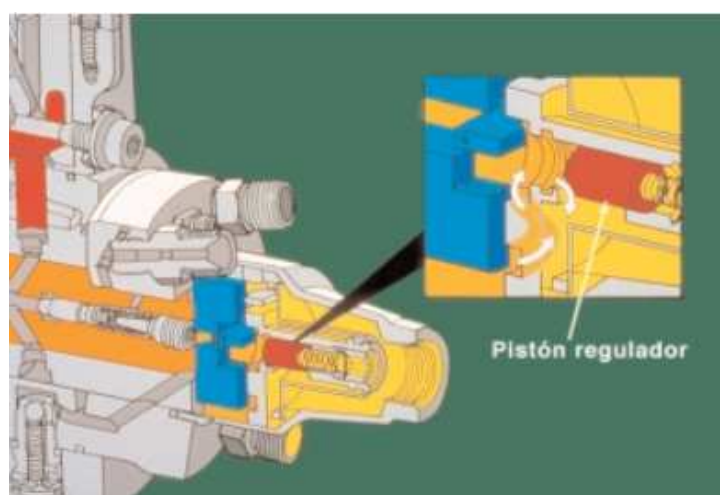


Fig. 7.1.16 Pistón regulador

A medida que aumenta la velocidad del motor, aumenta la velocidad del eje de mando y de la bomba de transferencia. Este aumento de velocidad produce más presión. A medida que aumenta la presión de combustible producida por la bomba de

transferencia, la presión finalmente empuja el pistón regulador para abrir un conducto pequeño. Este conducto deriva cualquier exceso de presión al lado de salida de la bomba de transferencia. La bomba y la válvula de alivio están diseñadas para hacer que la presión de combustible aumente con las rpm del motor. La presión máxima se alcanzará aproximadamente en la velocidad del motor regulado.

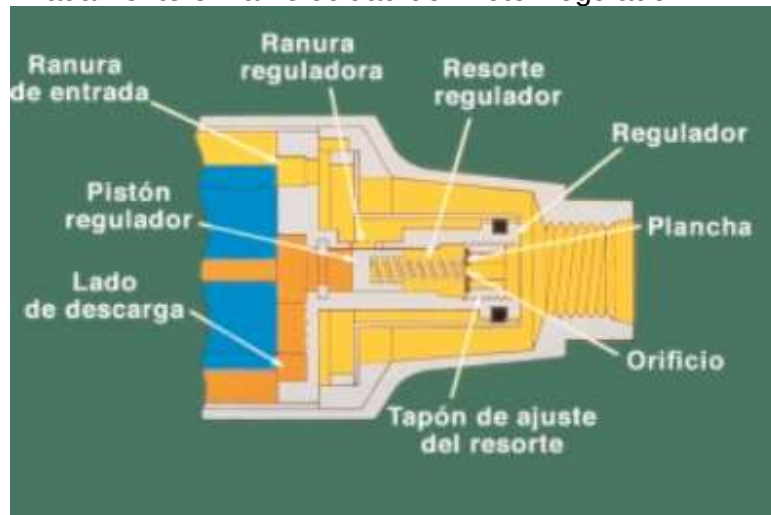


Fig. 7.1.17 Componentes del regulador de presión

El tapón de ajuste del resorte que fija la presión de resorte en el regulador de presión también se compensa por diferencias de la viscosidad del combustible. En el tapón hay una plancha con un orificio pequeño de borde agudo, ubicada en el tapón. Este orificio hace que cualquier escape de combustible entre al regulador de presión y su orificio, y retorne al lado de entrada de la bomba.

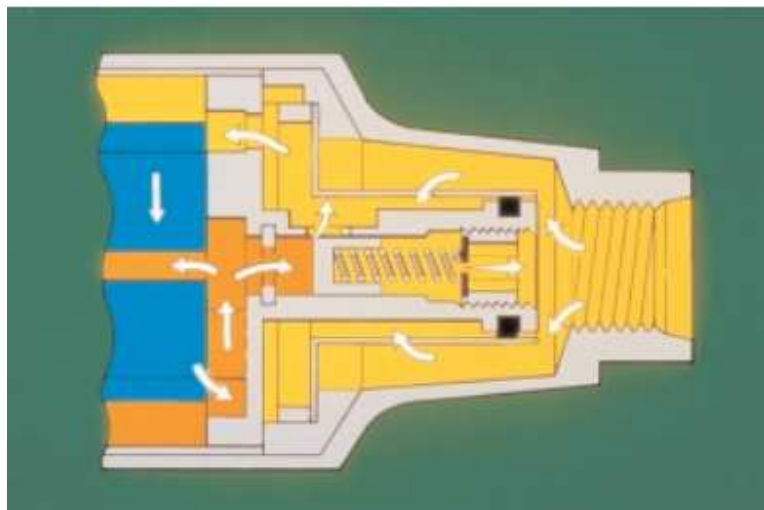


Fig. 7.1.18 Flujo de combustible en el regulador

La presión ejercida en el lado posterior del regulador se controla con la cantidad de combustible que escapa por el regulador y la que puede pasar el orificio. El combustible que pasa a través de este orificio corto, prácticamente, no se ve afectado por la viscosidad del combustible. Con combustible muy viscoso, muy pocas fugas de combustible pasan el regulador y por tanto la presión en el lado posterior del regulador es muy leve. Con combustible poco viscoso, más combustible pasa el regulador y la presión se aumenta de acuerdo con éste. Esto sucede, porque el flujo a través del orificio de borde agudo no cambia con la viscosidad. Esta acción ajusta la presión para compensar las variaciones de presión causadas por los cambios de viscosidad.

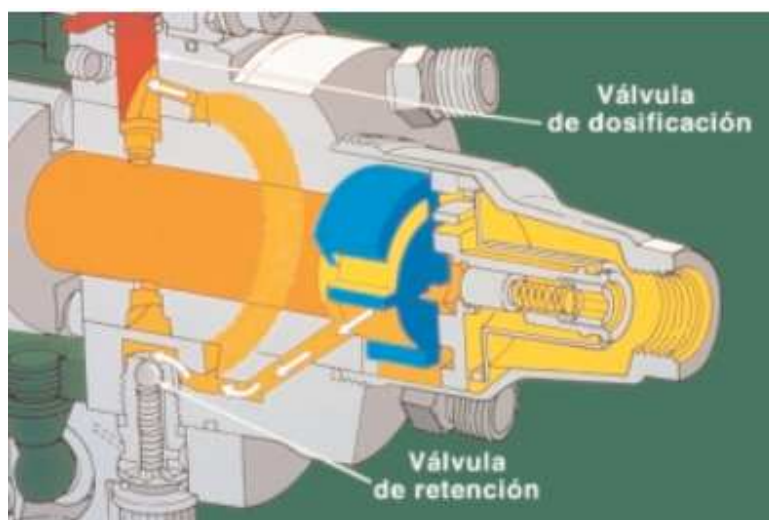


Fig. 7.1.19 Flujo de combustible en la bomba

Del orificio de salida, un conducto en ángulo envía combustible a dos sitios. Uno es la válvula de retención que lo envía a la unidad de avance de sincronización automática. El combustible también fluye dentro de una ranura circular en el rotor. Esta ranura circular lo envía a la válvula de dosificación.

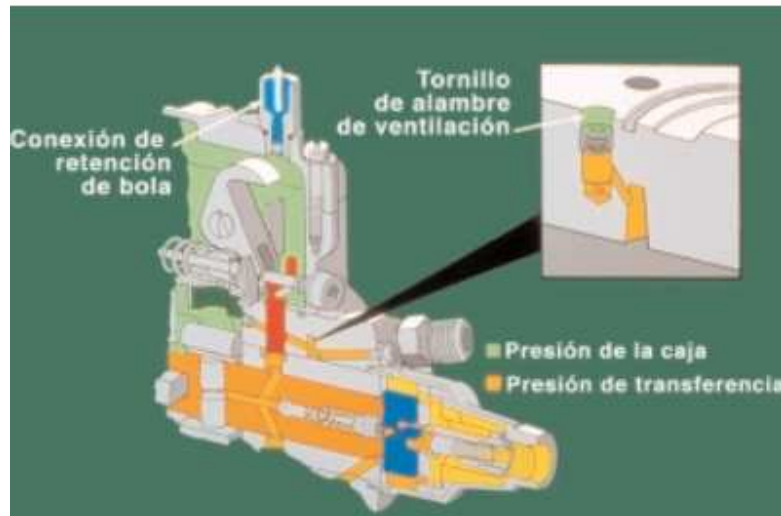


Fig. 7.1.20 Tornillo de alambre de drenaje y conexión de retención de bola
En la ranura circular hay un conducto de drenaje que contiene un tornillo de alambre de drenaje. Este tornillo drena cualquier aire que entre a la bomba. Cualquier aire y volúmenes pequeños de combustible pasan el alambre de drenaje y van al compartimiento del regulador. De este compartimiento, el aire y el exceso de combustible pasan por la conexión de la bola de retención y retornan al tanque de combustible. El tamaño del alambre en el tornillo de drenaje controla la cantidad de combustible drenado. El tornillo de alambre de drenaje está disponible en cinco diámetros de alambre, para cumplir con varias especificaciones de retorno.

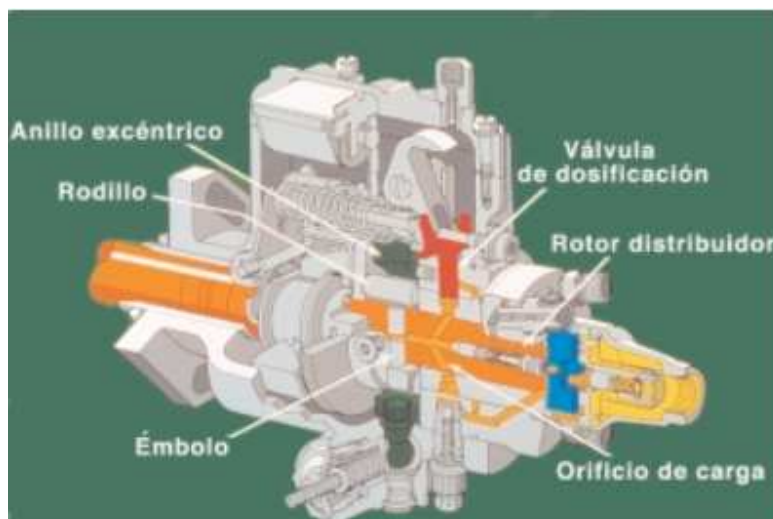


Fig. 7.1.21 Componentes de la entrega de combustible

La válvula de dosificación y la cámara de bombeo controlan la entrega de combustible a los inyectores. Los componentes que hacen parte de esta función de bombeo son la válvula de dosificación, el rotor distribuidor, los orificios de carga, los émbolos, los rodillos y el anillo excéntrico.

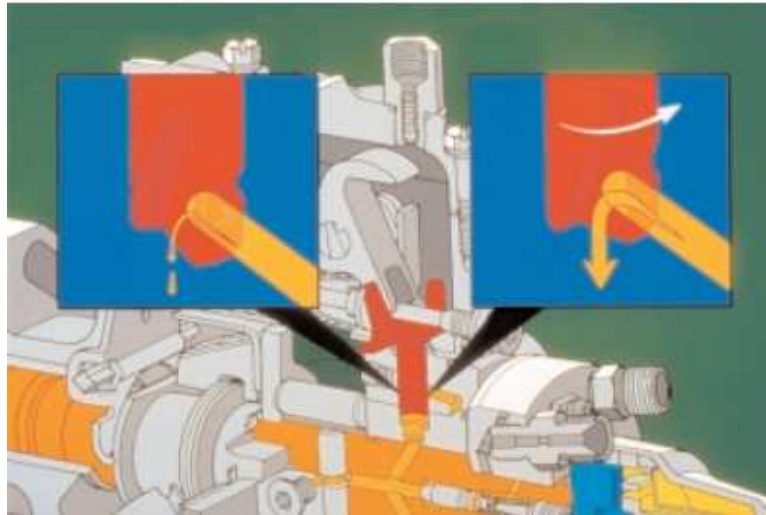


Fig. 7.1.22 Válvula de dosificación

La válvula de dosificación regula la cantidad de combustible que fluye a los émbolos de bombeo. Esta operación se realiza por medio de una ranura en la válvula de dosificación. La dosificación se hace por el borde vertical y no por el borde angulado. La ranura bloquea una cantidad variada del orificio de la ranura circular. El regulador controla la posición de giro de la válvula de dosificación. A medida que la válvula gira, más área del orificio se abre y más combustible es enviado a los conductos de carga.

