CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

# Cuaderno del Instructor
# Módulo 5: “Mantenimiento motores diésel”.
# PFMME-3-02/V.1-[PE01-M05/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

**Equipo Consejo Minero**

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

**Equipo Innovum Fundación Chile**

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

## Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

## Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

# Contribución del CCM

### Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

### Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

### Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

### Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

## Índice

**Módulo V: Mantenimiento de Motores Diésel ..... 8**
**1. Operación y funcionamiento del Motor Diésel ..... 9**
1.1 Sistema de admisión y escape ..... 28
1.2 Sistema de lubricación del motor ..... 43
1.3 Sistema de refrigeración ..... 55
1.4 Sistema de inyección por riel común ..... 64
**2. Dispositivos electrónicos del motor ..... 81**
2.1 Switch de temperatura de aceite de freno ..... 86
2.2 Emisores ..... 92
2.3 Sensores ..... 93
2.4 Sensores de frecuencia electrónicos o digitales ..... 98
2.4 Sensores análogos ..... 108
2.5 Sensores análogos digital ..... 111
**3. Sistema Eléctrico de 24 volt ..... 113**
3.1 Corriente eléctrica ..... 113
3.2 Componentes eléctricos que integran un circuito ..... 120
3.4 Circuitos Eléctricos y su Mantención ..... 147
3.5 Circuitos de carga y su mantención ..... 156
3.6 Motor de arranque ..... 161
3.7 Análisis del sistema de carga ..... 175
3.8 Motor de arranque ..... 194
3.9 Circuitos de luces y su mantención. ..... 214
**4. Mantenimiento Preventivo de Motores Diésel. ..... 237**
Actividad N° 12 ..... 282
Actividad N° 13 ..... 290
Actividad N° 14 ..... 297
Actividad N° 15 ..... 303
Actividad N° 16 ..... 309
Actividad N°17 ..... 317
Actividad N°18 ..... 322

## Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Mantenedor Mecánico Avanzado Equipos Móviles.

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se indican a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo, el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los objetivos planteados para la actividad.

**Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.**

Respecto de las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas correctas. La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75% de aciertos.

# Módulo V: Mantenimiento de Motores Diésel

## 1. Operación y funcionamiento del Motor Diésel

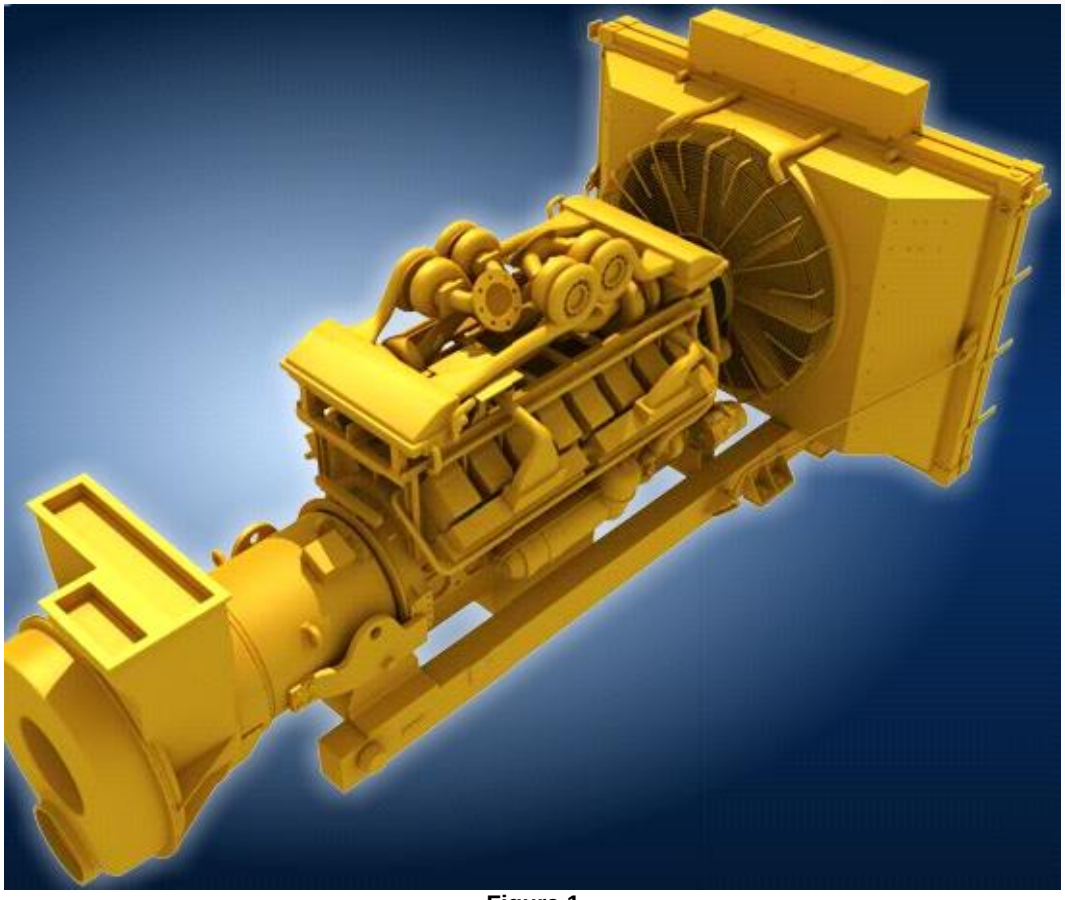


**Figura 1**

**Unidad de potencia de camión eléctrico KOMATSU**

Como se puede observar en esta imagen el motor es uno de los elementos más importantes dentro de nuestros equipos, por tal motivo, es necesario conocer sus principios de funcionamiento, con la finalidad de no generar causas raíces de falla.

Gran cantidad de fallas se generan en los equipos, muchas de estas fallas tienen como origen el motor, por tal motivo para los técnicos especialistas, es de vital importancia acotar estas fallas, para poder descartar el motor es necesario tener sólidos conocimientos de este, ya que cualquier problema de potencia que afecte al motor, también afectara los demás sistemas.

## La composición del aire

La atmósfera de la tierra, si se la considera en su forma pura sin contaminación, está compuesta de:

- 78% de nitrógeno
- 21% de oxígeno
- 1% de otros

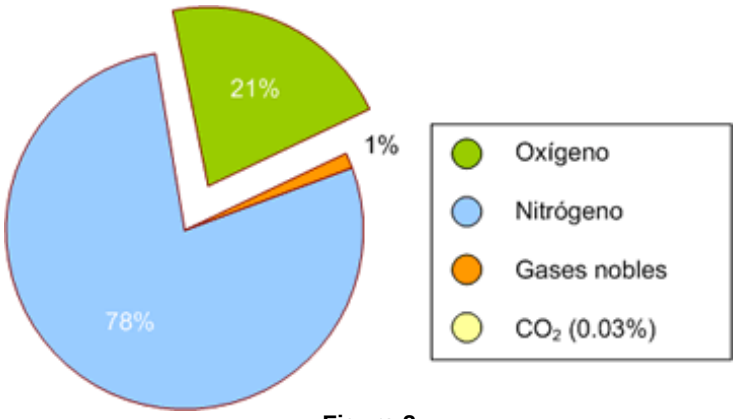



**Figura 2**

## Contenido de la atmósfera

El “1% de otros” consiste en gases como el argón, el hidrógeno, el neón y el helio, junto con otros gases raros. El oxígeno es naturalmente el más importante ya que no sólo sostiene la vida sino también es el único gas que permite la combustión. Sin el oxígeno el combustible no se quema. Desafortunadamente la combinación de aire y combustible no sólo involucra al oxígeno, ya que el nitrógeno también juega un papel importante.

## Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son los hidrocarburos (HC) que están formados de una combinación de hidrógeno y carbono. Estos combustibles derivan del petróleo crudo que se encuentra en pozos o depósitos subterráneos.

Los combustibles pueden refinarse por medio de diferentes métodos siendo los más comunes la refinación catalítica y la desintegración térmica. La refinación catalítica utiliza un catalizador que divide el petróleo crudo en diferentes formas mientras que la desintegración térmica usa calor. La primera produce un combustible con un contenido de azufre más bajo que la segunda. Debido a las exigencias de cada tipo de combustible y las distintas características que cada uno de ellos debe tener, se le agregan aditivos para modificar la forma en que dichos combustibles se queman en el motor.

Algunos tipos de petróleo crudo son más útiles para aceites lubricantes debido a su composición, mientras que otros son más adecuados para combustibles. El petróleo

crudo canadiense es adecuado para distintos tipos de combustible como diésel, gasolina, parafina y otros productos.

### 1) Volatilidad

La volatilidad es la capacidad que tiene un líquido de convertirse en vapor. Se dice que la gasolina tiene un alto índice de volatilidad ya que se evapora con rapidez a temperatura ambiente. El combustible diésel, tiene una volatilidad muy baja ya que se evapora con extrema lentitud a temperatura ambiente. A medida que la temperatura de un líquido aumenta, crece también la facilidad con la cual se evapora. Cuando la temperatura llega al punto en que no puede evaporar más rápido, el líquido alcanza el punto de ebullición.

### 2) Combustible diésel

El combustible diésel se produce utilizando el mismo proceso que se usa para la gasolina. Este tipo de combustible tiene un índice distinto al de la gasolina ya que su proceso de ignición y sus cualidades son diferentes (Dibujo 2).

### 3) Poder calorífico

El poder calorífico indica la cantidad de potencia que puede producir en un motor el combustible en combustión. El combustible diésel proporciona mayor poder calorífico y, en consecuencia, mayor potencia que la gasolina, el propano o el gas natural. El calor se mide en Unidades Térmicas Británicas (BTU).

| Combustible | Peso promedio por galón (lbs) | Btu promedio por galón |
|---|---|---|
| Diésel | 7,1 | 138.000 |
| Gasolina | 6,0 | 124.000 |
| Propano | 4,2 | 92.000 |
| Butano | 4,8 | 102.000 |

**Tabla 1**

**Comparación de valores calóricos**

**Densidad**

La densidad de un cuerpo es su masa por unidad de volumen (unidades Kg/mt$^3$, gr/cm$^3$)

**Densidad relativa**

Es la razón (relación) de la densidad de una sustancia, en comparación con la de una segunda (comúnmente es el agua), estando las dos a una temperatura determinada.

**Punto de oscuridad**

El combustible diésel contiene parafina (cera) y la temperatura lo afecta con mayor facilidad que a la gasolina. Cuando la temperatura desciende a un cierto punto, la cera comienza a cristalizarse en el combustible y éste se vuelve oscuro. Esto se denomina punto de oscuridad. No todos los combustibles tienen el mismo punto de oscuridad, aquellos de alta calidad para uso en invierno pueden resistir la temperatura baja mejor que los combustibles de baja calidad o para uso en verano.

**Viscosidad del combustible**

A medida que la temperatura desciende el punto de oscuridad, la parafina comienza a coagularse y finalmente impide que el combustible fluya a través del sistema. Esto se denomina temperatura de fluidez crítica, un alto índice de temperatura de fluidez crítica indica que el combustible no es utilizable en clima frío.

La viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir. La temperatura afecta la viscosidad, ya que los líquidos fríos no fluyen con la misma facilidad que los líquidos calientes. Si la viscosidad del combustible es demasiado alta, éste se inyectará en gotas grandes que son difíciles de quemar. El combustible de baja viscosidad no lubrica ni enfría en forma adecuada los inyectores y la bomba. Una viscosidad correcta es importante para obtener un buen funcionamiento.

## Índice de cetano

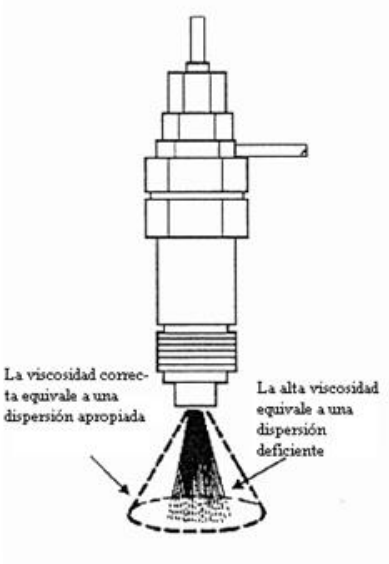



**Figura 3**

La volatilidad del combustible diésel es mucho menor que la de la gasolina. Si se calientan al mismo tiempo, la gasolina se evapora con rapidez mientras que el diésel lo hace con lentitud y se quema sólo cuando alcanza una cierta temperatura.

El índice de cetano es la medición de la calidad de ignición del combustible diésel. El cetano es un hidrocarburo líquido incoloro que tiene excelentes cualidades de ignición en los motores diésel. El cetano tiene un valor de 100. La naftalina de metilo es un químico que no se quema y cuyo valor equivale a 0. El combustible diésel se examina contra una mezcla de cetano y naftalina de metilo para determinar su índice.

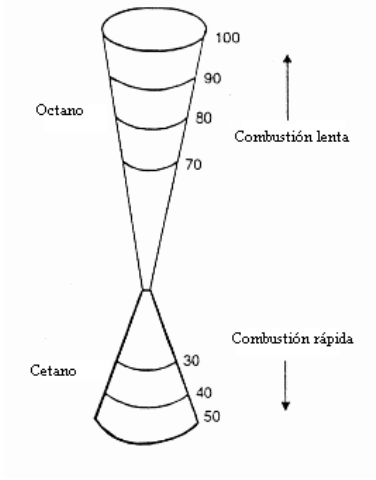



**Figura 4**

## Comparación de combustibles

El índice de la mayoría de los combustibles diésel promedia entre los 30 y 60. Aquellos con una alta cantidad de cetano encienden con mayor rapidez que los que tienen una baja cantidad de cetano. Las aplicaciones de combustible diésel para diferentes climas requieren del uso de distintos índices de cetano. Los climas fríos exigen un índice de cetano superior al de los climas cálidos.