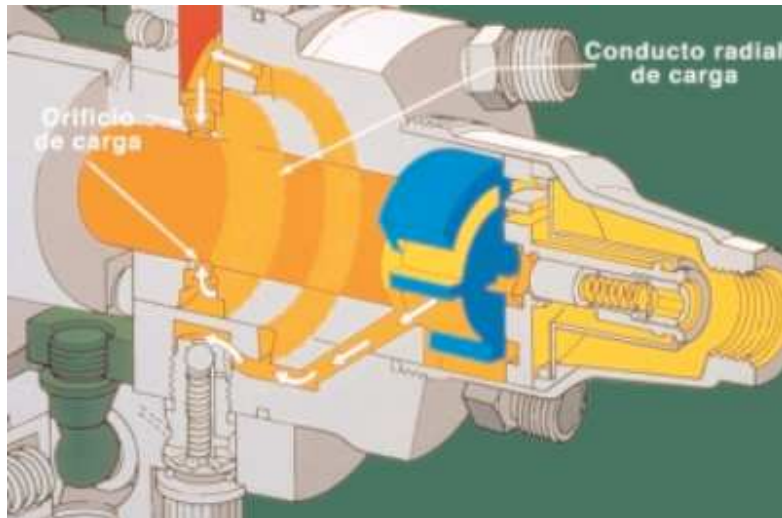


Fig. 7.1.23 Conductos radiales de carga

De la válvula de dosificación, el combustible fluye a los anillos de carga radiales ubicados en la cabeza hidráulica. Dos conductos de carga conectan el conducto de anillos radiales al diámetro externo del rotor.

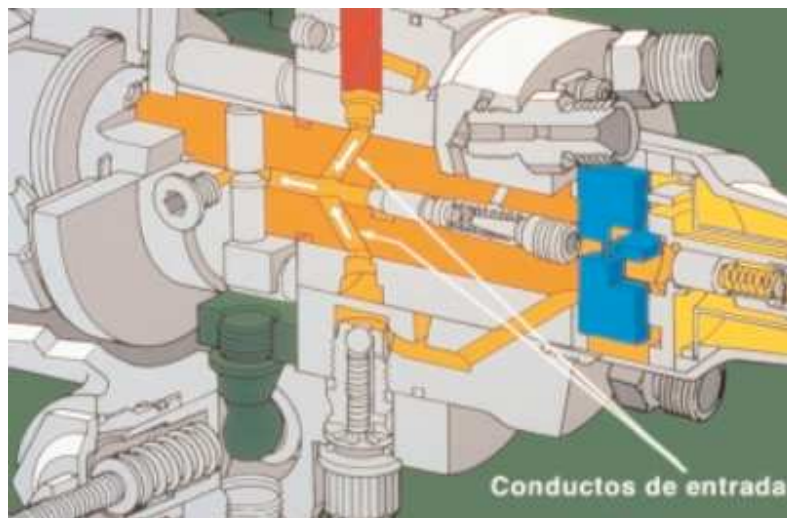


Fig. 7.1.24 Conductos de entrada

A medida que el rotor gira, los conductos de entrada del rotor se alinean con los conductos de carga y hacen que el combustible fluya a las cámaras de bombeo. Este proceso continúa todo el tiempo que los conductos del rotor permanezcan en alineación con los conductos de carga.

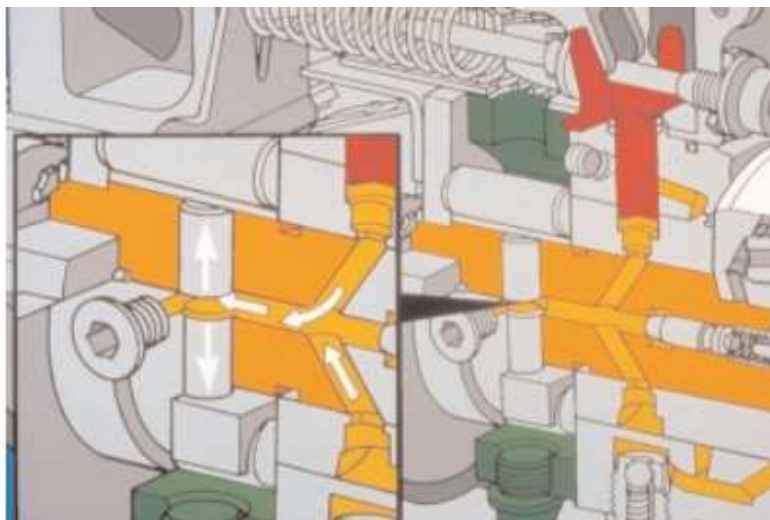


Fig. 7.1.25 Flujo de combustible en las cámaras de bombeo

El flujo de combustible en las cámaras de bombeo obliga a los émbolos a moverse hacia afuera. La distancia que los émbolos se mueven se controla por la cantidad de combustible enviada a los émbolos por la válvula de dosificación, por la presión de la bomba de transferencia y por el ajuste máximo de carrera del émbolo.

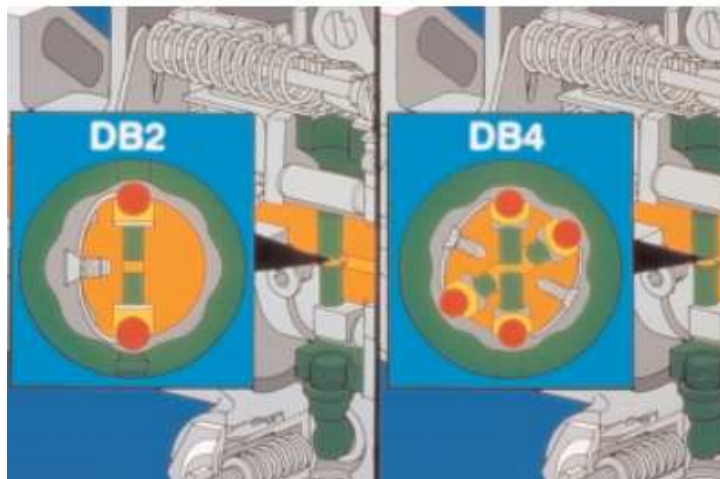


Fig. 7.1.26 Émbolos de bombeo

La bomba DB2 tiene dos émbolos de bombeo y un tornillo y una abrazadera retenedora, mientras que el DB4 tiene cuatro émbolos de bombeo con dos tornillos y dos abrazaderas retenedoras. En el resto del capítulo veremos los émbolos. Sólo mostraremos la versión DB4 de cuatro émbolos. El DB2 funciona de manera similar pero con sólo dos émbolos de bombeo.

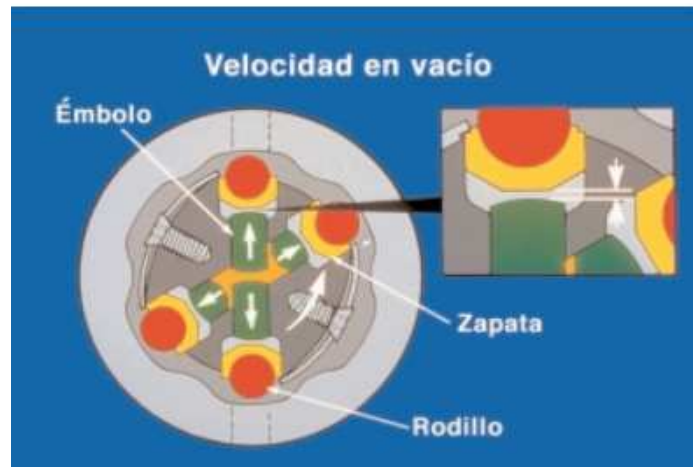


Fig. 7.1.27 Válvula de dosificación (motor en velocidad en vacío)

Cuando el motor está en velocidad en vacío, la válvula de dosificación estará casi cerrada y habrá presión baja de la bomba de transferencia. Esta combinación de válvula de dosificación cerrada y presión baja limita la cantidad de combustible que puede fluir a las cámaras de bombeo mientras los conductos de entrada en el rotor están alineados con los conductos de carga. Así, los émbolos se moverán hacia afuera sólo una distancia corta y una pequeña cantidad de combustible se enviará a los inyectores. Observe en la figura 7.1.27, que los émbolos no se mueven hacia afuera lo suficiente como para hacer contacto con las zapatas.

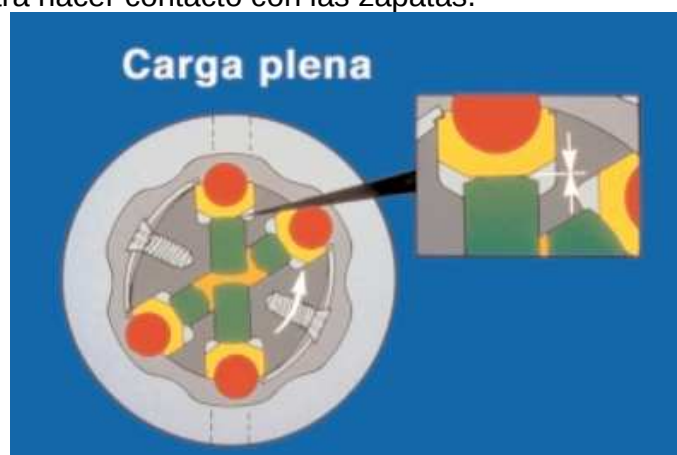


Fig. 7.1.28 Válvula de dosificación (motor a carga plena)

Cuando el motor está a carga plena y con la velocidad regulada, la válvula de dosificación estará abierta y la presión de combustible estará cerca del máximo. La cantidad de combustible que fluye a las cámaras de bombeo ahora será suficiente para mover los émbolos a su máxima posición hacia afuera. En esta posición, la máxima

cantidad de combustible se enviará a la cámara de bombeo y, subsecuentemente, a los inyectores.

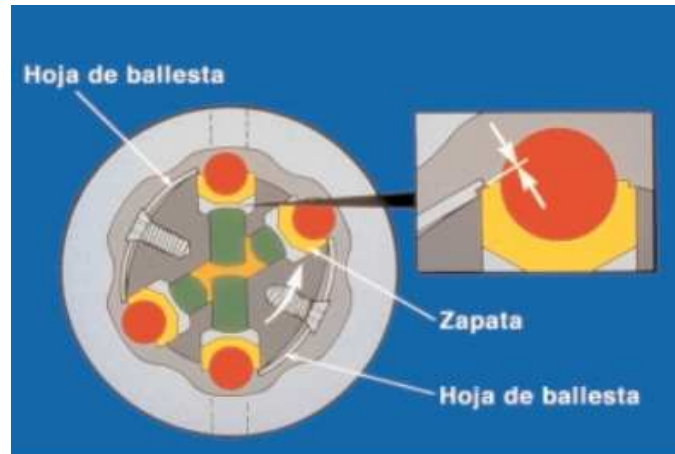


Fig. 7.1.29 Hojas de ballesta

El recorrido máximo del émbolo está limitado por los resortes de ballesta que hacen contacto con los extremos de las zapatas de rodillo. Las hojas de ballesta detienen el recorrido de las zapatas, y el desplazamiento del émbolo está limitado hasta el punto en donde el émbolo hace contacto con la zapata. Esto controla la cantidad máxima entregada de combustible. Los tornillos de las hojas de ballesta ajustan la deflexión del resorte y, del mismo modo, la carrera del émbolo. Este tornillo lo debe ajustar personal calificado con las herramientas apropiadas. Nunca se debe ajustar este tornillo en la máquina, sino en el banco de pruebas.

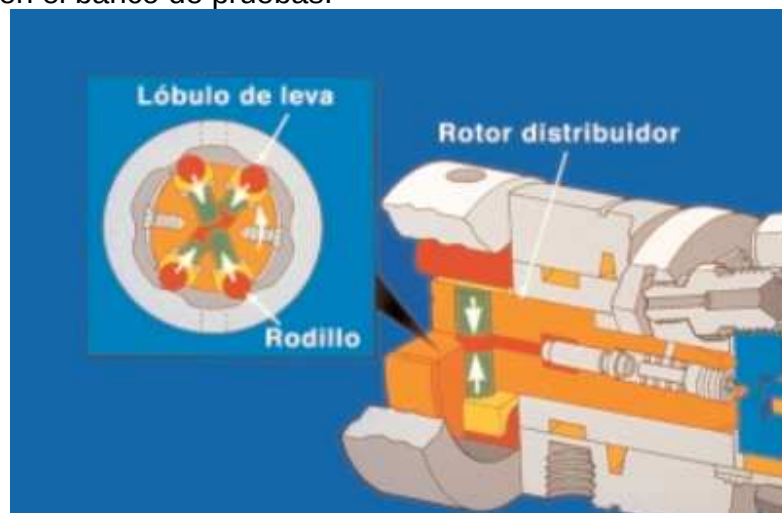


Fig. 7.1.30 Inicio del ciclo de bomba de presión alta

A medida que el rotor continúa girando, los conductos de entrada del rotor pierden la alineación con los conductos de carga, y atrapan combustible en las cámaras de bombeo. Los rodillos entonces hacen contacto con los lóbulos de leva y fuerzan los émbolos hacia adentro. Este movimiento hacia adentro de los émbolos comienza la presurización de combustible. Éste es el inicio del ciclo de bomba de presión alta.

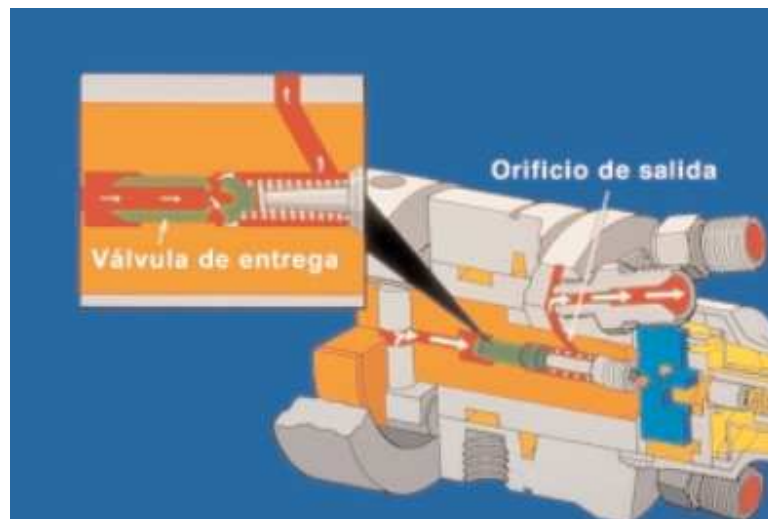


Fig. 7.1.31 Comienzo del ciclo de inyección

A medida que los rodillos se mueven sobre los lóbulos de leva, aumenta la presión de combustible, y la rotación de la bomba alinea el orificio de salida del rotor con un orificio de inyección. El combustible bajo presión sale de la cámara de bombeo, pasa la válvula de entrega, fluye a través del orificio de salida y va a la tubería de inyección. Éste es el comienzo del ciclo de inyección.

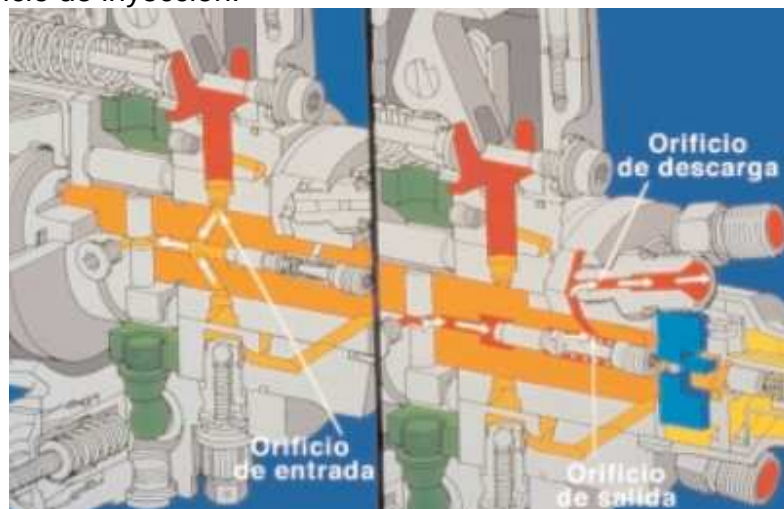


Fig. 7.1.32 Orificios de entrada y de salida

Observe que los orificios de entrada y de salida del rotor no se alinean al mismo tiempo con la cámara de bombeo. Cuando el orificio de entrada se alinea, los rodillos no están en contacto con los lóbulos de leva, y la cámara de bombeo está llena con la cantidad requerida de combustible. Después de que el orificio de entrada se mueve y pierde la alineación, y los rodillos hacen contacto con los lóbulos de leva, el orificio de descarga de uno de los inyectores se alinea con el orificio de descarga del rotor, y el combustible de presión alta se envía a la tubería de inyección.



Fig. 7.1.33 Inyector

El aumento de presión en la tubería de inyección hace que la válvula de retención del inyector se levante de su asiento e inyecte combustible al cilindro.

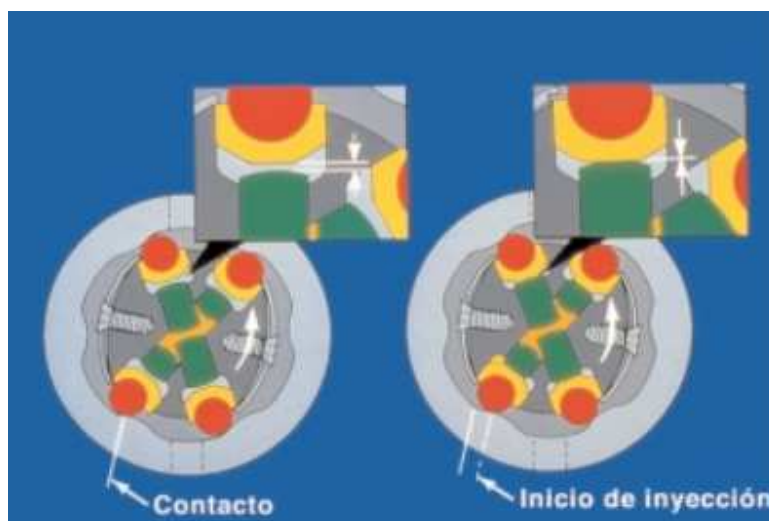


Fig. 7.1.34 Retardo de sincronización

La cantidad de combustible permitida que fluye a la cámara de bombeo y la posición hacia afuera resultante de los émbolos determinan la cantidad de retardo de sincronización antes de que inicie el bombeo. Así, en una demanda de potencia del motor baja, habrá un retardo de sincronización antes de que se inicie el bombeo comparado con el inicio del bombeo cuando el motor está a carga plena. Los rodillos hacen contacto con el lóbulo de leva en el mismo punto pero con una menor cantidad de combustible. El rodillo debe mover la zapata para que haga contacto con el émbolo. Este proceso es diferente que en la mayoría de las bombas convencionales. La mayoría de las bombas convencionales inicia la inyección en la misma posición de sincronización de motor y la termina en una posición diferente, dependiendo de la cantidad de combustible enviado. La bomba Stanadyne es exactamente lo opuesto. La bomba Stanadyne siempre termina en la misma posición de sincronización del motor, pero inicia más tarde, a medida que aumenta la demanda de combustible.

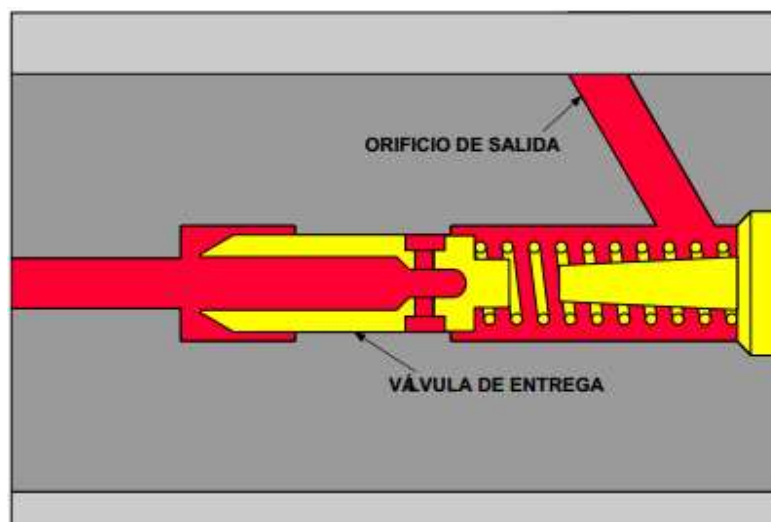


Fig. 7.1.35 Válvula de entrega cerrada

La válvula de entrega se usa para proveer un corte rápido de la entrega de combustible. Para entender la acción de la válvula de entrega, volvamos al punto de esta operación en donde los rodillos justamente hacen contacto con los lóbulos de la leva y la presión comienza a aumentar en la cámara de bombeo. Observe que el orificio de salida no está aún alineado con el orificio de entrega del inyector. Como el combustible no tiene sitio a donde ir, la válvula de entrega no se mueve de su asiento.

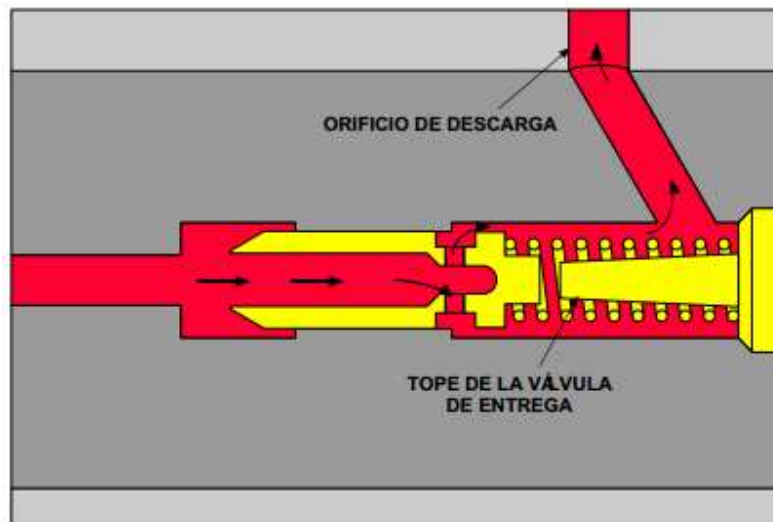


Fig. 7.1.36 Válvula de entrega abierta

Cuando el orificio de salida del rotor se alinea con el orificio de descarga, la presión de la válvula de entrega hace que la válvula se mueva hacia el tope de la válvula de entrega, y provee un paso de combustible hacia la tubería de combustible y el inyector.

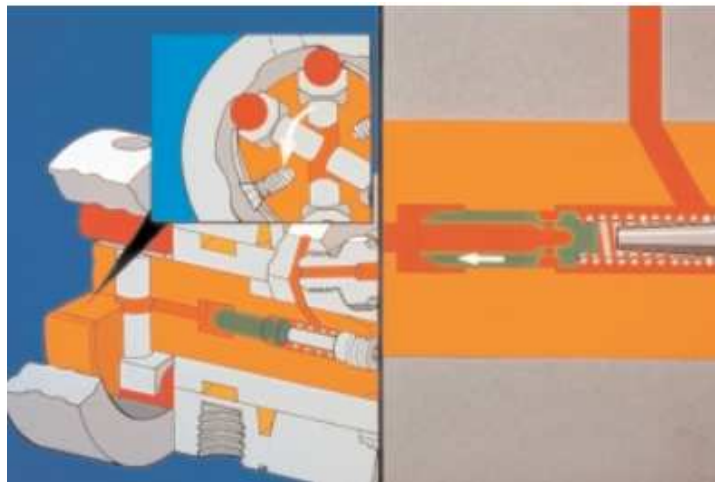


Fig. 7.1.37 Caída de presión en la cámara de bombeo

La entrega de combustible continúa hasta que los rodillos alcanzan el punto más alto en el lóbulo de la leva. A medida que los rodillos se mueven sobre el lóbulo, la presión en la cámara cae rápidamente. Esta reducción de presión hace que la válvula de entrega se mueva hacia atrás, hacia la cámara de bombeo.

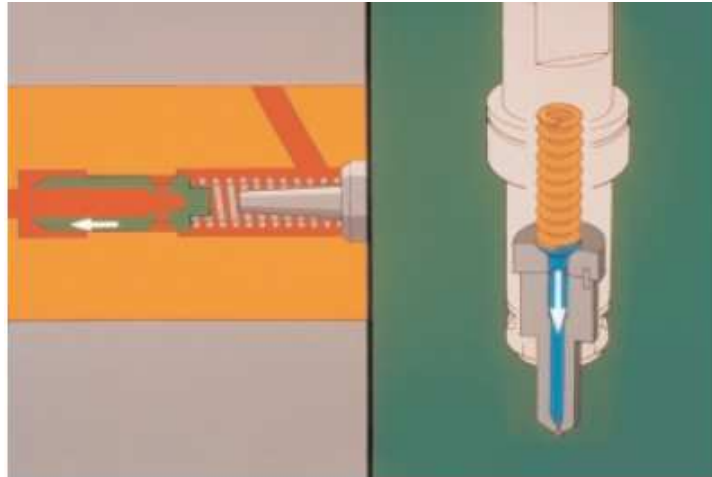


Fig. 7.1.38 Terminación del ciclo de inyección

Cuando la válvula de entrega se ha movido a un punto en donde se corta el suministro de combustible, la presión de la tubería de inyección está a un nivel inferior de la requerida para mantener la aguja en el inyector a la presión VOP abierta del inyector. La válvula de retención del inyector se cierra y la inyección se completa. Esto permite un rápido corte de la inyección y la terminación del ciclo de inyección. La válvula de entrega se cierra pero deja una pequeña cantidad de presión en la tubería, de modo que el inyector está preparado para el siguiente ciclo de inyección.

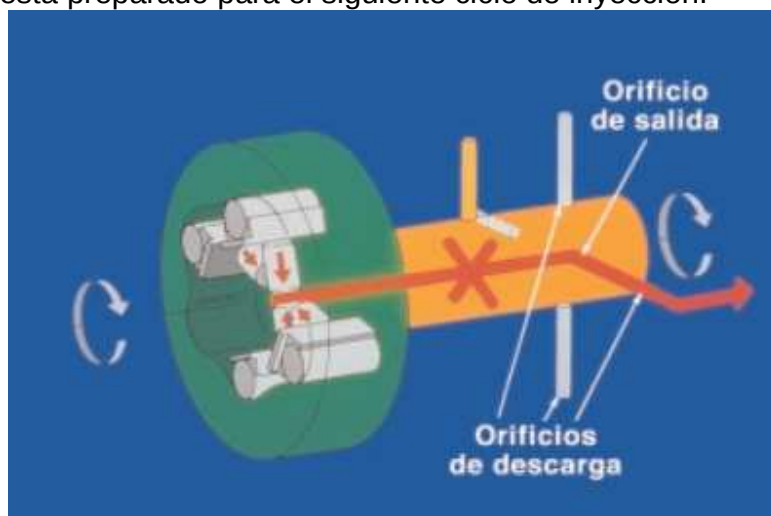


Fig. 7.1.39 El ciclo de inyección se repite para cada cilindro

A medida que el rotor del distribuidor continúa girando, el ciclo de bombeo y de inyección se repite para cada cilindro. En una revolución, el orificio de salida del rotor se alinea con la conexión de descarga de cada uno de los cilindros. Las tuberías de combustible están conectadas a las conexiones de descarga de la bomba en el orden

de encendido del motor. El rotor de la bomba de combustible gira una revolución por cada dos del motor.