**Residuos de carbono**

La cantidad de residuos de carbono que permanece en la cámara de combustión, depende de la calidad de combustible que se utiliza. Los motores diésel pequeños no pueden tener un exceso de acumulación de carbono y deben funcionar con combustibles de alta calidad. Aunque los motores diésel más grandes pueden soportar mayor acumulación, debe evitarse el uso de combustibles de calidad inferior con el fin de prolongar la vida del motor.

**Contenido de azufre**

El contenido de azufre en el diésel y en la gasolina depende de la calidad y el método de refinación. Un exceso de azufre en el combustible produce un aumento en el desgaste del cilindro y los anillos e incrementa la formación de sedimento, ácidos y depósitos en el motor.

**Aditivos**

Los combustibles diésel de alta calidad tienen inhibidores de oxidación para evitar la formación de óxido en el estanque y el sistema debido al agua. El agua y el combustible no se mezclan y pueden producir serios problemas si no se filtran hacia el exterior antes de la inyección.

**Descripción del proceso de combustión**

**Combustión de la mezcla aire combustible**

El encendido de mezcla en la proporción correcta en los motores de combustión interna libera energía calórica y proporciona la potencia necesaria para mover el equipo y hacerlo trabajar.

Las leyes básicas de la física establecen que la energía no puede crearse o destruirse sino sólo cambiar su forma. Esto significa que la potencia que se logra de los combustibles fósiles debe obtenerse creando calor por medio de la combustión. Este calor crea a su vez altas presiones en la cámara de combustión que el motor convierte en movimiento rotatorio. Existen diversos factores que afectan la forma en que el combustible se quema en el motor y los resultados de dicha combustión. Algunos de los factores que afectan la combustión son:

- El tamaño y la forma de la cámara de combustión
- El calor de la combustión
- Las mezclas ricas
- Las mezclas pobres

- La altitud
- La humedad
- La falta de mantenimiento básica del motor
- El desgaste y deterioro del motor

Algunos factores como la construcción de la cámara de combustión, las mezclas de combustible y el mantenimiento del motor pueden controlarse. Otros como la altitud y la humedad no pueden controlarse, pero sí compensarse.

Más que quemar el combustible en forma precisa, el motor de combustión interna produce ciertas reacciones muy extrañas en el aire y los hidrocarburos cuando estos se mezclan y se encienden en un medio de temperatura y presión altas.

**Fuentes de contaminación**

La contaminación de la atmósfera no se escapa a las emisiones de los motores de combustión interna. Por ejemplo, si bien los motores de combustión interna son responsables de la mayoría de los hidrocarburos, existen otras fuentes como la industria, el calentamiento, la quema de basuras y fuentes naturales como algunas especies coníferas. Los científicos estiman que existen más de 200 tipos diferentes de hidrocarburos sobre la tierra.

**Emisiones de motores diésel**

Los motores diésel emiten contaminantes. El combustible es un hidrocarburo con aditivos derivados adicionales de la destilación. Las emisiones de un motor diésel incluyen:

- Hidrocarburos
- Monóxido de carbono
- Óxidos de nitrógeno
- Humo

**Hidrocarburos**

Los hidrocarburos pueden producirse desde el tubo de escape debido a una combustión incompleta o daño en el motor. Se pueden producir también por evaporación desde el estanque o por grietas en el sistema de combustible que permiten que el combustible diésel salga del estanque o los conductos.

**Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono se produce por la combustión inadecuada como en el motor de gasolina. La mezcla incorrecta del combustible resulta en la falta de oxígeno para completar el proceso de combustión.

**Óxidos de nitrógeno**

Debido a las altas temperaturas y presiones de la combustión el motor diésel produce óxidos de nitrógeno. La mayoría de las reglamentaciones permite niveles mayores de emisión de óxidos de nitrógeno a los motores diésel que a los de gasolina.

**Humo (Partículas)**

El humo de los motores diésel se presenta cuando se distribuyen cantidades excesivas de combustible al motor y éste no se quema en forma completa. Esto puede ocurrir cuando el operador demanda combustible extra apretando el pedal o debido a que el sistema de combustible está desgastado o fuera de ajuste.

Las emisiones de humo son una indicación de los gases producidos por la combustión en los motores. Las emisiones del motor diésel se examinan observando la opacidad del humo durante la aceleración y el arrastre. El humo puede fluctuar entre 0% (claro) y 100% (grueso y negro) durante el examen.

**Principios de funcionamiento de los motores de combustión interna**

Un motor de combustión interna es básicamente un recipiente en el cual se quema una mezcla de aire y combustible. Esta mezcla se expande con rapidez mientras se quema creando una fuerza que ejerce presión contra un pistón. Con la fuerza del gas en expansión sobre él, el pistón tiene el potencial para realizar el trabajo. Un motor de combustión interna convierte la energía calórica del combustible en energía mecánica de trabajo.

**Motor de 4 tiempos**

Un motor de combustión interna funciona en la siguiente secuencia de eventos:

- Admisión
- Compresión
- Potencia
- Escape

**Motores de ciclo de cuatro carreras de pistón**

El ciclo de cuatro carreras de pistón es común en los motores diésel y de gasolina. Las operaciones son las mismas, pero existen ciertas diferencias importantes que deben mencionarse. Observemos el ciclo de cuatro carreras de pistón que utilizan los motores de gasolina y comparémoslo luego con el diésel.

Una carrera es el movimiento del pistón desde su posición más alta (punto muerto superior) en el cilindro a su posición más baja (punto muerto inferior). Una carrera completa equivale a media revolución del cigüeñal o 180° de rotación.

### Carrera de admisión

En un motor de gasolina de 04 tiempos, se inicia con la carrera de admisión. La rotación del cigüeñal baja el pistón desde el punto muerto superior. En ese momento se cierra la válvula de escape y se abre la válvula de admisión. El movimiento descendente del pistón produce un vacío parcial o baja presión en el cilindro. Como resultado de esto la mezcla aire-combustible es arrastrada dentro del cilindro por la presión atmosférica a través de la válvula de entrada abierta. La válvula de escape permanece cerrada para evitar que la mezcla se pierda a través del puerto de descarga (PMS al PMI).

En los motores diésel sólo el aire entra en la cámara de combustión durante la carrera de admisión. El combustible y el aire no se mezclan en el múltiple porque el diésel está equipado sólo con entrada de aire. El diésel presenta un llenado con mayor facilidad de los cilindros, debido a la escasa restricción que hace el sistema de admisión.

### Carrera de compresión

La carrera de compresión se inicia cuando el pistón pasa el punto muerto inferior y vuelve a ponerse en movimiento ascendente (PMI al PMS). La válvula de admisión se cierra y la de escape permanece cerrada. El aire se encuentra ahora atrapado en el cilindro sobre el pistón y comprimido a un volumen muy pequeño en la parte superior de la carrera. El diésel comprime el aire a un mínimo de aproximadamente 17:1. La compresión de la mezcla es importante para el desarrollo de la potencia. Mientras mayor es la compresión, más presión existirá sobre el pistón. Cuando la mezcla se encienda.

### Carrera de escape

La carrera de descarga es el mismo en ambos tipos de motor. La válvula de escape se encuentra abierta mientras la rotación del cigüeñal empuja el pistón de manera ascendente en el cilindro (PMI al PMS). Esto expulsa los gases quemados a través del puerto de descarga. El ciclo se repite cuando el pistón pasa el punto muerto superior.

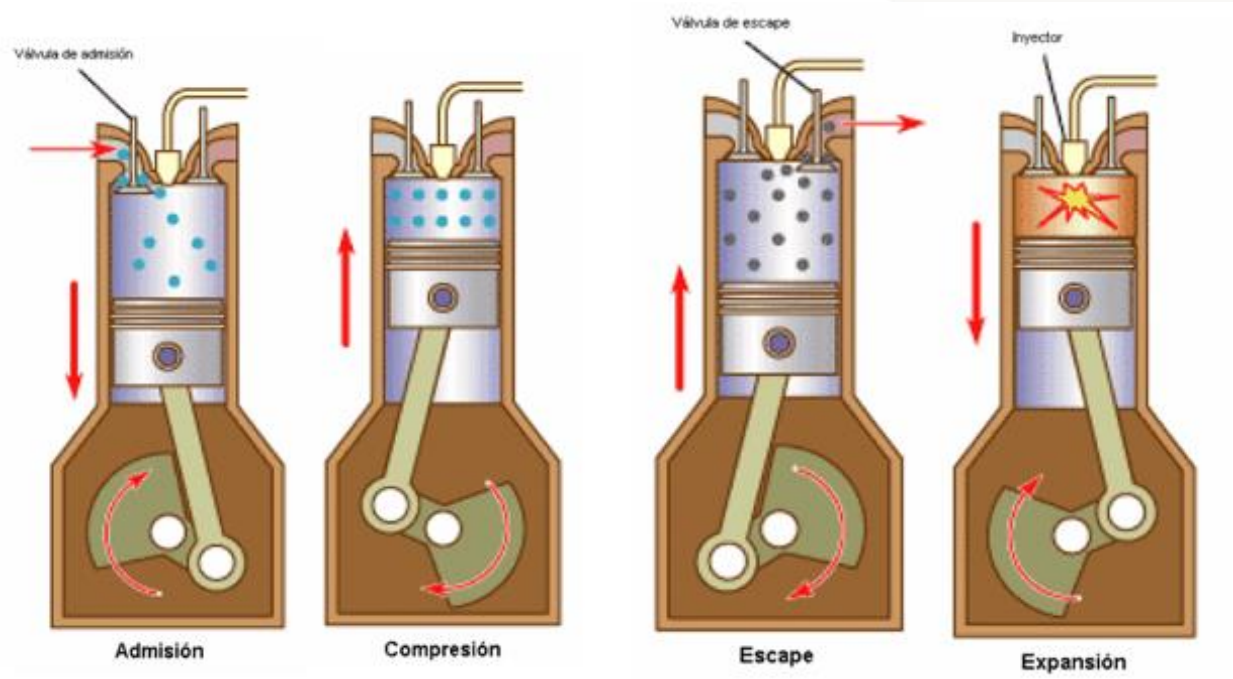



**Figura 5**

Un motor utiliza dos formas de movimiento para transmitir la energía:

1. Movimiento alternativo que puede ser de arriba abajo o de un lado a otro.
2. Movimiento rotatorio que es circular alrededor de un punto.

Un motor convierte movimiento alternativo en movimiento rotatorio, utilizando cuatro partes básicas. El pistón y el cilindro se ajustan en forma precisa por lo que el pistón se desliza con facilidad en el cilindro con un mínimo de holgura en las paredes. Existe suficiente espacio sobre el pistón para la cámara de combustión.

La parte superior del cilindro la cierra una tapa de culata. La biela transmite el movimiento del pistón al cigüeñal. Un cigüeñal simple tiene una sección descentrada de la línea central del eje para que se acode cuando éste gira. La carrera del pistón (la distancia que recorre en el cilindro) se determina por la carrera de los cigüeñales (la distancia en que está descentrada).

El movimiento oscilante de la biela y el descentrado de los cigüeñales convierten el movimiento vertical del pistón en movimiento rotatorio en los cigüeñales.

**Combustible, aire y combustión**

Grandes cantidades de aire pueden envasarse en pequeños cilindros debido a que éste puede comprimirse. Una vez comprimido el aire se recalienta debido a que sus moléculas se rozan unas a otras produciendo calor. Esta producción de calor es muy importante para el proceso de combustión porque ayuda a vaporizar el combustible en el cilindro ya que éste se quema sólo en estado vaporizado. En un motor de combustión interna sólo se quema el combustible vaporizado.

La proporción exacta de aire combustible es importante para una combustión eficaz. La mejor proporción para lograr un buen funcionamiento es aproximadamente 15 partes de aire por 1 parte de combustible. Además el combustible debe quemarse con rapidez a un nivel controlado para proporcionar la fuerza necesaria que produzca potencia completa del motor; sin embargo, si se quema con demasiada rapidez o explosión el motor puede resultar dañado. El nivel de combustión puede controlarse regulando:

- La volatilidad del combustible
- La proporción de combustible en la mezcla aire combustible
- La presión y el calor del aire

**Suministro, compresión e ignición de mezclas aire combustible**

En los motores de gasolina el combustible y el aire se mezclan en el múltiple fuera de los cilindros. La mezcla es arrastrada dentro del cilindro por el vacío parcial que se produce durante la carrera de admisión del pistón. En los motores diésel no existe un premezclado de aire y combustible fuera del cilindro. Sólo el aire entra en el cilindro a través del múltiple de entrada.

En el caso del motor de gasolina, la mezcla aire combustible se comprime después de entrar en el cilindro. En los motores diésel se comprime sólo el aire. La cantidad de aire o aire-combustible que se comprime se denomina “relación de compresión”. Un motor de gasolina común y corriente tiene una relación de compresión de aproximadamente 8,5 a 1, mientras que las relaciones de 17 a 1 o superiores son frecuentes en los motores diésel

En los motores de gasolina la mezcla aire combustible se enciende por medio de una bujía. En un motor diésel el combustible se pulveriza dentro del cilindro y se mezcla con el aire que está comprimido.