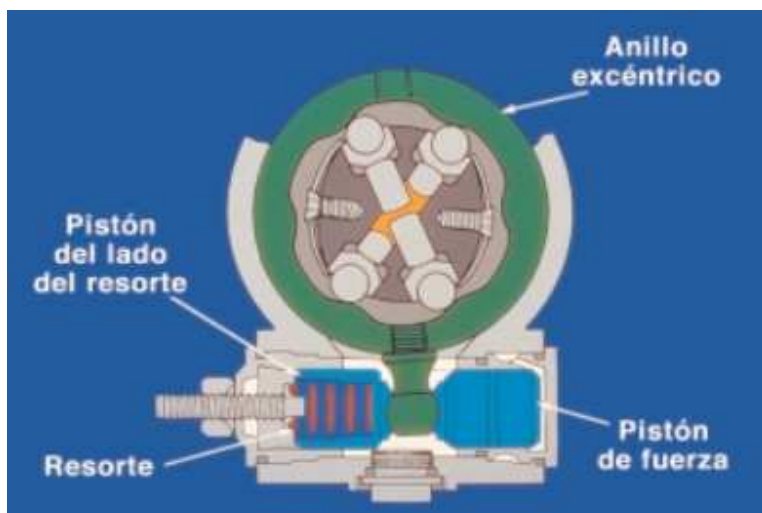


Fig. 7.1.40 Avance de sincronización automático

Las bombas Stanadyne incorporan un mecanismo de avance de sincronización automático que mantiene la sincronización de inyección exacta a través de la gama de las rpm. Este mecanismo de avance de sincronización consta de un anillo excéntrico, un pistón de potencia, un resorte y un pistón de accionamiento por resorte.

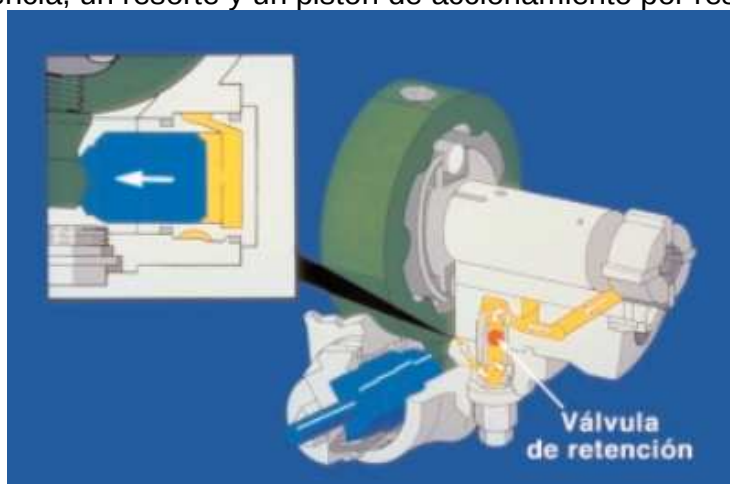


Fig. 7.1.41 Avance de sincronización (de accionamiento hidráulico)

El avance de sincronización se activa hidráulicamente por la presión de combustible desde la bomba de transferencia interna. A medida que el motor aumenta la velocidad, la presión de la bomba de transferencia aumenta. Cuando la presión alcanza el valor

de activación, saca de su asiento la válvula de retención en el tornillo de localización, y la presión de combustible fluirá a la caja de avance de sincronización.

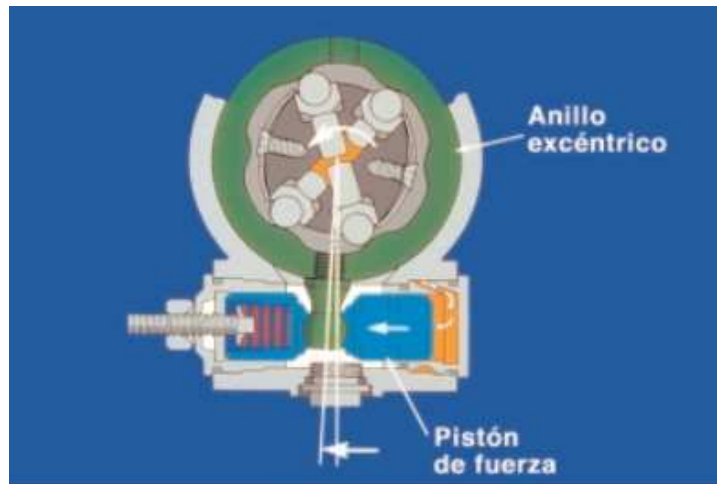


Fig. 7.1.42 Mecanismo de avance (aumento de presión de combustible)

El pistón de potencia se mueve a la izquierda, a causa de la presión de la bomba de transferencia, y gira el anillo excéntrico a través de un arreglo de tornillo de avance de excéntrica/pasador. A medida que la presión de combustible aumenta, ésta moverá el pistón de potencia contra la presión del resorte de ajuste más la presión de la caja y girará el anillo excéntrico en la dirección opuesta del giro del rotor. La rotación del anillo excéntrico en esta dirección hará que el rodillo se ponga en contacto más temprano con el lóbulo de leva, lo cual permite la sincronización de avance. La presión de resorte se fija usando un tornillo de fijación. La combinación de la presión de la caja y la presión ejercida por este resorte determinarán la cantidad de presión de combustible requerida para el avance de la sincronización. El ajuste lo debe hacer personal calificado, en un banco de prueba.

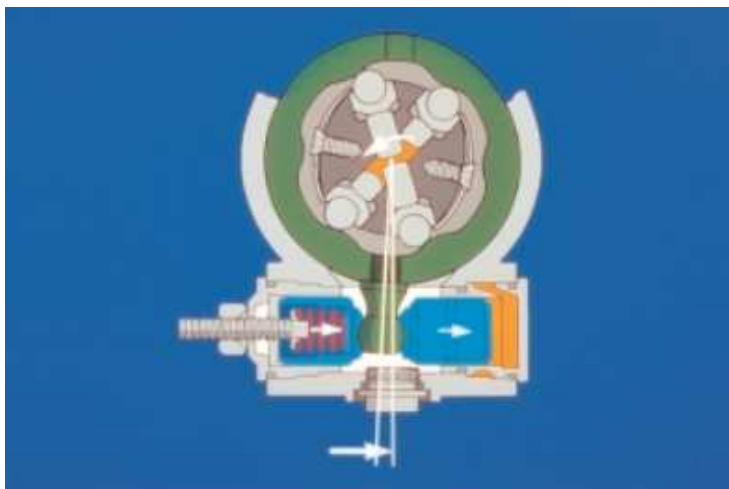


Fig. 7.1.43 Mecanismo de avance (disminución de presión de combustible)

Cuando la velocidad del motor disminuye, la presión de combustible también lo hace. La presión del resorte, combinada con la presión de la caja, será mayor que la presión de combustible, y el anillo excéntrico girará en la dirección del movimiento del rotor, y moverá, por tanto, el anillo excéntrico a una posición de retardo.

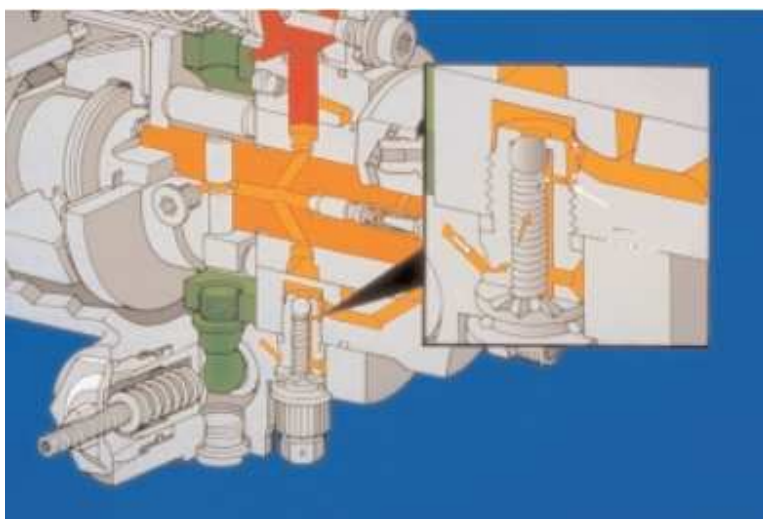


Fig. 7.1.44 Orificio de control

El combustible de la cámara del pistón de potencia drena normalmente a través de un orificio de control ubicado debajo de la bola de retención en la cabeza del tornillo de localización del DB2. La válvula de alivio del DB4 está en la tapa del pistón de fuerza.

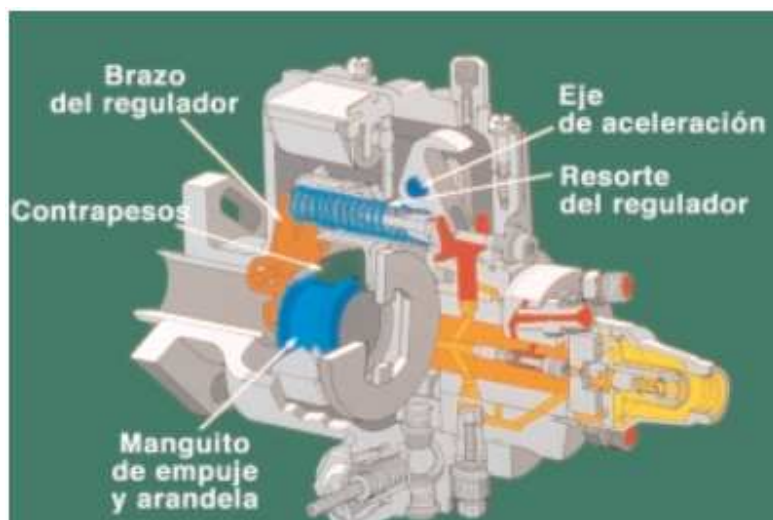


Fig. 7.1.45 Conjunto del regulador

Las bombas de combustible Stanadyne incorporan un conjunto de regulador mecánico. La función del regulador es mantener la velocidad del motor dentro de límites específicos durante la carga variada del motor. Los controles de varillaje del regulador controlan la posición de la válvula de dosificación para regular la velocidad del motor. El conjunto de regulador contiene un eje del acelerador, un resorte de regulador, un manguito de empuje, una arandela, pesos y un brazo del regulador.

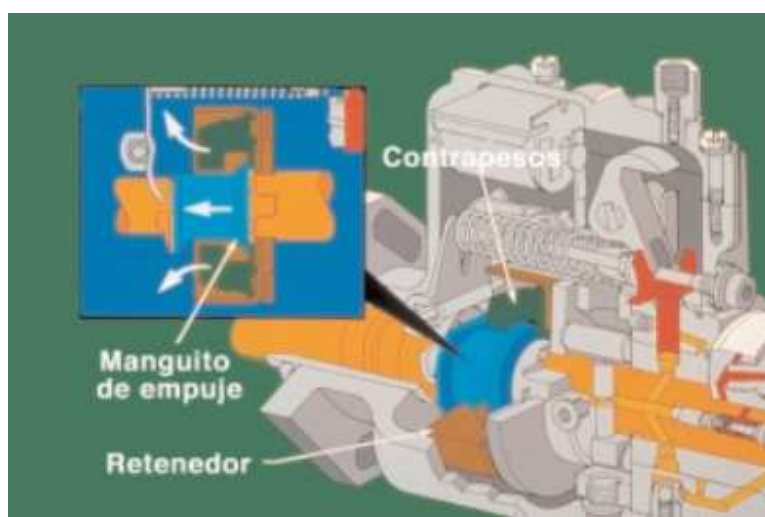


Fig. 7.1.46 Retenedor de pesos

El retenedor de pesos contiene seis contrapesos. Los contrapesos pivotan en el borde exterior del retenedor y son forzados hacia afuera por la fuerza centrífuga del conjunto

en rotación. A medida que los contrapesos se mueven hacia afuera, los contrapesos presionan el manguito de empuje hacia adelante.

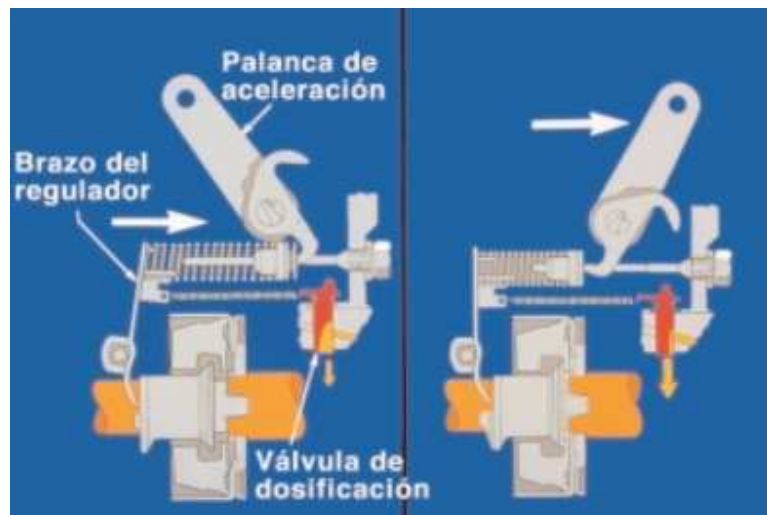


Fig. 7.1.47 Brazo y varillaje del regulador

El movimiento del manguito de empuje se transfiere a la válvula de dosificación mediante el brazo del regulador y el varillaje. Este movimiento del brazo del regulador aplica presión al resorte del regulador. Si la palanca de aceleración está en la posición de velocidad baja, la fuerza del regulador moverá la válvula de dosificación en velocidad en vacío. Cuando la palanca de aceleración se gira para aumentar la velocidad del motor, ésta aplica presión al extremo opuesto del resorte del regulador. Sin la resistencia del brazo del regulador, el mover la palanca de aceleración hará que la válvula de dosificación avance a la posición máxima de combustible.

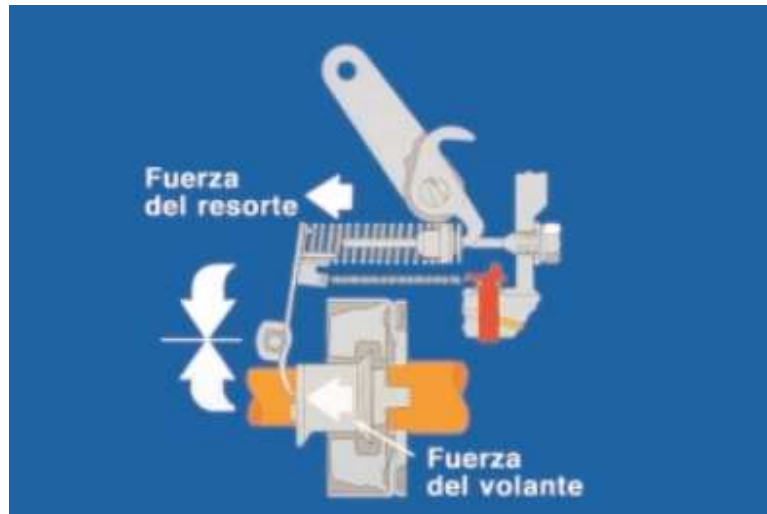


Fig. 7.1.48 La fuerza del resorte se opone a la fuerza del volante

La velocidad del motor es un balance de la fuerza del volante en un extremo del resorte del regulador principal, opuesto por la fuerza del brazo del regulador en el otro extremo del resorte. El regulador trata constantemente de igualar las rpm requeridas por el acelerador con una cantidad de combustible apropiada, para aceptar la carga dada en las rpm.



Fig. 7.1.49 Tornillos de ajuste de velocidad en vacío

El recorrido del acelerador para la velocidad baja en vacío y la velocidad alta en vacío se controlan mediante el ajuste de dos tornillos. El tornillo de la velocidad baja en vacío

puede ajustarse en la máquina, pero el de la velocidad alta en vacío puede sólo ajustarlo personal capacitado, en un banco de prueba de combustible.

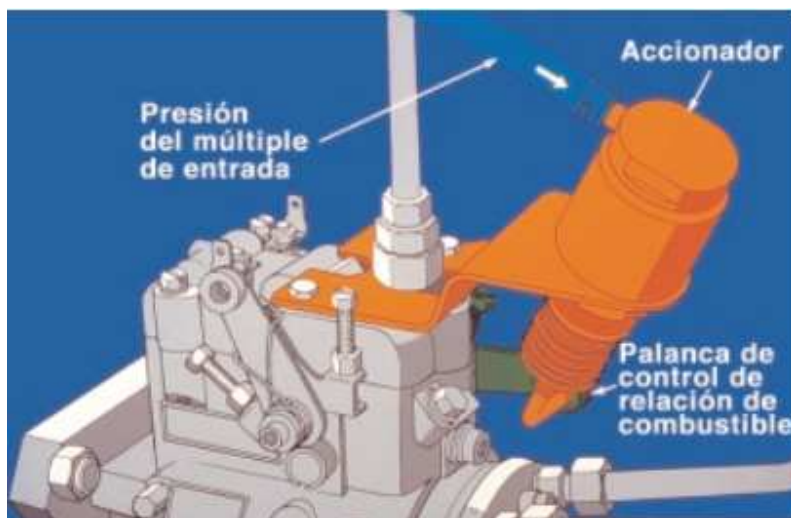


Fig. 7.1.50 Control de relación de combustible

Las bombas DB4 están equipadas con una palanca de control de relación de combustible ubicada en el lado del motor de la caja de la bomba de combustible. El accionador, que está unido a la palanca, detecta la presión en el múltiple de entrada y mueve la palanca para limitar la cantidad máxima de combustible que puede enviarse a los cilindros.

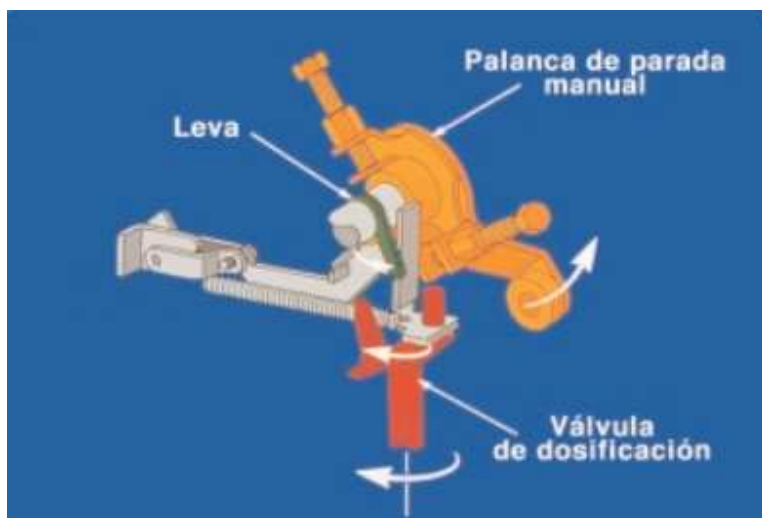


Fig. 7.1.51 El control de relación de combustible limita el combustible

A medida que la presión de refuerzo disminuye, el accionador mueve la palanca de control de la relación de combustible para limitar la cantidad de combustible enviada por la válvula de dosificación.

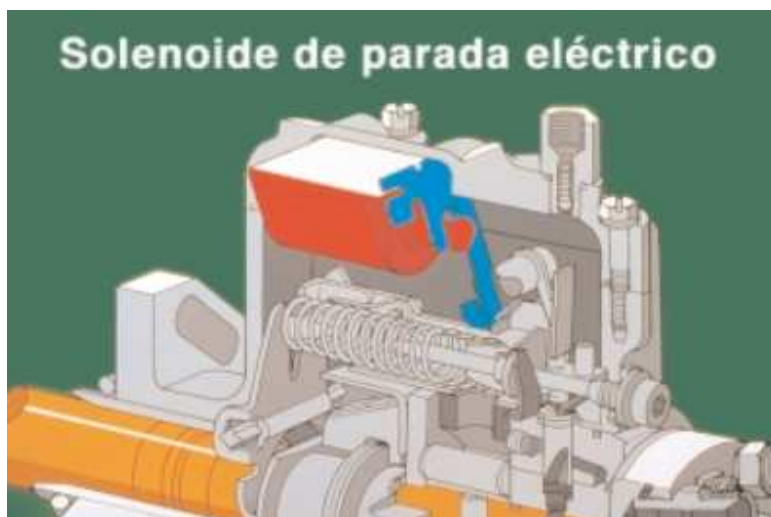


Fig. 7.1.52 Solenoide de parada eléctrico

Todas las bombas también están equipadas con un solenoide de parada eléctrico, activado por el interruptor de llave de contacto en posición conectada. Este solenoide de parada se encuentra dentro de la cubierta superior de la bomba. Éstos son solenoides de 12 voltios. La aplicación de 24 voltios puede hacer que se dañe el solenoide. El solenoide está dentro del combustible y puede iniciar un incendio, si recibe demasiado voltaje.

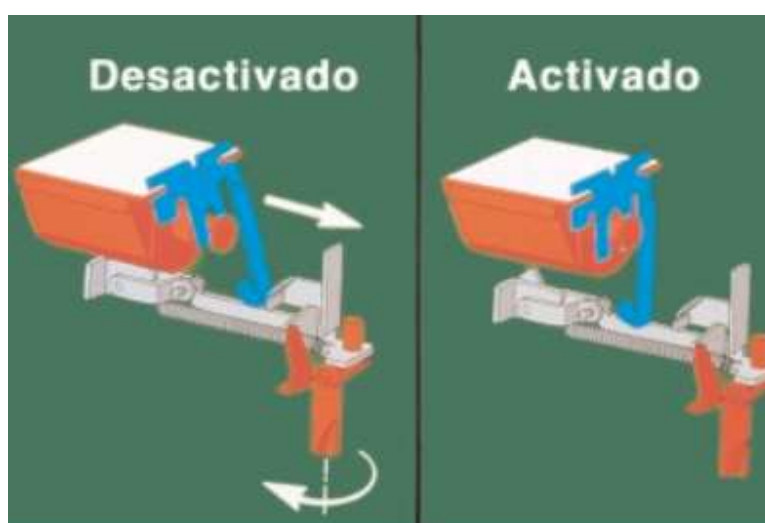


Fig. 7.1.53 El solenoide controla la válvula de dosificación

Cuando el solenoide se desactiva, la palanca del solenoide sostiene la válvula de dosificación en la posición máxima cerrada. Cuando se activa, el brazo del solenoide se mueve fuera del camino y entonces el regulador controla la posición del control de la válvula de dosificación.

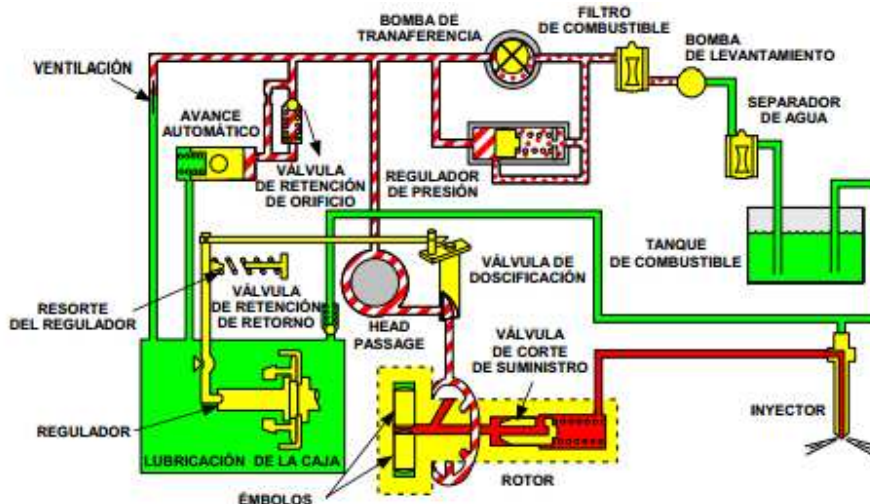


Fig. 7.1.54 Diagrama del sistema de combustible

Usemos este diagrama del sistema de combustible para repasar el flujo de combustible desde el tanque de combustible hasta los inyectores. El combustible es tomado del tanque de combustible a través del filtro primario por la bomba de levantamiento y entonces pasa a través del filtro secundario a la entrada de la caja de combustible. La bomba de transferencia interna en la bomba de inyección de combustible aumenta la presión de este combustible. La presión máxima es regulada por el conjunto de regulador de presión, para permitir que parte del combustible regrese al lado de entrada de la bomba de transferencia. La presión de la bomba de transferencia interna actúa en el anillo excéntrico para avanzar la sincronización del motor cuando la presión del combustible aumenta con un incremento en la velocidad del motor. El regulador controla la posición de la válvula de dosificación para regular la cantidad de combustible que se permite que entre a las cámaras de bombeo. Para cada cilindro, las cámaras de bombeo se llenan con la cantidad regulada de combustible. Cuando el orificio de salida del rotor se alinea con el orificio de descarga, el combustible se envía pasando la válvula de entrega en turno a cada uno de los inyectores. El combustible en exceso y el aire de los inyectores y del interior de la caja de la bomba de combustible regresan al tanque de combustible.

Lección 2: Sistemas de Combustible Nippondenso y Zexel**Introducción**

Esta unidad provee instrucción de los sistemas de combustible Nippondenso y Zexel

Objetivos

Al terminar esta lección, el estudiante podrá identificar los componentes de los sistemas de combustible Nippondenso y Zexel, y explicar su operación.