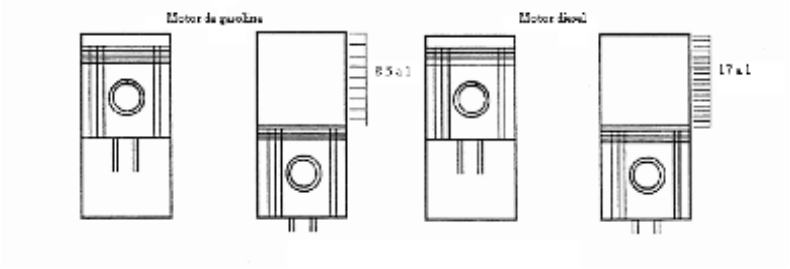



**Figura 6**

**Relaciones de compresión**

Luego el combustible se enciende por el calor (unos 538° C o 1000° F) del aire densamente comprimido. Las relaciones de compresión más altas hacen más eficaces a los motores diésel que a los de gasolina. Una relación de compresión más alta permite mayor expansión de los gases en el cilindro después de la combustión, lo que origina una carrera con mayor potencia. Como resultado del aumento de estas fuerzas,

los motores diésel se construyen de partes más resistentes que los motores de gasolina y generalmente son más caros de construir y mantener.

### Clasificación de los motores

Los motores pueden caracterizarse o clasificarse de acuerdo con:

- El número de cilindros
- La disposición de los cilindros
- La disposición de las válvulas
- El número de tiempos
- El tipo de combustible quemado
- El tipo de enfriamiento de motor
- El método de aspiración

### Número de cilindros

La mayoría de los motores tienen cilindros múltiples de dos a dieciséis y la mayor parte consta de un número par de cilindros en lugar de uno impar. Los motores de cilindros múltiples tienen la ventaja de entregar un flujo más continuo y regular de potencia que los motores de un sólo cilindro. Los motores de cilindros múltiples utilizan un cigüeñal común con todos los pistones y bielas conectadas a él.

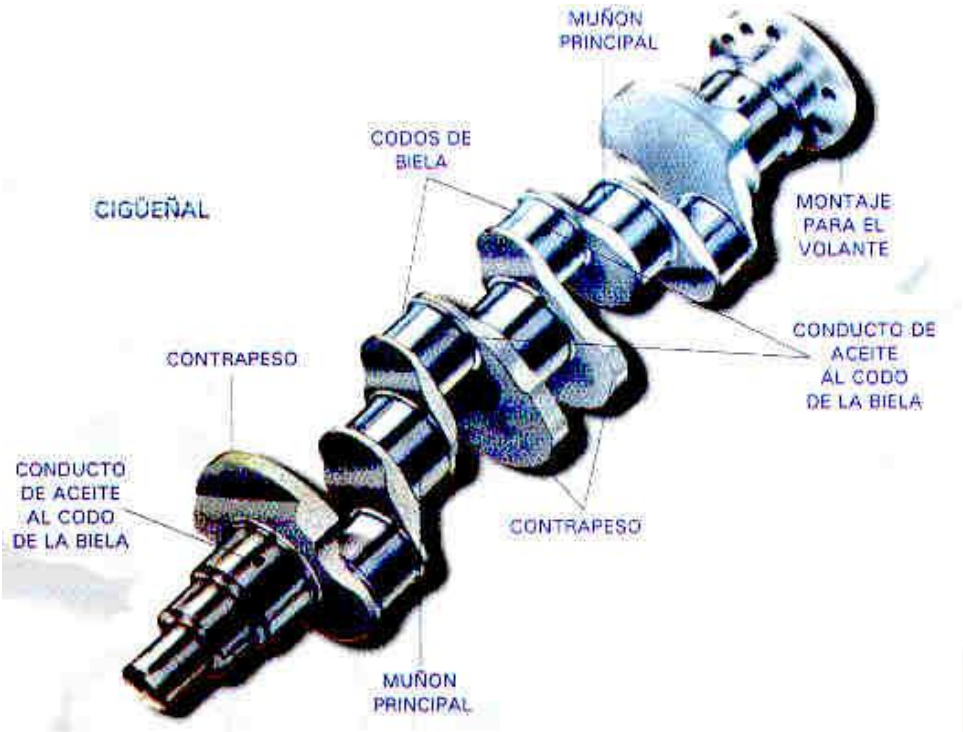



**Figura 7**

**Cigüeñal**

El cigüeñal está formado para que todos los pistones completen un ciclo (admisión, compresión, potencia y escape) en una revolución en motores de dos tiempos y en dos revoluciones en motores de cuatro tiempos. Los contrapesos en el cigüeñal equilibran las fuerzas de las partes en movimiento rápido dentro del motor. Una rueda volante pesada conectada a la parte posterior del cigüeñal permite balancear los impulsos de potencia de los pistones producto de las explosiones en estos.

**Disposición de los cilindros**

Los motores de cilindros múltiples están hechos en una de tres configuraciones. La disposición de cilindros en línea tiene todos los cilindros en una línea recta sobre el cigüeñal. La disposición en V tiene dos grupos de cilindros puestos en V sobre el cigüeñal. La disposición opuesta tiene dos filas de cilindros horizontales, uno a cada lado del cigüeñal. En línea y en V son las disposiciones de cilindros más comunes en los motores de servicio pesado.

Generalmente los cilindros en un motor están numerados. Los cilindros en línea se enumeran 1, 2, 3, 4, etc., empezando en el extremo más lejano del motor desde la rueda volante. La numeración de cilindros para las disposiciones en V y opuesta varían según el fabricante.

**Figura 8**

**Cilindro o camisa húmeda, nótese los canales para los sellos (QSK60)**

## Disposición de las válvulas

Otra forma común de clasificar los motores es por medio de la disposición de las válvulas de entrada y descarga. Las válvulas pueden ubicarse en diferentes posiciones en la tapa de cilindro o bloque de cilindro.

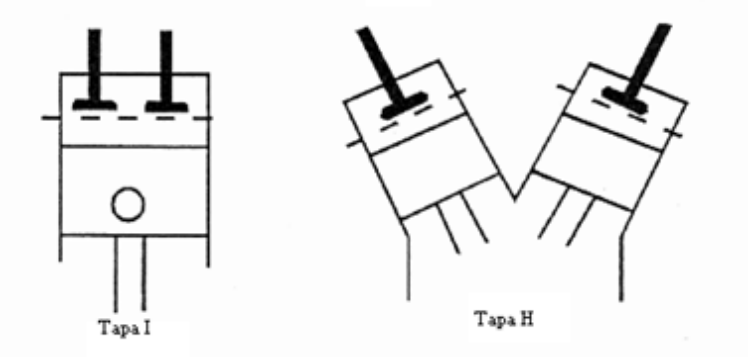



**Figura 9**

## Disposición de las válvulas

La tapa I y la tapa H se conocen también como sistemas de válvulas en altura y son las disposiciones de válvulas más comunes.

Los ejes de leva se ubican en diferentes posiciones en el motor según los requisitos de funcionamiento y fabricación. El eje de leva puede ubicarse en el bloque y las válvulas operar a través de un sistema de seguidores de levas, varillas de empuje y ejes oscilantes o pueden estar sobre las válvulas en un diseño en altura.

**Figura 10**

**Disposición de válvulas en culata motor Cummins**

## Tipos de enfriamiento de motores

Los motores se pueden clasificar también de acuerdo a su sistema de enfriamiento. Existen dos tipos básicos de sistemas de enfriamiento: líquido o aire. Generalmente los sistemas enfriados con aire se usan en motores pequeños. Un ejemplo de motor diésel que utiliza enfriamiento con aire es el motor Deutz. El enfriamiento con líquido es el método más común.

## Métodos de aspiración

Los motores tienen diferentes métodos para tomar aire o respirar. El motor diésel hace entrar el aire al cilindro, a través de válvulas o puertos. Se puede ayudar a este proceso con el uso de turbo cargadores o súper cargadores para que pueda entrar más aire al cilindro normalmente por medio de la aspiración natural (aumentar densidad).

## Fórmulas para los motores de combustión interna

## Potencia mecánica

El principio operativo básico del motor de combustión interna es la transformación de la energía calórica del combustible en energía mecánica que se puede usar para impulsar el cigüeñal. Energía se refiere a la capacidad de hacer el trabajo y potencia se refiere al nivel en el cual se hace dicho trabajo.

La potencia mecánica se mide en vatios. Los kilovatios son la unidad común de medición de la potencia de los motores debido a que la cantidad de potencia desarrollada por estos es muy alta. La unidad Imperial de medición utilizada es el caballo de fuerza. En lo que tiene relación a los motores de combustión interna, la potencia mecánica se divide en potencia de freno, potencia indicada y potencia de fricción.

## Potencia de freno

La potencia de salida se mide en términos de potencia de freno (Pf). El nombre proviene del aparato de frenado que se utilizó originalmente para mantener baja la velocidad del motor durante la medición de la potencia. Por ejemplo, cuando se dice que el motor tiene una potencia de 225 KW, lo que en realidad se mide es la potencia de freno. Esta es la cantidad de potencia que el motor puede producir a una cierta velocidad. En principio la potencia de freno se llamaba caballo de fuerza de freno. En la actualidad la forma normal para evaluar un motor es por medio de un dinamómetro. Este aparato tiene un mecanismo (un generador eléctrico o un freno de agua) que puede poner diferentes cargas en el motor. El dinamómetro puede medir la cantidad de potencia que el motor puede desarrollar bajo diversas condiciones de funcionamiento.

## Potencia indicada

La potencia indicada (Pi) es aquella que desarrolla el motor dentro de las cámaras de combustión durante dicho proceso. Se utiliza un aparato especial para medir las presiones en los cilindros del motor. El gráfico del Dibujo 1 en la siguiente página indica las cuatro carreras de pistón, y la curva muestra las presiones en el cilindro durante estas cuatro carreras de pistón. Estas presiones se utilizan para calcular la potencia indicada. Esta es siempre mayor que la potencia de freno, porque parte de la potencia que se desarrolla en los cilindros del motor se usa para superar la fricción. Generalmente la potencia indicada se denomina caballo de fuerza indicado.

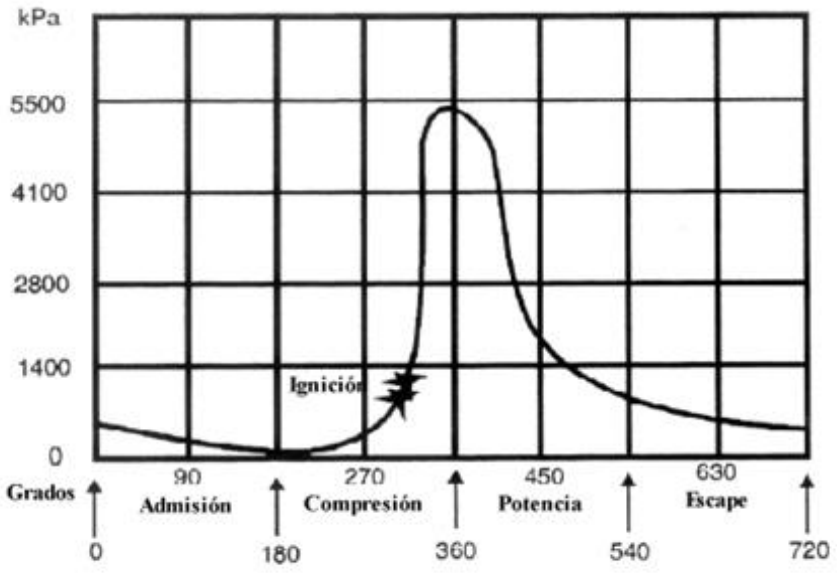



**Figura 11**

**Presiones del cilindro durante la combustión**

## Potencia de fricción

La potencia de fricción (Pu) es aquella necesaria para superar la fricción de las partes en movimiento del motor. Una de las principales causas de pérdida de potencia es la fricción entre el anillo del pistón y la camisa. Bajo ciertas condiciones la fricción de los anillos que se deslizan por las paredes del cilindro equivale a un 75% de todas las pérdidas del motor. El gráfico del Dibujo 2 en la siguiente página muestra una curva de potencia de fricción para un motor que funciona bajo condiciones específicas. Generalmente la potencia de fricción se denomina caballo de fuerza de fricción.

## Relación entre la potencia de freno, la indicada y la de fricción

La potencia de freno corresponde a la emisión de potencia real, la potencia indicada es aquella que se desarrolla en el motor y la potencia de fricción es la potencia que se pierde debido a la fricción en el motor. La relación entre las tres es:

Pf = Pi - Pu

Es decir, la potencia emitida por el motor (Pf) es igual a la potencia desarrollada (Pi) menos la potencia perdida por la fricción (Pu).

**Torsión del motor**

La torsión es el esfuerzo de rotación. Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de potencia aplica torsión al cigüeñal del motor a través de la varilla de conexión. Mientras más fuerte es la presión sobre el pistón, mayor es la torsión aplicada. Esto significa que mientras más altas sean las presiones de la combustión, mayor es la cantidad de torsión.