Material de referencia

- Ninguno

Herramientas

- Ninguna

Reguladores y Bombas de Inyección de Combustible Nippondenso y Zexel

Fig. 7.2.1 Sistemas de combustible Nippondenso y Zexel

Esta lección presentará los reguladores y las bombas de inyección de combustible Nippondenso y Zexel.



Fig. 7.2.2 Bombas de combustible Nippondenso y Zexel

Las bombas de combustible Nippondenso y Zexel tienen principios de funcionamiento similares, salvo algunas diferencias pequeñas. Durante la presentación, se identificarán estas diferencias. La bomba de combustible Nippondenso se instala en el lado izquierdo de los Motores 3046, y la bomba de combustible Zexel, en el lado derecho de los Motores 3064 ó 3066.

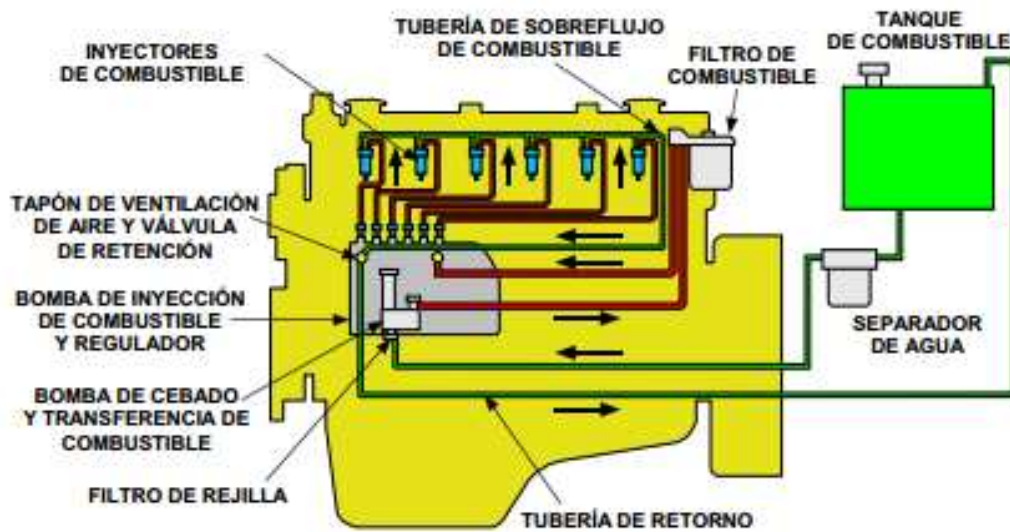


Fig. 7.2.3 Sistema de combustible 3046

La figura 7.2.3 muestra el flujo a través del sistema de combustible. La bomba de transferencia de combustible extrae el aceite del tanque de combustible a través de un separador de agua, si está equipado. El separador de agua elimina ésta del combustible. El combustible entra a la bomba de transferencia a través de un filtro de rejilla, ubicado en la conexión de entrada. Si la rejilla se tapona, habrá quejas por falta de potencia.

El flujo de combustible se envía desde la bomba de transferencia hasta el filtro de combustible secundario. Del filtro del combustible secundario, el combustible entra a la bomba de inyección de combustible. La bomba de inyección contiene una bomba de combustible individual para cada cilindro. Las bombas de combustible individuales envían combustible de presión alta a cada inyector de combustible a través de las válvulas de suministro y de las tuberías de combustible de presión alta.

El exceso de combustible enviado a la bomba de inyección y a los inyectores provee funciones de lubricación y de enfriamiento antes de retornar al tanque de combustible. Éste también es un medio para que el aire en el combustible pueda regresar al tanque.

Hay una válvula de retención a la salida de la bomba de combustible. La válvula de retención mantiene la presión de combustible en la caja de la bomba de inyección de combustible. También evita que el combustible se salga por efecto sifón de la bomba de combustible luego que el motor se apaga. Esto asegura que habrá una adecuada reserva de combustible para el arranque.

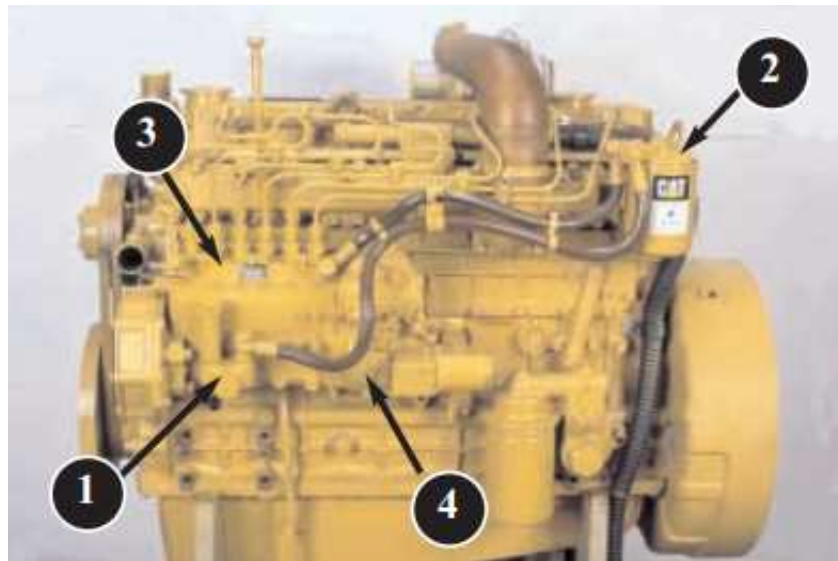


Fig. 7.2.4 Componentes del sistema de combustible del motor

En la figura podemos ver los siguientes componentes del motor:

1. Bomba de transferencia de combustible
2. Filtro de combustible y purga de aire
3. Bomba de inyección de combustible
4. Regulador

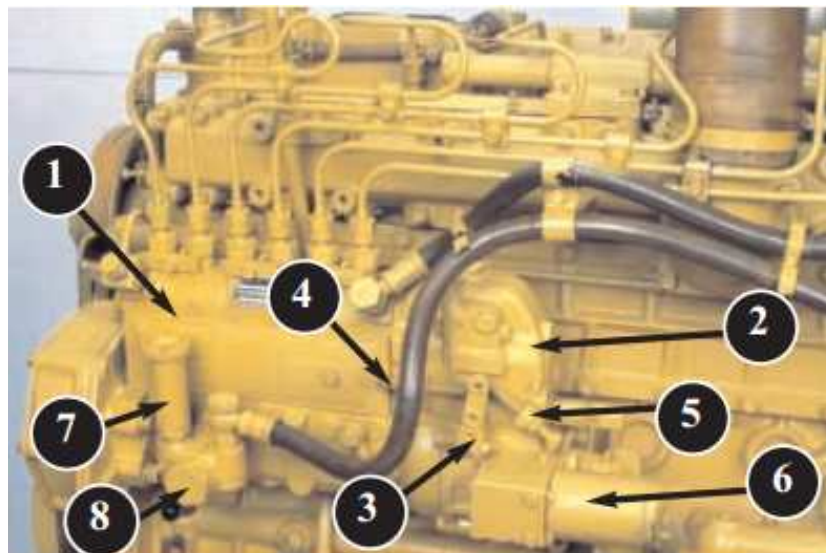


Fig. 7.2.5 Componentes de la bomba de combustible y del regulador

Los componentes de la bomba de combustible y del regulador son:

1. Bomba de inyección de combustible
2. Regulador
3. Palanca de control de regulador
4. Tope de velocidad alta en vacío
5. Tope de velocidad baja en vacío
6. Solenoide de corte
7. Bomba de cebado de combustible
8. Bomba de transferencia de combustible

La de inyección de combustible es una bomba de árbol de levas de instalación en tubería que contiene una bomba helicoidal individual para cada cilindro. La bomba de inyección de combustible está sincronizada al cigüeñal del motor a través del tren de engranajes delanteros.

El regulador controla la cantidad de combustible que las bombas de combustible individuales envían a cada cilindro a través de la cremallera de control de combustible. El regulador es de accionamiento mecánico a través de la palanca de control del regulador. El tope de velocidad alta en vacío controla la velocidad máxima del motor. La velocidad alta en vacío puede medirse en el motor, pero sólo se puede ajustar en el banco de pruebas de inyección de combustible. El tornillo de velocidad alta en vacío está sellado desde fábrica. Hacer un ajuste al tope de velocidad alta en vacío afectará el valor de carga plena y el rendimiento del motor.

El tope de velocidad baja en vacío controla la mínima velocidad del motor. El ajuste inicial de la velocidad baja en vacío debe hacerse en el banco de pruebas de inyección de combustible, pero puede ajustarse en el motor si es necesario.

El solenoide de corte de combustible está conectado a la palanca de corte en el lado de la caja del regulador. Si es necesario, la palanca de corte puede operarse manualmente, con el fin de parar el motor. Todos los solenoides están activos para el corte.

La lubricación de la sección inferior de la bomba la provee una tubería de suministro de aceite en el lado de la bomba de inyección de combustible. El nivel de aceite se mantiene justo por encima del árbol de levas por medio de dos orificios de drenaje de aceite en el retenedor del cojinete delantero. Asegúrese de que el retenedor del cojinete esté instalado correctamente (los orificios por encima del árbol de levas) cuando se arme la bomba de inyección de combustible. Antes de poner a funcionar las bombas en el soporte de prueba, éste debe estar lleno de aceite.

La de transferencia de combustible es una bomba de pistón de accionamiento simple. Está montada en el lado de la bomba de inyección de combustible y es accionada por un lóbulo en el árbol de levas de la bomba de inyección de combustible.

La bomba de transferencia de combustible también incorpora una bomba de cebado de combustible que puede usarse para cebar el sistema cuando el filtro del combustible se cambia o si el motor debe funcionar sin combustible.

Para cebar el sistema de combustible, destrabe la bomba de cebado girando la perilla de la bomba hacia la izquierda. Luego de destrabar la perilla, ponga a funcionar la bomba. Afloje el tapón de ventilación de aire en la base del filtro de combustible para cebar el filtro, y en la salida de la caja de la bomba de combustible para cebar la caja de la bomba de inyección de combustible.

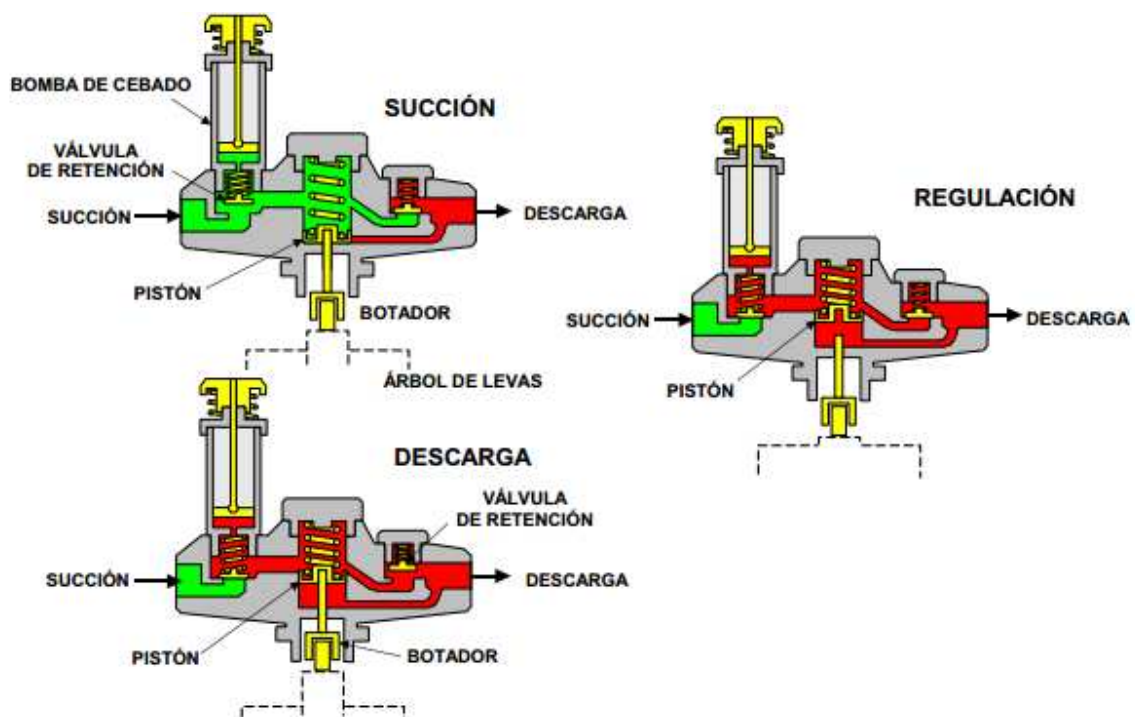


Fig. 7.2.6 Bomba de transferencia y cebado de combustible

Los componentes de la bomba de transferencia de combustible son:

- Botador
- Varilla de empuje
- Pistón
- Resorte de retorno del pistón
- Orificio de entrada

- Válvula de retención de entrada
- Orificio de salida
- Válvula de retención de salida
- Bomba de cebado

La bomba de transferencia de combustible se acciona mediante un lóbulo en el árbol de levas de la bomba de inyección de combustible. Un conjunto de botador y varilla de empuje cambia el movimiento de rotación del árbol de levas en un movimiento recíprocante. El botador y la varilla de empuje mueven el pistón de la bomba de transferencia.