**Potencia de freno v/s torsión**

La torsión que puede desarrollar un motor cambia con la velocidad de éste. El gráfico de producción de potencia de freno de un motor es distinto de la producción de torsión. La Pf es baja cuando la velocidad es baja y aumenta cuando el motor alcanza mayor velocidad. La potencia de freno disminuye incluso cuando el motor alcanza altas velocidades determinadas.

La disminución de la potencia de freno y torque a alta velocidades se debe al aumento en la potencia de fricción y factores relacionados con la mezcla aire combustible. El siguiente Esquema, compara ejemplos de las curvas de torsión, potencia de freno y potencia de fricción.

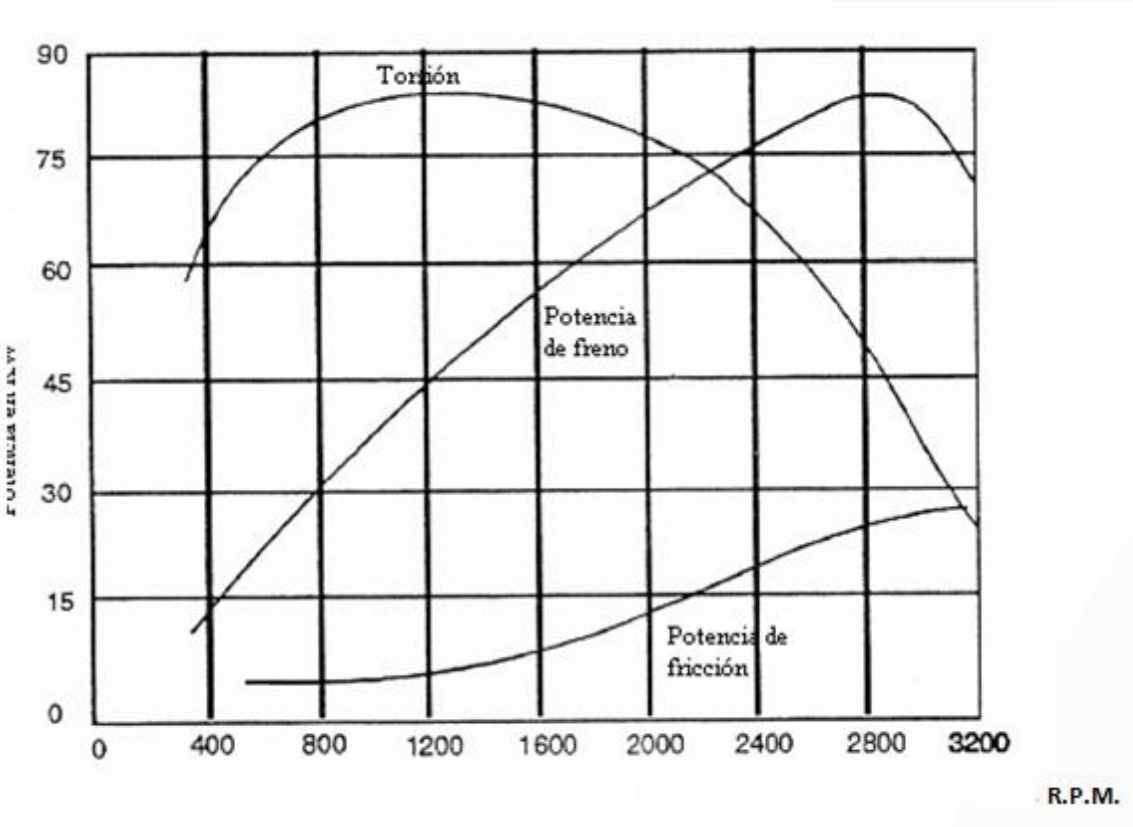



**Figura 12**

## Curvas de potencia

Observe que la curva de potencia corresponde sólo a un motor específico. Diferentes motores tienen distintas curvas de torsión, potencia de freno y potencia de fricción. Los máximos pueden presentarse a velocidades altas o bajas y las relaciones pueden no ser exactas como las que aparecen en este diagrama.

## Rendimiento del motor

El término “rendimiento” compara el esfuerzo ejercido y los resultados obtenidos. Para los motores el rendimiento es la relación entre la potencia emitida y la potencia disponible que puede obtenerse si el motor funciona sin pérdida de potencia.

El rendimiento del motor puede calcularse de dos formas: como rendimiento mecánico o como rendimiento térmico.

**Rendimiento mecánico**

Este es la relación entre la potencia de freno y la potencia indicada. Es:

Rendimiento mecánico = Pf / Pi

**Rendimiento térmico**

Térmico significa “de o relacionado con el calor”. El rendimiento térmico de un motor es la relación entre la potencia de salida y la energía potencial que hay en el combustible quemado para producir dicha emisión.

Parte del calor producido por la combustión se lo lleva el sistema de enfriamiento del motor. Otra parte se pierde en los gases de escape que están calientes al salir del cilindro. Estas son pérdidas de calor (térmicas) que reducen el rendimiento térmico del motor. El resto del calor lo usa el motor para desarrollar potencia. Los rendimientos térmicos en los motores diésel son de aproximadamente un 40% debido a que gran parte del calor se pierde durante el funcionamiento del motor.

**Rendimiento total**

El combustible entra al motor con un cierto contenido de energía o una cierta capacidad para trabajar. En todas las etapas del proceso, desde el encendido del combustible en los cilindros hasta la emisión final desde la transmisión última, se pierde energía.

Esta energía se usa para superar la resistencia del rodamiento, del aire y del tren de potencia.

**Resistencia del rodamiento**

Esta se produce por irregularidades en las vías por las cuales el vehículo se mueve. También es resultado de la flexión de los neumáticos o carriles.

**Resistencia del aire**

La resistencia del aire es la resistencia del vehículo al aire. Cuando aumenta la velocidad del vehículo, aumenta también la resistencia del aire.

**Aceleración**

Se requiere de potencia para aumentar la velocidad. La potencia que se aplica para acelerar debe superar la inercia del vehículo. La energía en forma de velocidad se almacena en el vehículo.

**Sistemas del motor**

## 1.1 Sistema de admisión y escape

**Objetivos**

Los sistemas de admisión de aire son la base del suministro de combustible y de entrega de aire al motor. Sin un suministro de aire adecuado o una buena mezcla de combustible el motor no funcionará eficientemente.

Un mejor rendimiento de los motores modernos requiere de adaptaciones para proveer mejores capacidades de respiración. Una forma de proveer esta carga de aire adicional al motor es usando turbo-alimentadores y súper-alimentadores.

Los turbo-alimentadores y súper-alimentadores accionados por gases de escape con intercoolers (Inter. enfriadores) son muy eficientes y compactos. También se adaptan muy bien a los sistemas de inyección de combustible computarizados y cumplen un papel importante en el diseño y desarrollo del motor de combustión interna.

**Propósito**

El sistema de admisión debe suministrar el motor con:

1) Aire limpio
2) Suficiente cantidad de aire
3) Aire a una temperatura correcta

## Operación

Los múltiples de admisión se usan para dirigir aire. Estos deben sellarse herméticamente en la culata de modo que no haya fugas. Deben tener pasajes para el aire de ingreso y el líquido refrigerante. El hierro fundido es el material que más se usa en la fabricación de múltiples porque no es caro y es fácil de moldear. El hierro fundido es muy pesado y retiene el calor. También se usa aluminio fundido en la fabricación de estos. El aluminio es mucho más liviano y también es fácil de moldear. Además, el aluminio es mejor conductor de calor que el hierro fundido y pierde calor rápidamente. A continuación se muestra un típico múltiple de admisión Diésel.

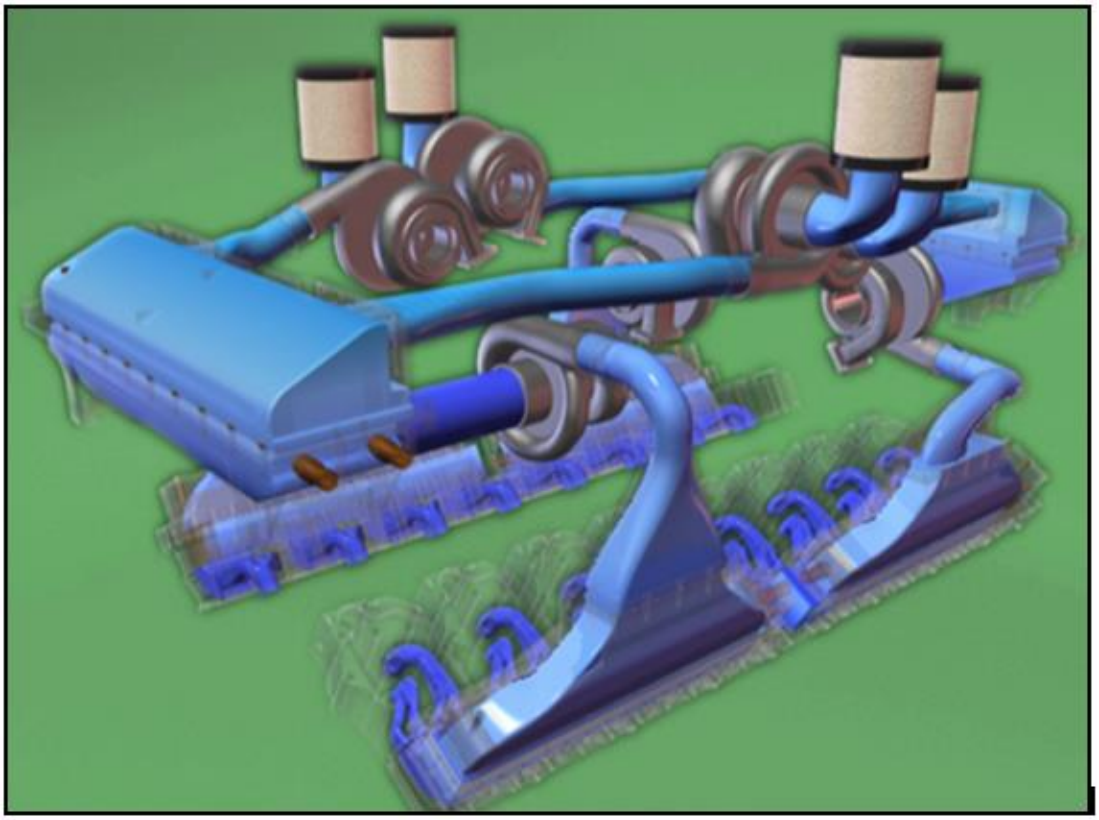


**Figura 13**

**Múltiple de motor Diésel (Doble etapa)**
**(Gentileza de Komatsu Cummins)**

## Componentes adicionales

Otros componentes de sistemas de admisión incluyen:

- Depuradores de aire (filtros)
- Sistema de conductos.
-

**Sistema de conductos**

Se provee de un sistema de conductos para conectar los depuradores de aire con el múltiple de admisión. Estas canalizaciones normalmente son de metal o caucho y deben sellarse herméticamente para evitar el ingreso de suciedad y de otros contaminantes en el sistema.

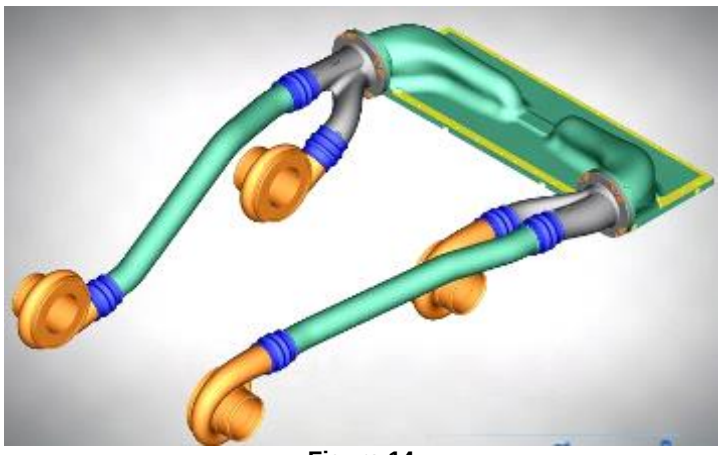


**Figura 14**

**(Gentileza de Komatsu Cummins)**

Sistema de conducto, compuesto por los acoples que soportan la vibración e impiden el ingreso de partículas

**Depuradores de aire (filtros)**
Los sistemas de control de entrada de aire deben cumplir tres requerimientos básicos:

- Eliminar contaminantes del aire antes de que ingresen al motor sin producir ninguna limitación.
- Controlar la temperatura el aire de entrada para ayudar a una buena conducción y control de emisión.
- Actuar como corta fuego en caso de devolución de explosión interna por admisión (backfire).

**Tipos de filtros de aire**

Pre-Depuradores*:* Usualmente instalados en una área libre de contaminación. Remueve partículas grandes.

**Figura 15**

**Pre-depurador**

En Seco*:* filtra aproximadamente 99.6 % y se controla por el espesor del papel. Se cambia cuando tiene 25 pulgadas de agua en la lectura del manómetro.

**Figura 16**

**Tipo en Seco**
**(Gentileza de Komatsu Cummins)**

**Rotor Espiral**: Aire que pasa por un tubo es revuelto por un rotor y luego expulsa las partículas contra la pared y salen por un escape de vacío.