A medida que el árbol de levas gira y el botador se mueve hacia abajo en el círculo base del árbol de levas, el resorte de retorno del pistón mueve el pistón hacia abajo forzando el combustible del fondo de la cámara del pistón a la tubería de suministro de la bomba de inyección de combustible. Esto también produce una disminución de presión en la cámara de resorte del pistón.

La presión en la salida es ahora más alta que la presión en la cámara de resorte del pistón y se cierra la válvula de retención de salida.

Esta disminución de presión en la cámara de resorte del pistón hace que la válvula de retención de entrada se abra para dejar entrar combustible desde el tanque de combustible, el cual llena la cámara de resorte del pistón.

A medida que gira el árbol de levas, y el lóbulo de leva empuja el botador y la varilla de empuje hacia arriba, el pistón comprime el resorte de retorno del pistón, lo cual aumenta la presión de combustible en la cámara de resorte del pistón.

Este aumento de presión obliga a que se cierre la válvula de retención de entrada y abre la válvula de retención de salida. El flujo de combustible pasa de la válvula de retención de salida llenando la cámara debajo del pistón (parte del combustible también entra a la tubería de suministro de la bomba de inyección de combustible) hasta que el botador alcanza el punto más alto en el lóbulo del árbol de levas.

A medida que el botador regresa hacia abajo, se cierra la válvula de retención de salida, el resorte de retorno del pistón empuja el pistón a la parte inferior de la cámara y obliga al combustible de la parte inferior de la cámara a salir por el orificio de salida y a pasar a la tubería de suministro de la bomba de inyección de combustible.

Si la presión en la tubería de suministro de inyección de combustible es muy alta, la presión de combustible debajo del pistón se resistirá a la fuerza de resorte de retorno del pistón.

Cuando la presión de combustible debajo del pistón y la fuerza de resorte de retorno del pistón se equilibran, el pistón no descenderá el lóbulo de la leva con el botador y la varilla de empuje.

La presión de combustible en la cámara de resorte del pistón cierra la válvula de retención de entrada, y la presión de combustible en el orificio de salida mantiene cerrada la válvula de retención de salida. Esta condición provee una función de regulación de la presión de combustible. La presión de combustible máxima es de 250 kPa (35,6 lb/pulg²).

La bomba de cebado de combustible se usa para cebar manualmente el sistema de combustible. El movimiento hacia arriba y hacia abajo de la bomba enviará el combustible a la bomba de transferencia de combustible, pasando por la válvula de retención de entrada, y dirigirá el combustible al orificio de salida pasando por la válvula de retención de salida.

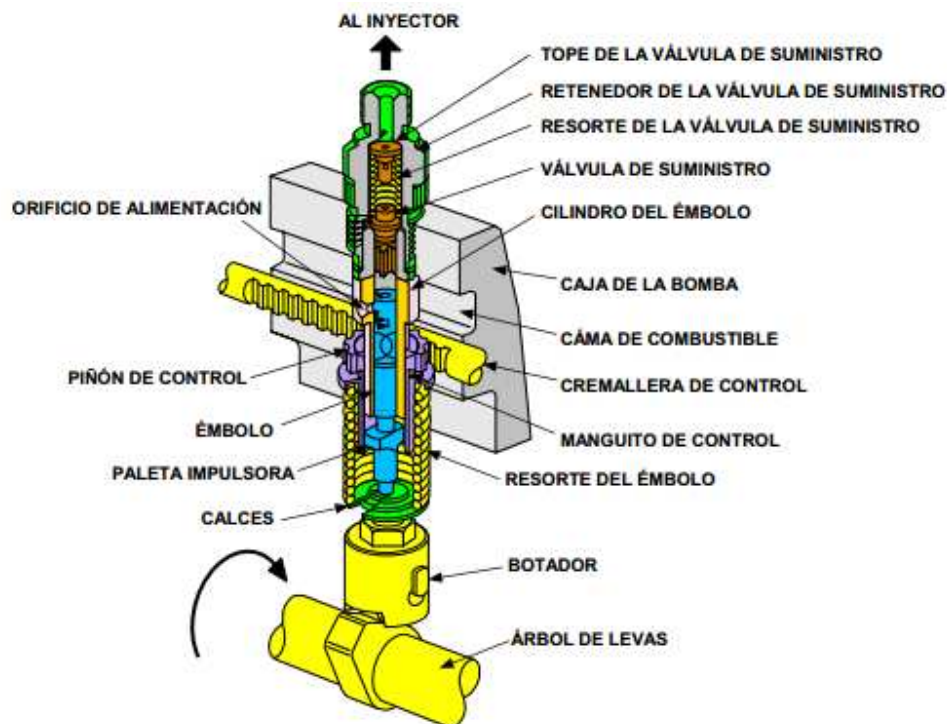


Fig. 7.2.7 Bomba de inyección de combustible

La figura 7.2.7 muestra un corte de una bomba de combustible individual dentro de la bomba de inyección principal de combustible. El émbolo sigue el contorno del lóbulo del árbol de levas de la bomba de combustible por medio del resorte del émbolo y el botador.

A medida que gira el árbol de levas, el botador mueve hacia arriba el lóbulo de leva, comprime el resorte y obliga al émbolo y a la paleta impulsora a ir hacia arriba. A medida que el émbolo se mueve hacia arriba, la presión de combustible de la cámara por encima del émbolo sobrepasa la fuerza de resorte de la válvula de entrega y envía combustible, a través de la tubería de combustible de presión alta, al inyector de combustible.

La posición de la cremallera de control determina la cantidad de combustible que la bomba puede entregar al inyector.

El regulador controla la posición de la cremallera de control. Cada bomba está conectada a la cremallera de control a través del piñón de control. El piñón de control se sujeta al manguito de control. El émbolo y la paleta impulsora se deslizan hacia arriba y hacia abajo en las ranuras del manguito de control. Las ranuras del manguito de control no permiten que el émbolo y la paleta impulsora giren con el manguito, pero obligan al émbolo y a la paleta impulsora a girar con el manguito de control. El movimiento de la cremallera de control por lo tanto hace que el émbolo y la paleta impulsora giren con el manguito de control mientras el tambor permanece fijo en la caja de bomba de inyección de combustible.

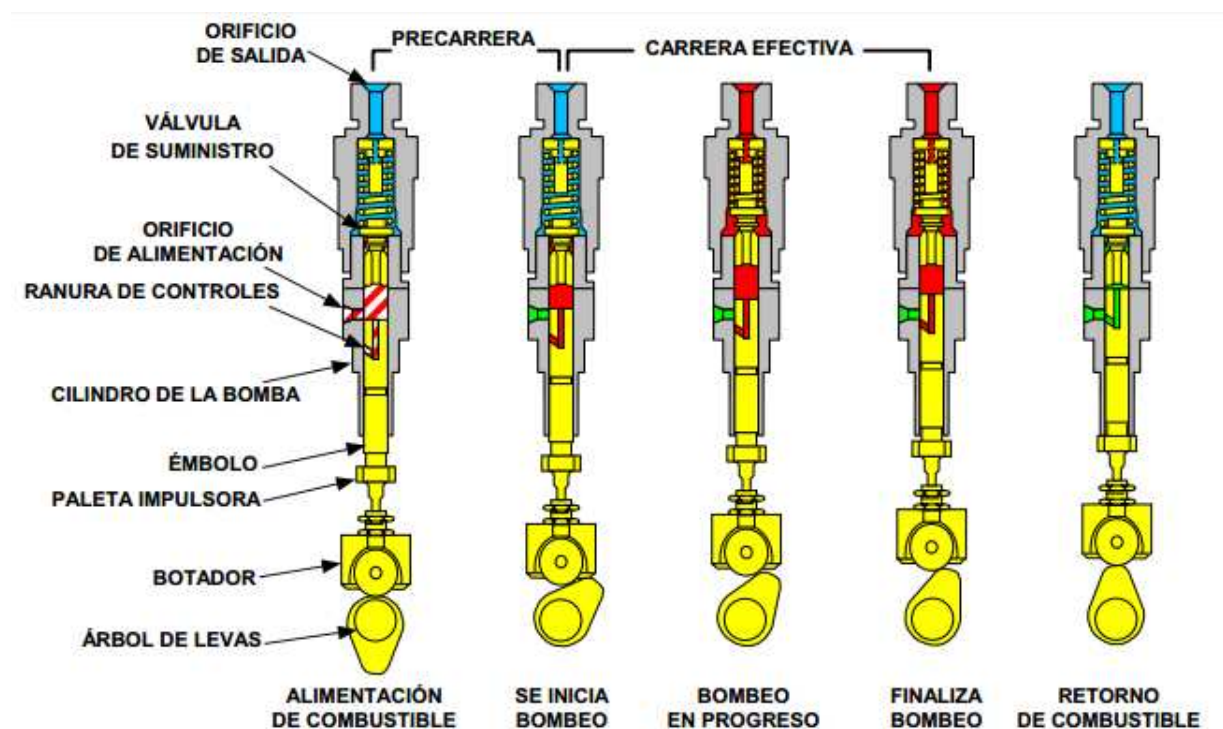


Fig. 7.2.8 Operación de la bomba de combustible

La figura 7.2.8 muestra las diferentes etapas de bombeo de los grupos de bombas individuales en la bomba de inyección de combustible.

Cuando el émbolo está en la parte inferior de su carrera, el combustible de la bomba de transferencia de combustible fluye a la cámara de combustible y al área por encima del émbolo a través del orificio de llenado.

A medida que gira el eje de levas, el émbolo se mueve hacia arriba. Cuando la parte superior del émbolo alcanza el borde superior del orificio de llenado, el émbolo cierra el orificio de llenado y comienza a presurizar el combustible. Éste es el comienzo de la inyección.

A medida que el émbolo se mueve hacia arriba, el combustible presurizado en el tambor empuja la válvula de entrega hacia arriba y fluye a través del orificio de salida y, de la tubería de combustible, al inyector.

La inyección finaliza cuando el borde superior de la hélice en el émbolo deja descubierto el borde inferior del orificio de llenado.

A medida que el émbolo continúa moviéndose hacia arriba, el resto de combustible en el tambor retorna a través del orificio en la parte superior del émbolo y fluye, fuera de la hélice y del orificio de alimentación, a la cámara de combustible. Al mismo tiempo, el combustible presurizado en la tubería de combustible mueve la válvula de entrega hacia abajo, para cerrarla.

La carrera efectiva del émbolo comienza cuando la parte superior del émbolo alcanza el borde superior del orificio de llenado, y termina cuando el borde superior de la hélice en el émbolo deja al descubierto el borde inferior del orificio de llenado. La carrera efectiva cambiará en relación con la posición de la cremallera de control.

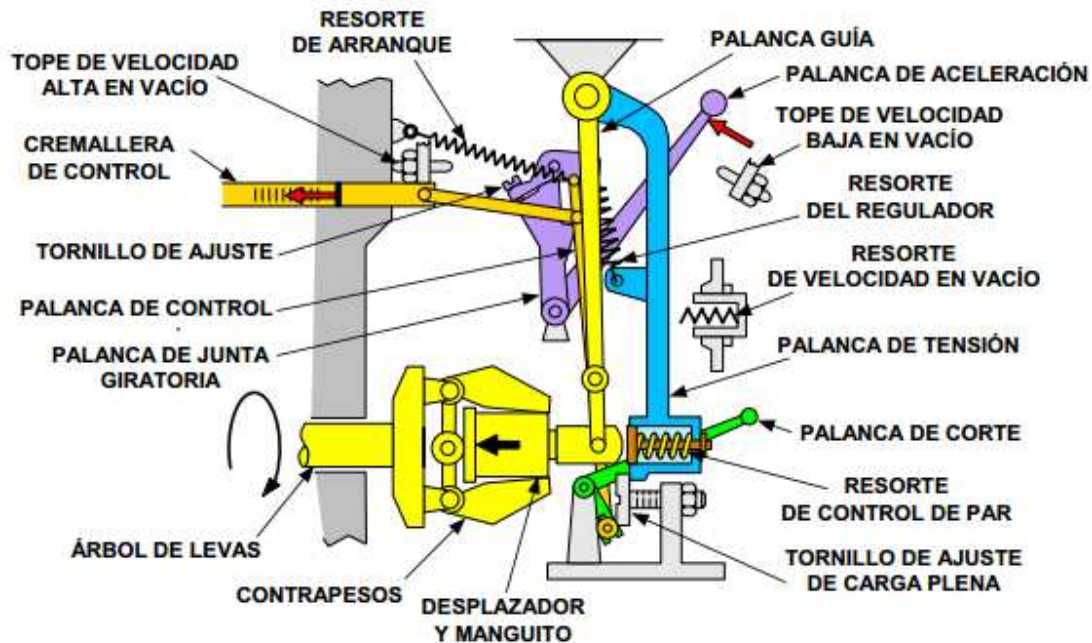


Fig. 7.2.9 Operación del regulador (arranque)

Los componentes del regulador son:

- Tope de velocidad alta en vacío
- Cremallera de control
- Tornillo de ajuste
- Palanca de control
- Palanca de junta giratoria
- Árbol de levas
- Resorte de arranque
- Palanca guía
- Palanca de aceleración
- Tope de velocidad baja en vacío
- Resorte del regulador

El regulador mecánico controla la velocidad del motor y la salida, al ajustar la posición de la cremallera de acuerdo con la posición de la palanca del control de regulador y de la carga del motor.