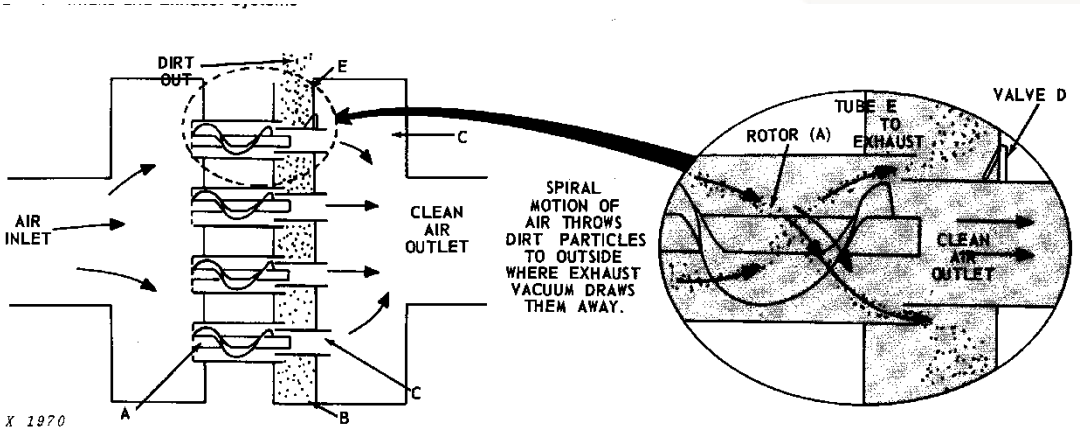



**Figura 17**

## Tipo rotor espiral

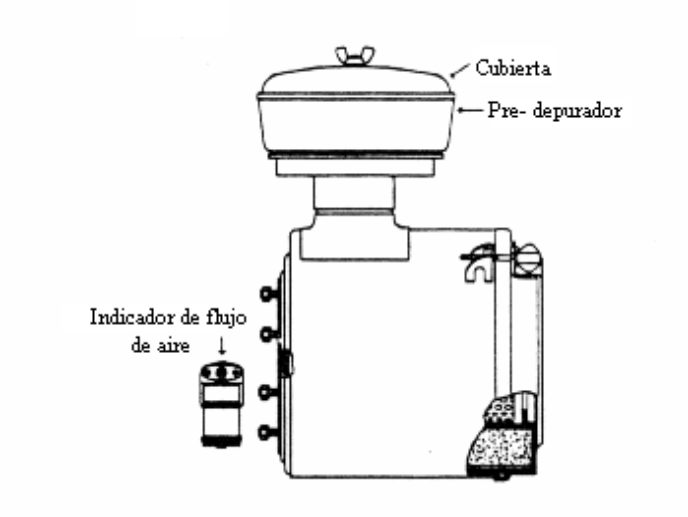



**Figura 18**

## Depurador de aire de alto rendimiento

Estos sistemas a menudo combinan una serie de métodos de filtrado para asegurar que se produzca un adecuado filtrado del aire. El aire se filtra al pasar por un filtro de admisión que elimina las partículas grandes y luego pasa por un baño en aceite para eliminar más contaminantes. El aire pasa por una serie de desviadores en espiral que lo hacen girar para que se elimine más contaminación mediante fuerza centrífuga. La filtración final se hace a través de un filtro seco para eliminar todos los contaminantes antes de que el aire ingrese al motor.

### Filtros de aire

La función principal del sistema de entrada de aire es eliminar los contaminantes transportados por el aire para evitar algún daño en el motor. Actualmente se usan dos tipos comunes de filtros de aire. Todos los vehículos de pasajeros y camiones livianos

usan filtros de cartucho de papel reemplazables mientras que muchos camiones y equipos pesados todavía usan el sistema de filtro de aire por baño en aceite.

El filtro de cartucho de papel es simple de fabricar, y a la vez es el depurador de aire más efectivo.  La mantención también es rápida y fácil.

El cuerpo exterior de acero ayuda a proteger el filtro contra deformaciones o daños mientras que la parte superior y del fondo plástico forman un sello para evitar que los contaminantes traspasen el filtro. El filtro interior es de una fabricación mucho más fina que el filtro exterior y actúa como un respaldo de emergencia para atrapar cualquier partícula que pueda dañar al elemento de papel.

Los sistemas de filtración de aire poseen indicadores de saturación, los cuales detectan las diferencias de presiones generadas por la saturación de los filtros, e indicadas por estos dispositivos.

**Figura 19**

Indicador de saturación instalado en motor QST30
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Control de temperatura

El aire debe estar a una temperatura óptima al ingresar al motor para permitir una máxima evaporación del combustible y un buen funcionamiento. Los componentes que controlan este aire de entrada deben funcionar apropiadamente en conjunto para realizar esta tarea eficientemente.

## Componentes de sistemas de escape

### Propósito

El sistema de escape remueve los gases de escape del motor y a la vez:

- Remueve calor
- Disminuye los ruidos del motor

El sistema de escape puede contener los siguientes componentes:

- Múltiple de escape
- Tuberías
- Silenciador
- Resonador

### Múltiple de escape

Los distribuidores (múltiples) se diseñan para proporcionar un flujo adecuado de gases de descarga lejos del motor para eliminar alta contrapresión y ayudar a eliminar de manera eficiente los gases quemados. La mayoría de los distribuidores se fabrican de hierro fundido, pero algunos pueden fabricarse de tubo de acero. Los distribuidores de hierro fundido a menudo se usan para mantener la temperatura en el múltiple de admisión.

### Tuberías

Las tuberías de descarga se fabrican de acero, que se curvan para que tomen la forma necesaria para adaptarse al equipo o al vehículo. El tamaño del tubo es proporcional al tamaño del motor, con el volumen total disponible en todo el sistema que habitualmente es de seis a ocho veces el desplazamiento del motor. Las tuberías deben tener codos graduales, no agudos, para evitar la limitación de descarga.

El equipo usado en faenas forestales y en áreas industriales donde el peligro de incendio es alto, puede necesitar cubiertas de protección especiales sobre el sistema de escape y un apaga chispas en el extremo del tubo. Este apaga chispas es una pantalla (o cualquier otro tipo de protector) que evita que el carbón caliente o las chispas salgan del tubo de escape.

### Silenciadores

Los silenciadores ayudan a eliminar el calor de la descarga, y a reducir el ruido producido por el motor. Los silenciadores pueden tener el diseño de flujo recto o de flujo invertido.

**Turbo-alimentadores:**

Estos se accionan por los gases de escape expelidos del motor y no requieren potencia del motor para funcionar. En otras palabras, no le quitan potencia al motor. La cantidad de potencia perdida de la contrapresión creada es muy leve en comparación con la cantidad de potencia creada. Los motores turboalimentados pueden tener aumentos de potencia de hasta un 60% sobre los motores aspirados naturalmente.

Se puede alcanzar este aumento de potencia porque el turbo-alimentador ayuda en el barrido total de todos los gases de descarga del cilindro. Además, el motor obtiene más aire, quema más combustible y produce más potencia.
La operación de un turbo-alimentador depende del flujo de los gases de escape y puede aumentar la cantidad de flujo de aire con demandas crecientes sobre el motor para más rendimiento. Esto significa que el turbo-alimentador responde a las demandas de carga del motor más que a la velocidad del motor.

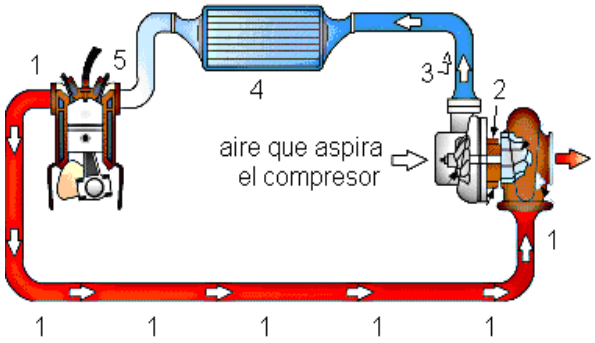



**Figura 20**

**Turbo alimentador**

**Construcción de un turbo-alimentador**

El turbo-alimentador es un compresor de aire que tiene los siguientes componentes:

- Compartimiento del compresor
- Rueda del rotor
- Compartimiento de la turbina
- Rueda de la turbina
- Eje central
- Compartimiento central
- Sellos
- Compuerta de descarga

**Cámara del compresor**

El compartimiento del compresor sostiene la rueda del impulsor y comprime el aire que fluye dentro del múltiple de admisión.

**Rueda del rotor**

La rueda del rotor dirige el aire hacia el interior, lo comprime y lo dirige al múltiple de admisión.

**Compartimiento de la turbina**

El compartimiento de la turbina contiene la rueda de la turbina por donde pasan los gases de escape desde el cilindro al sistema de escape.

**Rueda de la turbina**

Los gases de escape fuerzan a la rueda de la turbina a girar a medida que éstos pasan por ésta.

**Eje central**
Este eje une la rueda de la turbina a la rueda del impulsor y transmite el movimiento desde la turbina al compresor.

**Compartimiento central**

El compartimiento central contiene los pasos de aceite para lubricar los rodamientos del eje y puede contener los pasos del líquido refrigerante para ayudar a enfriar el turbo-alimentador.

**Sellos**
El compartimiento central también contiene los sellos de la turbina y del compresor que evitan que los gases de escape y el aire de admisión ingresen al sistema de lubricación y también evitan que la lubricación ingrese a los sistemas de admisión y de escape.

En las siguientes imágenes se muestra cada uno de los componentes del turbo alimentador

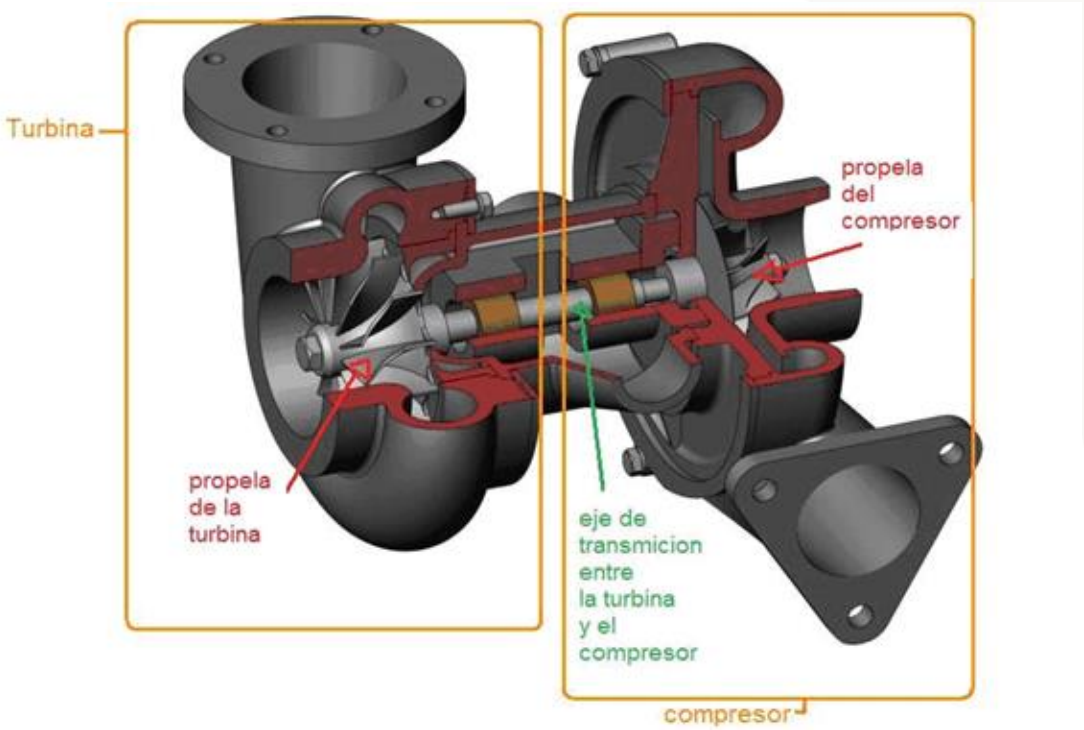



**Figura 21**

## Turbo alimentador

**Compuerta de descarga (válvula de presión del sobre alimentador)**
Se puede incluir una válvula especial denominada compuerta de descarga, para evitar la sobre-presurización del aire en el múltiple de admisión.

**Intercambiadores de calor (intercooler / aftercooler)**
A medida que el aire ingresa al sistema se comprime en el turbo alimentador, las moléculas de aire son obligadas a juntarse y a crear fricción. Esta fricción, más la fuerza de compresión, hace que el aire se caliente. Como el aire caliente se expande, esto anula el propósito del turbo alimentador.

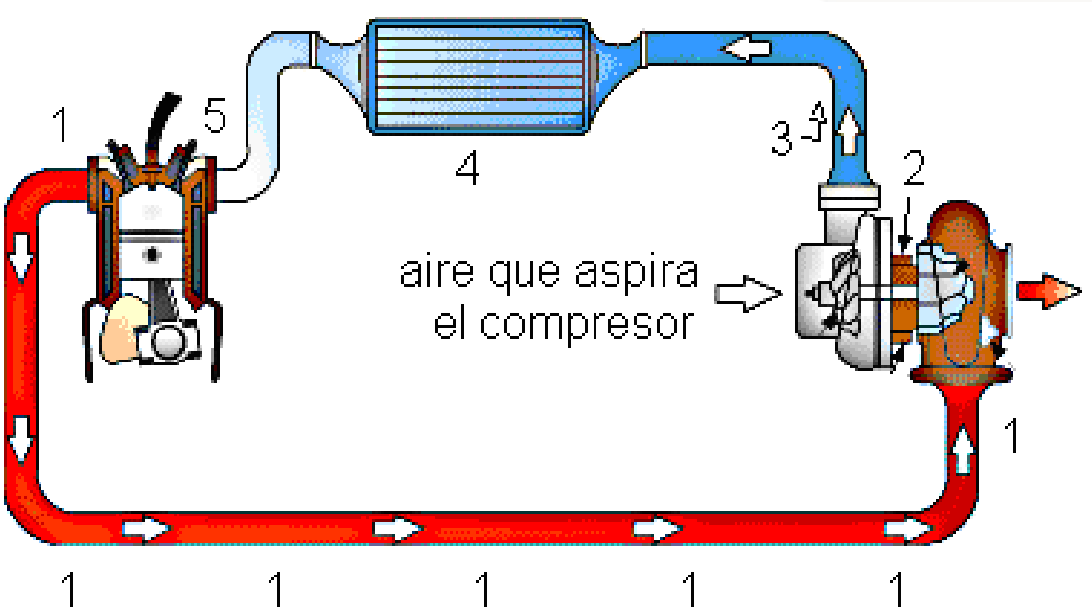



**Figura 22**

**Ubicación característica de un post enfriador**

Un post-refrigerador de salida reduce la temperatura del aire justo antes de que ingrese a los cilindros. Esto permite que ingrese la máxima cantidad de aire permitiendo que se inyecte más combustible para una mayor salida de potencia.
El medio de refrigeración empleado difiere según la aplicación que incluye refrigerante aire a aire y aire a líquido.

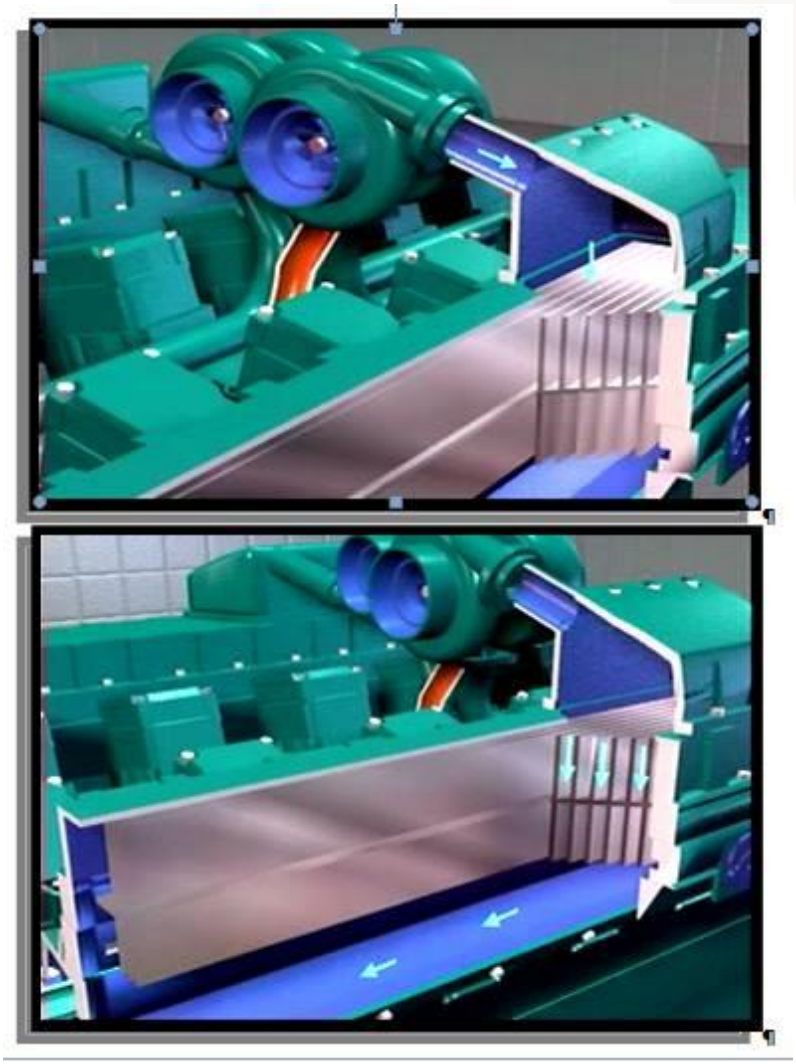


**Figura 23**

**Intercambiador de calor motor KST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Operación del Turbo alimentador

El diseño y la estructura de la turbina y el compartimiento determinarán la velocidad de rotación de la turbina y la salida del compresor. Los diseños varían de acuerdo a la aplicación y tipo de sistema.

Los gases de escape calientes que pasan a través del compartimiento hacen a girar la turbina. Como la turbina se conecta directamente al rotor a través de un eje, esta fuerza se transmite igualmente al rotor. El movimiento del rotor origina que el aire (o una mezcla de aire/combustible) se dirija al compresor. Éste se comprime y se entrega al múltiple de admisión. La combinación correcta de requerimientos del tamaño del motor, de rendimiento y del tamaño del turbo alimentador y la capacidad es muy importante.

Durante la operación, el aire ingresa al turbo alimentador por el centro y se descarga por la puerta del compartimiento. Este tipo de compresor se denomina compresor centrífugo. Éste convierte la energía cinética del aire (la energía creada por movimiento) en presión aumentada. Como el aire ingresa por el centro y literalmente se arroja hacia el exterior del compartimiento, éste debe ser llevado desde el perímetro exterior hacia el múltiple de admisión.

Un difusor retarda el movimiento del aire y aumenta la presión sin producir turbulencia alguna (esta función es como una boquilla a la inversa). Luego el compartimiento recolecta este aire comprimido para entrega a la turbina y sale por el centro del compartimiento.

Las aplicaciones normales para los turbo-alimentadores de descarga del flujo axial son para motores diésel de velocidad baja y media.

Existen sistemas que poseen doble etapa de compresión y su aplicación está indicada para lugares geográficos en donde la densidad del oxígeno es bastante baja, y este arreglo ayuda a compensar de una mejor forma los efectos de la altura geográfica o requerimientos de alta potencia.

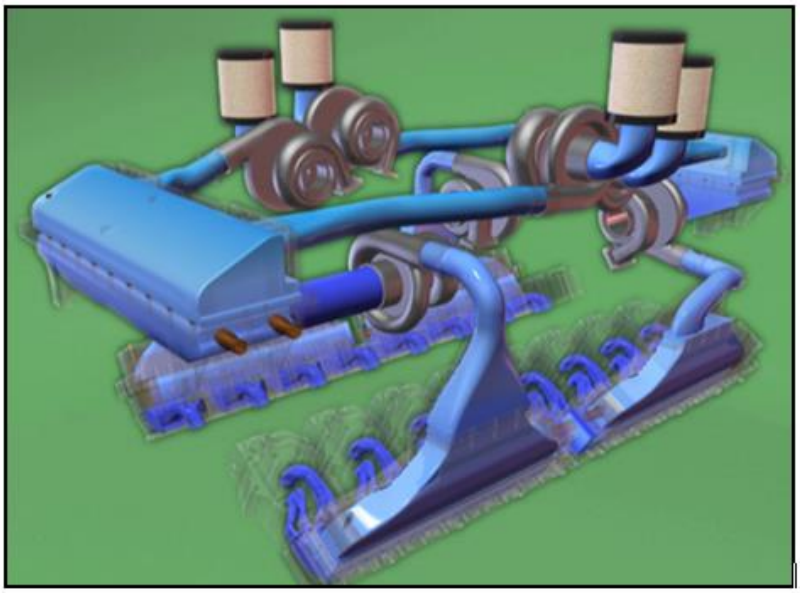


**Figura 24**

**Sistema de admisión con doble etapa de compresión motores QSK60**

(Gentileza de Komatsu Cummins)

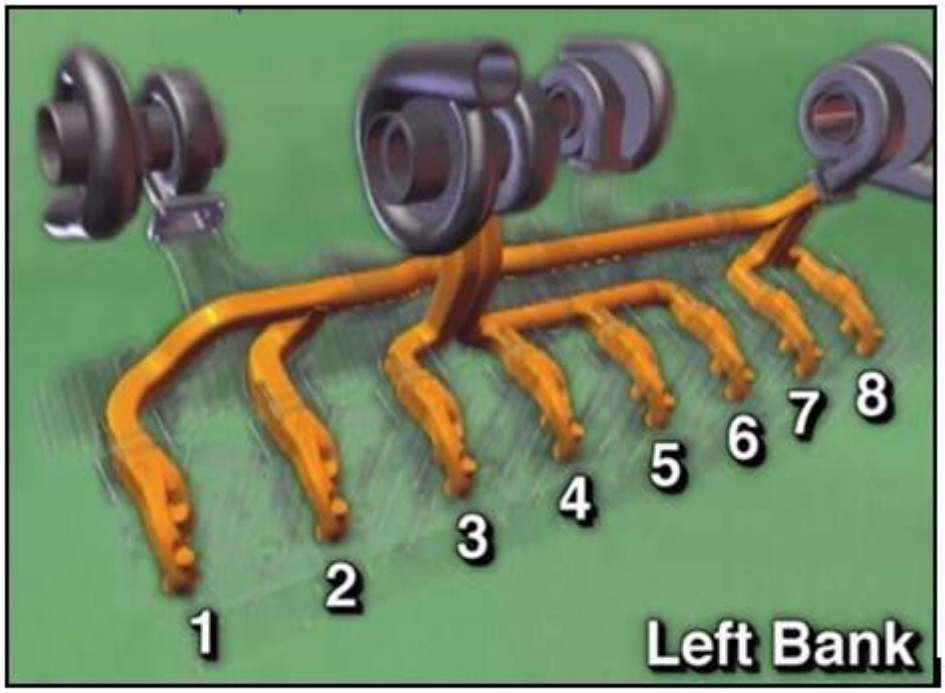



**Figura 25**

**Sección de escape de motor QSK60**

(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Controles del turbo-alimentador

El término “sobre-presión” se refiere al aumento de la cantidad de presión de aire que produce el turbo-alimentador en la admisión. Como el turbo-alimentador tiene la capacidad de producir grandes cantidades de aire a alta presión, se debe controlar la salida para evitar dañar tanto el turbo-alimentador como el motor. La mayoría de los motores diésel se diseñan para limitar la sobre-presión.

Los controles del turbo-alimentador pueden dividirse en dos categorías:

- Los que controlan la velocidad del turbo-alimentador
- Los que controlan la salida de presión.

## Lubricación y refrigeración del turbo-alimentador

Los turbo-alimentadores operan bajo condiciones extremas. Giran de manera consistente a velocidades que exceden las 100.000 RPM y a muy altas temperaturas debido a los gases de escape y a la compresión del aire.

No existen recomendaciones especiales para filtrar o lubricar el turbo-alimentador salvo las recomendaciones básicas del fabricante en cuanto a la calidad del aceite y los intervalos de mantención.

El turbo-alimentador tiene un suministro constante de aceite limpio a través de los rodamientos a la presión de aceite del motor. En la mayoría de las aplicaciones, el turbo-alimentador requiere un flujo constante de aceite tanto para la refrigeración como para la lubricación, como se puede observar en el dibujo siguiente:

**Figura 26**

**Refrigeración y lubricación de turbo motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Las temperaturas del gas de escape en muchas operaciones pueden exceder los 733°C (1.350°F) en motores diésel. En aplicaciones normales, el aumento de la temperatura del sistema de lubricación sólo puede ser un adicional de 27°C (80°F).

En algunas aplicaciones, el sistema de lubricación no puede controlar adecuadamente la cantidad de calor desarrollado en el turbo-alimentador. Estos turbo-alimentadores también tienen pasos para el líquido refrigerante (Dibujo 13) para que el líquido refrigerante del motor absorba algo del calor desarrollado y alivie la carga de trabajo en el aceite del motor. La mantención y la calidad del líquido refrigerante son muy importantes para el funcionamiento a largo plazo del turbo-alimentador.

Debido a las altas temperaturas de los gases de escape en combinación con las altas velocidades de rotación, el turbo-alimentador necesita una refrigeración adecuada.

## 1.2 Sistema de lubricación del motor

Los sistemas de lubricación del motor deben desarrollar una serie de tareas en el motor

- Lubricar
- Enfriar
- Sellar
- Proteger de la corrosión
- Limpiar
- Amortiguar
- Neutralizar ácidos

Estos requisitos de lubricación se reúnen aplicando dos diferentes tipos de lubricación al motor:

- Lubricación con una película completa
- Lubricación límite

La lubricación con una película completa se produce cuando las superficies en movimiento se separan continuamente mediante una película de aceite. Esto evita el contacto metal con metal en aplicaciones tales como eje de leva y cigüeñales, donde la carga es alta.

La lubricación límite se producirá en áreas donde la presión sobre la película del aceite es tan alta que tiende a romperla. En este punto, la calidad del lubricante determinará si las piezas metálicas entrarán en contacto seco unas con otras, causando daño.

**Sistemas de lubricación**

La entrega de los lubricantes a las áreas del motor que están bajo extrema presión o calor se desarrolla mediante el sistema de lubricación. Este sistema consta de las siguientes partes:

- Colector de aceite
- Bomba de aceite
- Malla de absorción del aceite
- Filtro de aceite
- Agujeros de lubricación y conductos del aceite
- Válvula de alivio de la presión
- Indicador de presión
- Enfriador de aceite

El colector de aceite actúa como una reserva para el motor. Dentro del colector de aceite está la malla de absorción del aceite la que se conecta a la bomba de aceite. La

bomba mueve el aceite hacia los canales a través del sistema de filtros que atraviesa la válvula de alivio de la presión la que evita una subida brusca y el daño a los componentes.