En el regulador se usan contrapesos montados en la parte trasera del árbol de levas de la bomba de inyección de combustible, para mover la cremallera en la dirección de desactivación de combustible, y el resorte del regulador ajustable mueve la cremallera en la dirección de activación de combustible.

El regulador mueve la cremallera hacia adentro (hacia la bomba de inyección de combustible), para disminuir la carrera efectiva del émbolo de la bomba. La cremallera se mueve hacia afuera (separándose de la bomba de inyección de combustible), para aumentar la carrera efectiva del émbolo de la bomba.

Operación del regulador durante el arranque

Cuando el motor está parado, el resorte del regulador tiene fuerza suficiente para tirar de la palanca de tensión a la izquierda contra el perno del tope de carga máxima. Esta palanca de tensión moverá el desplazador y el manguito, la palanca guía y la palanca de control a la izquierda hacia los contrapesos del regulador. La palanca de control y la cremallera se mantendrán en la posición máxima de activación de combustible máximo por medio del resorte de inicio.

Una vez que el motor arranca, la fuerza centrífuga de los contrapesos sobrepasa la fuerza del resorte del regulador moviendo el desplazador y el manguito, la palanca guía y la palanca de control a la derecha.

El desplazador y el manguito continuarán moviéndose a la derecha hasta que la fuerza de los contrapesos se equilibre con la tensión de resorte del regulador y el resorte de velocidad baja en vacío.

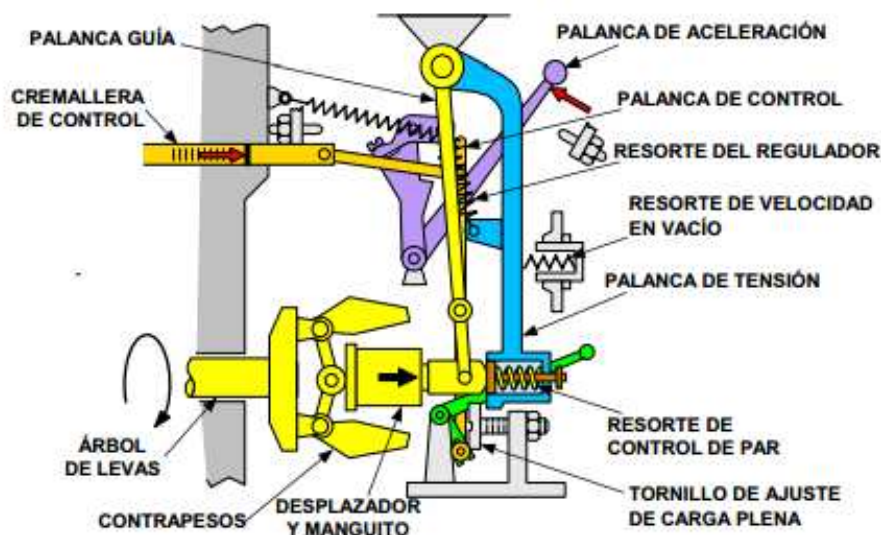


Fig. 7.2.10 Operación del regulador (velocidad baja en vacío)

Con la palanca de aceleración en la velocidad baja en vacío, la fuerza del resorte del regulador en la palanca de tensión es leve. La fuerza centrífuga de los volantes mueve el desplazador y el manguito a la derecha.

La palanca de tensión se mueve a la derecha y entra en contacto con el resorte de velocidad en vacío. En velocidad baja en vacío, la fuerza de los contrapesos se equilibra con la del resorte del regulador y del resorte de velocidad en vacío.

El resorte en la cápsula de par también se comprime ligeramente.

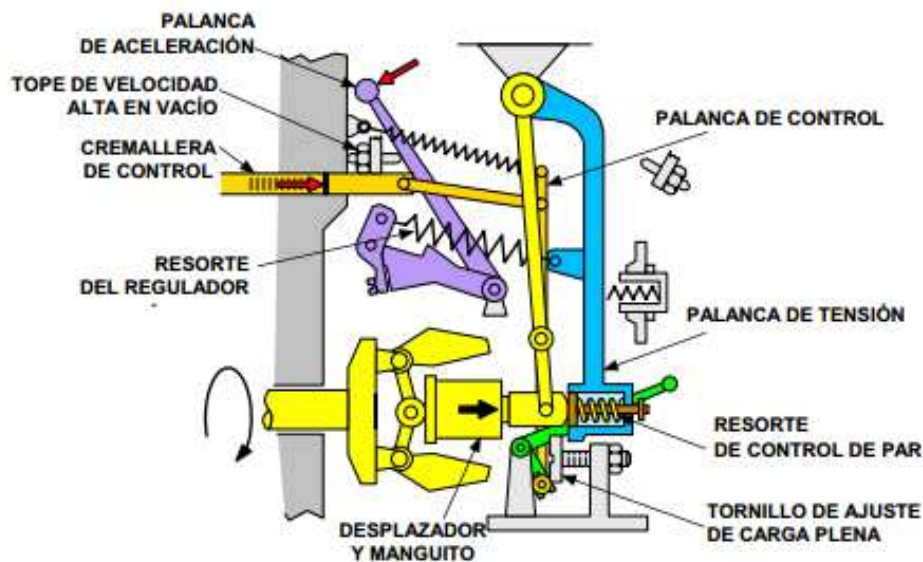


Fig. 7.2.11 Operación del regulador en operación alta en vacío (sin carga)

Con la palanca de aceleración en posición de velocidad alta en vacío sin carga en el motor, es máxima la fuerza del resorte del regulador en la palanca de tensión. La palanca de tensión se moverá a la izquierda hacia el perno de tope de carga máxima. La palanca de tensión moverá el desplazador y el manguito, la palanca de control y la palanca guía a la izquierda, lo cual aumenta la posición de la cremallera, la entrega de combustible y la velocidad del motor.

A medida que la palanca de tensión continúa moviéndose a la izquierda, el resorte de la cápsula de par se comprime.

A medida que el motor aumenta la velocidad, la fuerza centrífuga de los contrapesos aumenta a un valor mayor que la fuerza del resorte del regulador. El desplazador y el manguito, la palanca guía y la palanca de control se moverán hacia atrás a la derecha,

desplazarán la cremallera hacia la posición de desactivación de combustible y disminuirán la entrega de combustible. La palanca de tensión continuará moviéndose a la derecha hasta hacer contacto y comprimir el resorte de velocidad en vacío. Cuando la fuerza de los contrapesos y la del resorte regulador se equilibran, la velocidad del motor se estabilizará a velocidad alta en vacío.

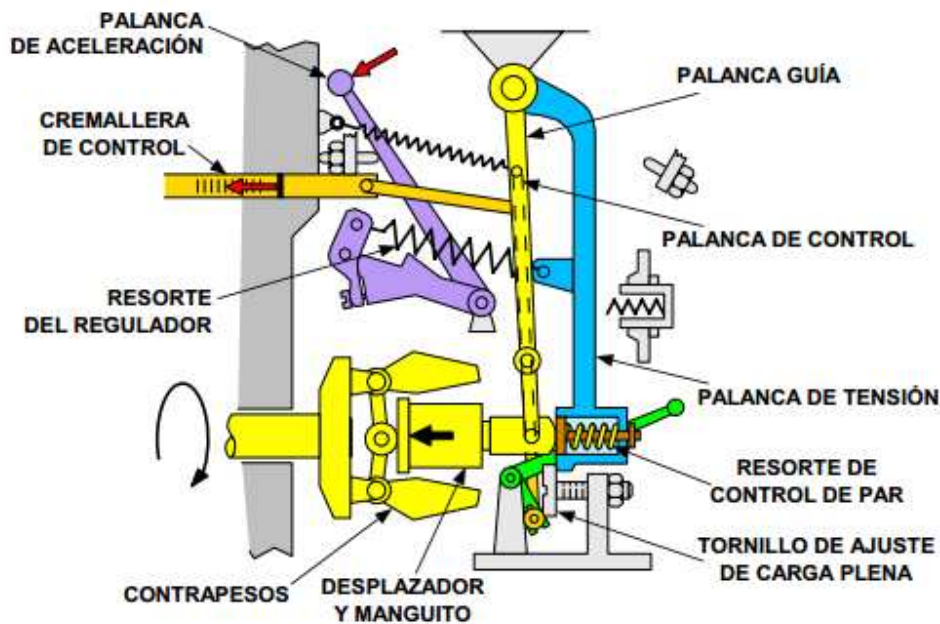


Fig. 7.2.12 Operación del regulador en operación alta en vacío (carga plena)

A medida que aumenta la carga del motor, disminuye la fuerza centrífuga en los contrapesos. La fuerza del resorte del regulador moverá la palanca de tensión a la izquierda hasta hacer contacto con el perno de tope de carga plena. La palanca de tensión moverá el desplazador y el manguito, la palanca de control y la palanca guía a la izquierda, lo cual aumenta la posición de la cremallera hasta el ajuste de combustible de carga plena.

La palanca de tensión no se moverá más allá del valor de combustible de carga plena controlado por el perno de tope de carga plena. A medida que la carga del motor continúa aumentando y la fuerza de los contrapesos continúa disminuyendo, el resorte de la cápsula de par moverá el desplazador y el manguito, la palanca de control y la palanca guía una cantidad pequeña a la derecha de la posición de combustible máximo (valor de combustible de par máximo).

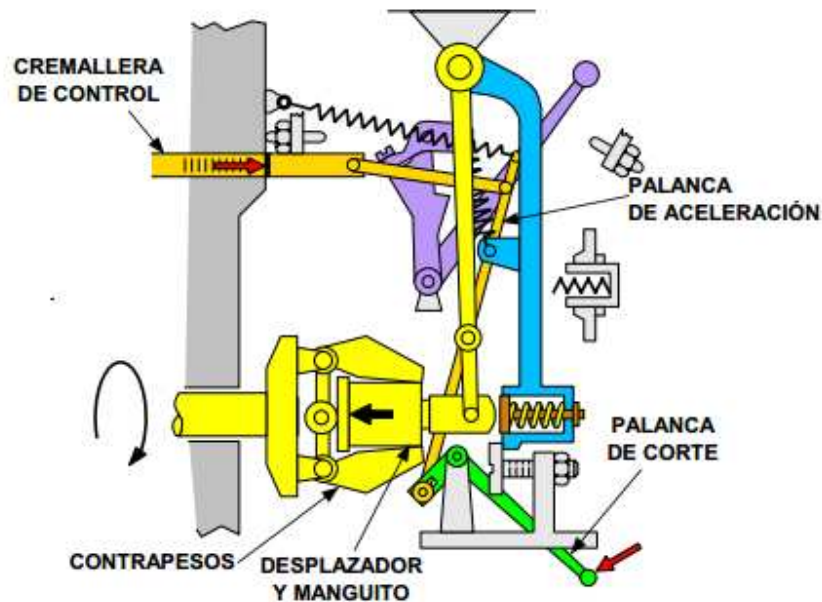


Fig. 7.2.13 Operación del regulador (parada del motor)

Para parar el motor, gire el interruptor de llave de contacto a la posición DESCONECTADA. El sincronizador de apagado del motor activará el solenoide de parada del motor. El solenoide activado mueve la palanca de corte, la cual a su vez mueve la palanca de control y la cremallera de control a la derecha a la posición de desactivación de combustible.



Fig. 7.2.14 Caja de la bomba de combustible

Los botadores, los resortes de retorno y los émbolos de la bomba pueden quitarse de la parte inferior de la caja de la bomba de combustible después de quitarse el árbol de levas.

Antes de quitar el árbol de levas, debe instalarse un soporte de botador en cada botador cuando el resorte de retorno esté comprimido totalmente. Esto sostendrá el botador por encima de la superficie del árbol de levas.

Una vez que se quite el árbol de levas, se puede usar un compresor de resorte para comprimir el resorte y quitar el soporte del botador del levantador. Entonces, afloje el compresor del resorte y quite el botador, el resorte y el émbolo de la caja de la bomba.



Fig. 7.2.15 Revisión del juego axial del árbol de levas

Durante el armado de la bomba de inyección de combustible, debe revisarse el juego axial del árbol de levas. Los soportes de los botadores deben dejarse en su lugar para evitar la descarga del resorte en el eje de levas y la posibilidad de una lectura incorrecta.

Si el juego axial del árbol de levas no es correcto, quite el árbol de levas y haga un ajuste al paquete de calces entre los cojinetes y el árbol de levas.



Fig. 7.2.16 Caja del regulador

Durante el armado del regulador, el tornillo de ajuste de caída de velocidad (flecha) debe ajustarse a la especificación de la Technical Marketing Information (TMI). Para hacer un ajuste, gire el tornillo a la derecha hasta que llegue al fondo en la palanca de junta giratoria. Entonces, devuelva el tornillo hasta el número especificado de clics de acuerdo con la información en la TMI.

Si se afloja el tornillo más de 20 clics puede hacer que se suelte de la palanca de junta giratoria.

El perno de tope de carga plena se puede ver en el fondo de la caja del regulador. Éste es un ajuste externo que debe hacerse en el banco de pruebas.

Unidad 8: Sistema de Combustible Common Rail.