**Tipos de sistemas de lubricación**

Los tipos más comunes de sistemas de lubricación incluyen lo siguiente:

- Flujo completo
- Derivación
- Doble filtro

**Sistema de flujo completo**

El sistema de flujo completo proporciona lubricación solamente después que el aceite ha sido filtrado. La bomba absorbe el aceite desde el colector de aceite a través de la malla de absorción. El aceite que fluye atraviesa la válvula de alivio de la presión y a través del filtro. Luego, el aceite filtrado se distribuye a los cojinetes del motor a través de los conductos del aceite y luego vuelve al colector de aceite para enfriar y recircular.

**Sistema de derivación (sistema bypass)**

El sistema de derivación proporciona lubricante al motor el que es filtrado y no filtrado. Debido a la forma en que se ubica el filtro en el sistema (Dibujo 2) solamente una parte del aceite se filtra, mientras el resto se distribuye a los cojinetes del motor. Si el filtro llegara a taparse, el aceite continuaría llegando a los cojinetes del motor.

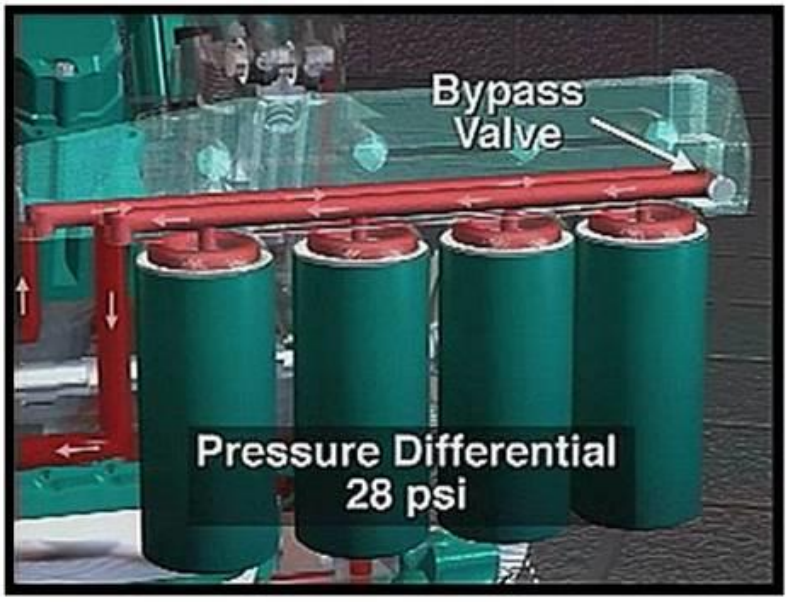



**Figura 27**

**Sistema de derivación motor QST30**
**(Gentileza de Komatsu Cummins)**

## Sistema de doble filtro

El sistema de doble filtro utiliza las características de tanto el sistema de flujo completo como el de derivación, y se usa en motores donde los niveles de contaminación son altos. El sistema filtrará el aceite antes y después de que se distribuya a los cojinetes del motor, sacando más partículas y manteniendo el aceite limpio por un período más largo de tiempo.

## Filtros de alta eficiencia

Komatsu Cummins utiliza para sus equipos una serie de filtros de alta eficiencia, que son capaces de auto limpiarse y de fácil mantenimiento, para ello utiliza un pequeño motor hidráulico el cual limpia las unidades filtrantes, además atrapa el particulado, mediante la utilización de la fuerza centrífuga, generada por un elemento giratorio el cual gira al eyectar aceite en sentidos contrarios, generando debido a la reacción el movimiento giratorio.

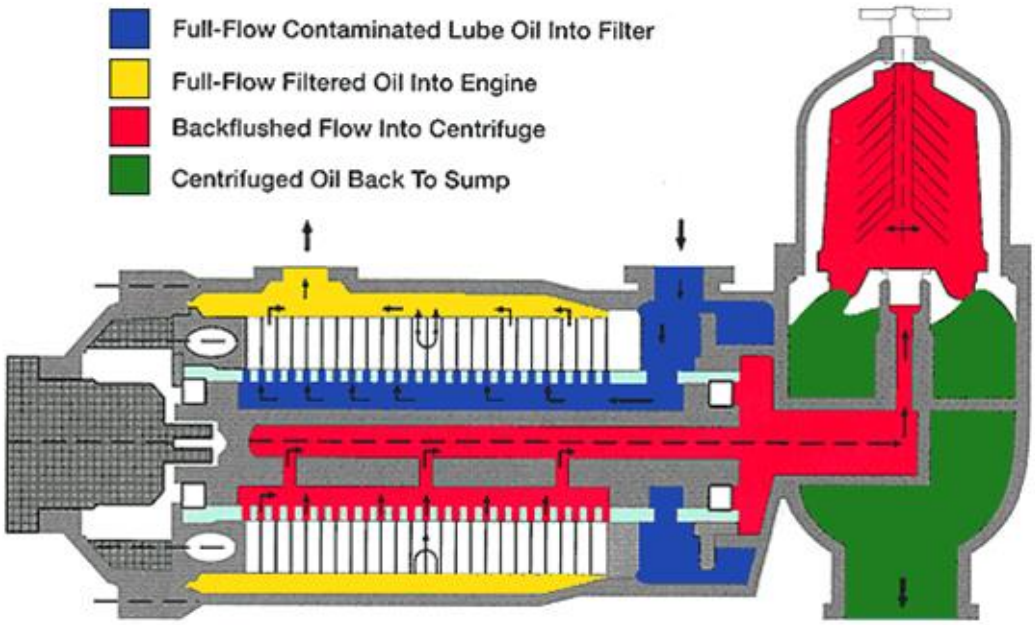



**Figura 28**

**Filtro de alta eficiencia y auto limpiante (Eliminator)**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Flujo de Aceite

El flujo de aceite comienza en el colector de aceite, o cárter. El cárter actúa como un depósito y enfriador para el aceite, y ayuda en el aislamiento de los ruidos del motor actuando como una barrera de sonido. Cerca de la parte inferior del cárter está el filtro de absorción del aceite el cual posee una malla para evitar que las partículas grandes entren a la bomba y al sistema de lubricación. Este filtro se sumerge en el aceite durante todo el tiempo.

La bomba de aceite envía el fluido, las restricciones presurizan el aceite, este se mueve a través del filtro de aceite y el sistema. El filtro de aceite saca las partículas contaminantes del aceite antes que el aceite entre al conducto, donde es transportado a todos los cojinetes y áreas de lubricación del motor.

Los conductos o canales de aceite del motor están diseñados para llevar el aceite de motor a todos las áreas que requieran lubricación. Estos conductos son perforados o trabajados a máquina en el bloque de cilindros, cabezal, cigüeñal, eje de levas y otras áreas. Algunas aplicaciones del motor, tal como los súper cargadores, requerirán el uso de conductos externos para transportar el lubricante al dispositivo.

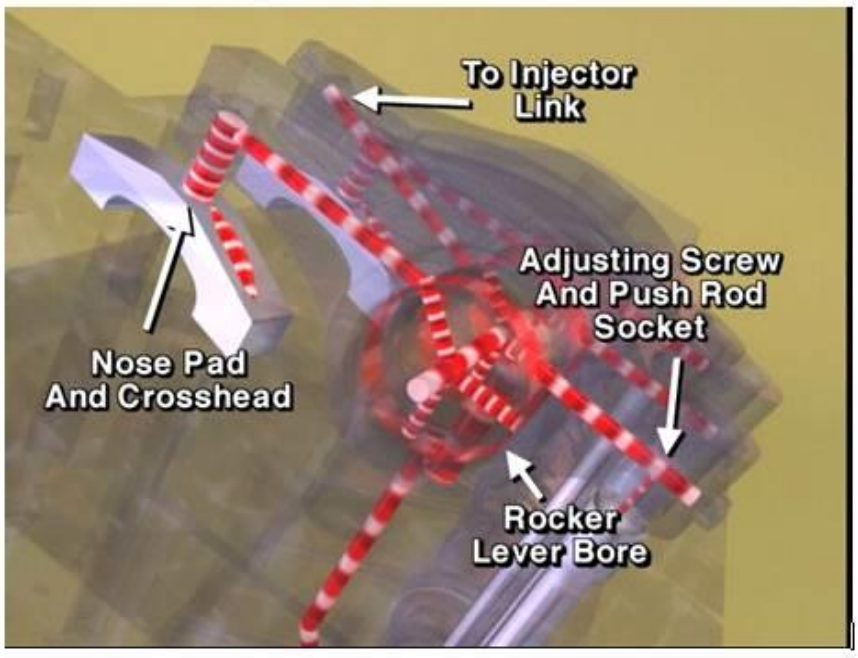



**Figura 29**

**Pasos de lubricación a árbol de balancines QSK60**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Los componentes que se alimentan del conducto principal incluyen los cojinetes principales, cojinetes de biela, cojinetes de leva y alza válvulas hidráulico. Otras áreas recibirán una menor presión de lubricación, tal como los balancines, varillas de empuje, y árboles de distribución. El aceite que vuelve al colector también proporciona

lubricación rociando y derramándolo sobre áreas del motor tal como los engranajes de distribución, lóbulos de levas y cadenas de distribución. Una cierta cantidad de aceite se convertirá en una bruma mediante el rociado del eje de levas a través del sumidero, entregando una lubricación adicional a otras partes.

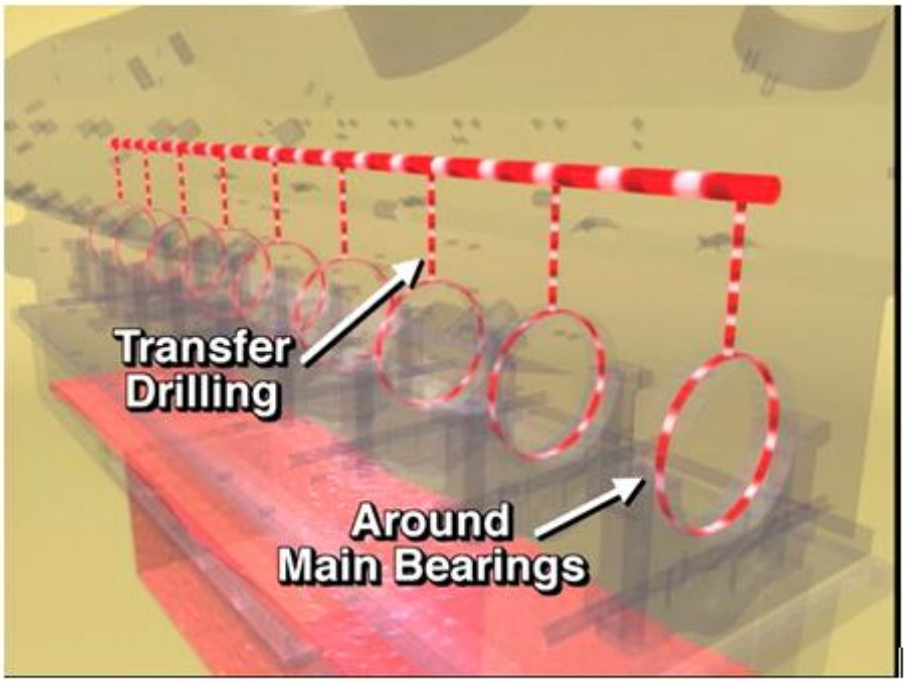



**Figura 30**

**Desde el riel de lubricación a bancadas QSK60**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

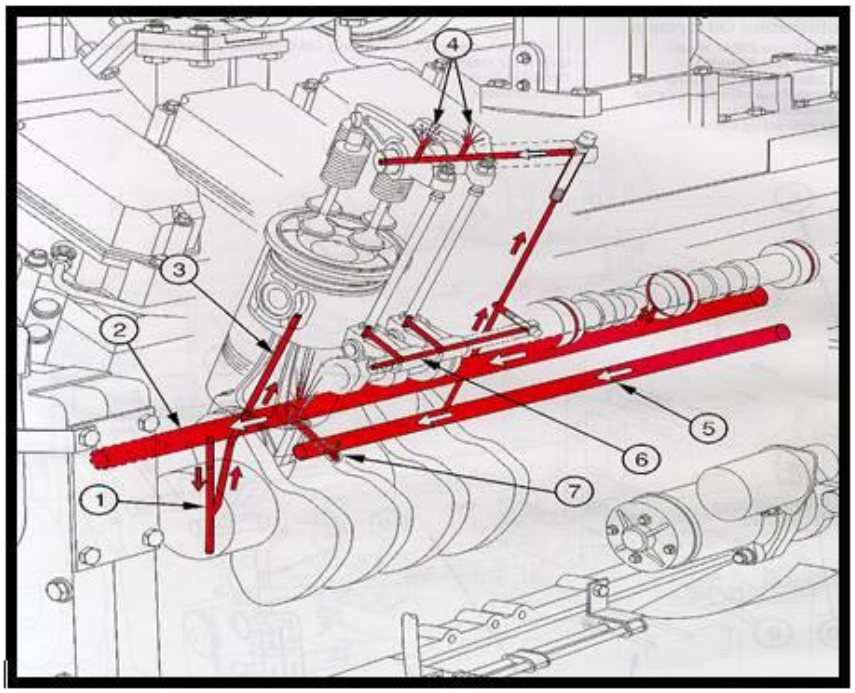



**Figura 31**

**Líneas de lubricación alimentando piezas móviles del motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Algunos componentes, tales como los pistones y las paredes de los cilindros requieren de un enfriamiento adicional y lubricación. Para desarrollar esta tarea, muchas máquinas tendrán conductos especiales perforados en las bielas para proporcionar flujo de aceite hacia las perforaciones de presión que rocían el aceite directamente sobre las áreas que requieren de una lubricación y enfriamiento especial.

**Figura 32**

**Refrigeración y lubricación de falda de pistón, a través de eyectores de aceite motor QSK60**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Bombas de aceite

La bomba de aceite es el corazón del sistema de lubricación. Es necesario un funcionamiento adecuado de la bomba para entregar las cantidades necesarias de aceite para satisfacer los requerimientos de lubricación del motor. Las bombas de aceite son accionadas normalmente mediante el eje de levas o el cigüeñal del motor, a través de los engranajes o cadenas. Los tipos más comunes de bomba son las de engranaje y las de rotor.

Estas bombas constan de una caja o cuerpo el que contiene un eje motor conectado a un rotor macho que funciona dentro de un rotor hembra. El aceite es llevado a la admisión de la bomba y se presuriza. El aceite presurizado se envía al filtro y luego al motor. Esto se conoce como una bomba de desplazamiento positivo, ya que el aceite

no puede entrar a la bomba y circular a través de ella. El aceite que entra a la bomba a través de la admisión y debe salir a través de la descarga.

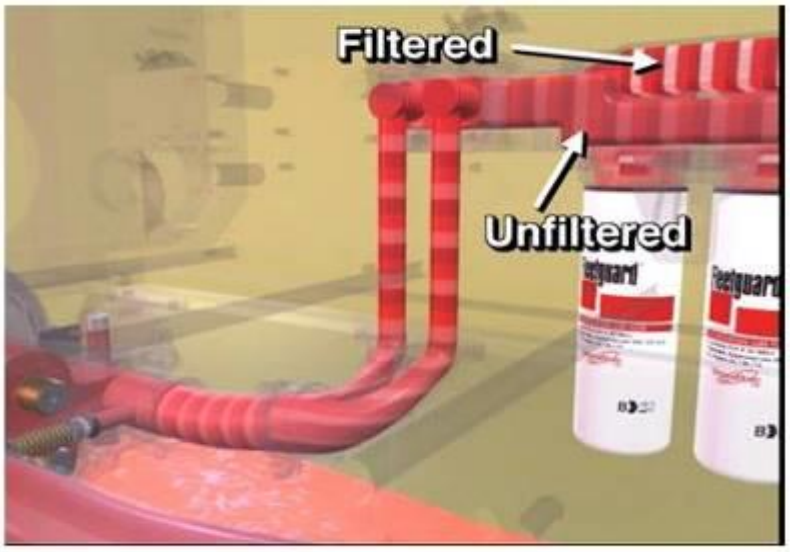



**Figura 33**

**Bomba de lubricación enviando aceite hacia los filtros en el comienzo de la lubricación**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Cuando el motor está frío, la presión del aceite sube, y al aumentar la velocidad de la bomba, la presión del aceite sube también. Para prevenir daño al sistema de una alta presión de aceite, se incluye una válvula de alivio en el sistema que se abrirá por efecto de la tensión de resorte para limitar la presión. La Mayoría de las válvulas funcionan para mantener la presión de aceite en límites operacionales diseñados por el fabricante para proporcionar la mejor lubricación  sin una presión excesiva.

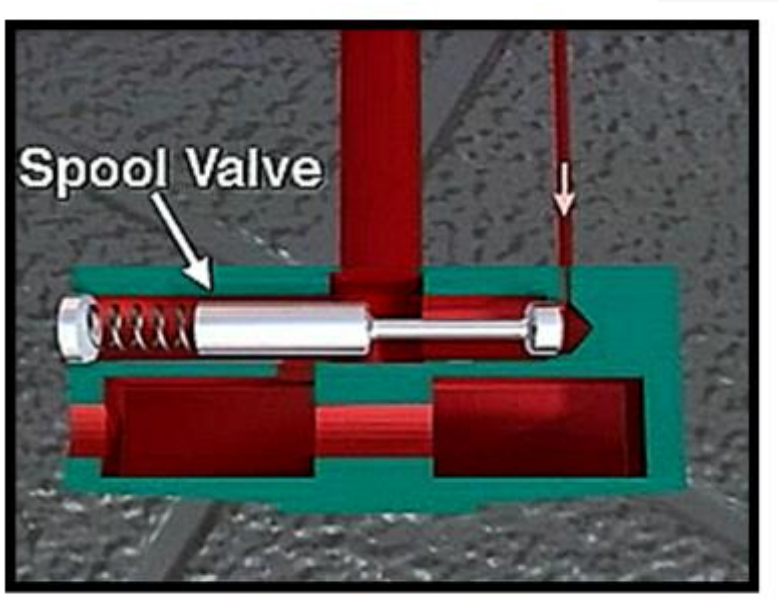



**Figura 34**

**Válvula de alivio motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Algunas bombas son accionadas directamente desde el eje de levas del motor, y se montan normalmente en la superficie del bloque del motor. La principal ventaja es el ahorro de espacio, y menos piezas móviles que las bombas de aceite convencionales.

**Figura 35**

**Bomba de aceite con engranaje de conexión a la distribución**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## Filtros de aceite

Los filtros de aceite deben sacar los contaminantes del aceite del motor incluyendo las partículas de metal, lodo, Barniz y oxidación. La bomba de aceite rinde hasta 20 litros por minuto a temperaturas que oscilan entre - 30 ºC y 150 ºC.

Existen dos tipos básicos de filtros, componente reemplazable y spin – on (cartucho).

Los filtros de componente reemplazable constan de un soporte de montaje, un cilindro desmontable y un filtro separador. Solamente el componente del filtro se reemplaza durante el servicio.

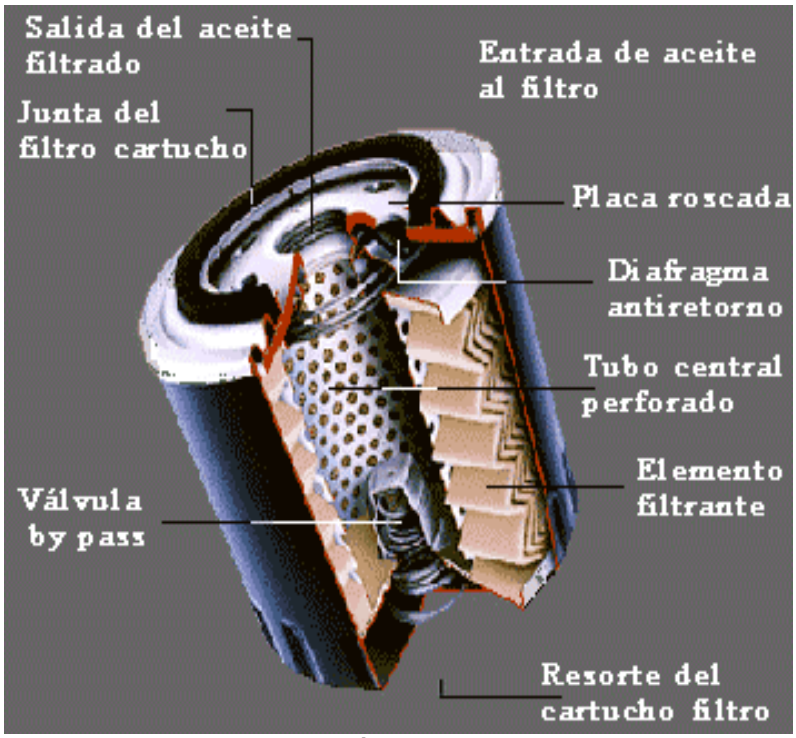



**Figura 36**

**Filtro de componente reemplazable**

Los filtros spin – on (cartuchos) constan de un montaje completo que se reemplaza durante el servicio. Este montaje contiene una cubierta exterior, componentes filtradores, una válvula de desviación y un cilindro central.

Los flujos de aceite en el filtro a través de una serie de orificios alrededor de la parte exterior de la superficie, a través del componente del filtro y fuera del cilindro central.

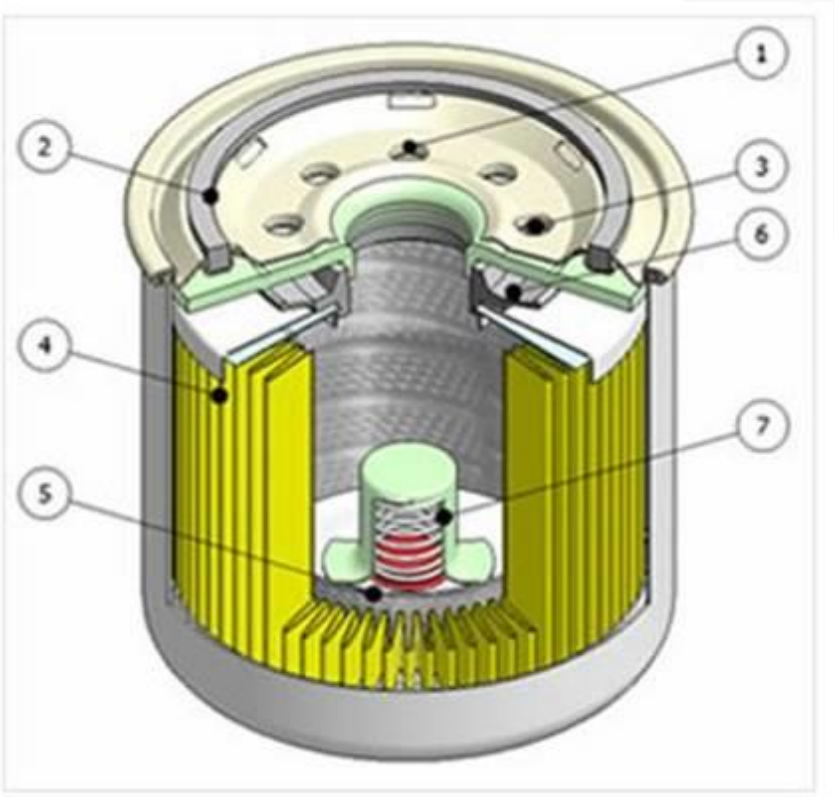



**Figura 37**

1) El engrafado es la doble costura de cierre entre el vaso y el anillo porta-empaque.

2) La empaquetadura de sellado asentada en el anillo porta empaque está diseñada para soportar los diferentes cambios de presión, temperatura y para trabajar bajo condiciones agresivas.

3) Los agujeros del anillo porta-empaque son la entrada para el aceite sucio. El aceite se encuentra bajo presión y es forzado a pasar a través de esos agujeros donde fluye hacia el papel filtrante.

4) El papel filtrante está elaborado con fibras celulósicas, curado a alta temperatura y lleva impregnaciones de resinas y fenoles las cuales le dan resistencia mecánica y química. Su función consiste en retener las partículas contaminantes.

5) El tubo central es un componente metálico de forma cilíndrica, enrollada o helicoidal de alta resistencia a la presión diferencial. Mantiene la forma del elemento filtrante ya que de otro modo la presión y el flujo de aceite causarían que el papel colapse hacia el centro.

6) La válvula anti-drenaje fabricada de caucho nitrilo, evita el retorno del aceite al cárter cuando el motor está apagado y cuando el ingreso del filtro se encuentra hacia abajo.

7) La válvula de by-pass o derivación entra en operación cuando el papel filtrante se encuentra saturado, evitando que el motor se quede sin aceite

**Figura 38**

**Esquema Conjunto de filtros motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

## 1.3 Sistema de refrigeración

### Propósito del sistema de refrigeración

Cuando un motor funciona, produce temperaturas muy altas, mucho más altas que el punto de fusión del hierro fundido. Si no fuese por el sistema de refrigeración, esta temperatura fundiría muchas partes de la máquina. Parte del calor se convierte en potencia para operar el vehículo, pero gran parte de éste es sobrante. Parte de él se elimina a través del tubo de escape. Una pequeña cantidad la absorbe el combustible y el lubricante del cárter. El resto debe eliminado mediante el sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración trabaja como una correa transportadora para controlar la temperatura del motor. Dos sistemas están involucrados, la transferencia de calor y la dispersión del calor. El calor se transfiere desde los cabezales y bloque al líquido refrigerante que fluye a través de ellos. Luego, el sistema de refrigeración lleva el líquido de refrigerante caliente al radiador donde el calor es disipado al aire exterior. Una vez liberado de su carga de calor, el líquido refrigerante comienza un nuevo ciclo de refrigeración, muy parecido a una correa transportadora.

El motor de combustión interna funciona con gran eficiencia dentro de un rango de calor específico. Este rango permite la mejor combustión de mezcla aire-combustible.

Para más detalles ver tema **Mantenimiento de sistemas de regulación de temperatura, enfriamiento e intercambiadores de calor** del Marco de Cualificaciones Mineras MCM.

### Sistema de combustible

Todo sistema de combustible se encarga de 2 funciones principales, las cuales son:

- Controlar la cantidad de combustible a inyectar
- Modificar el momento en que se inyecta el combustible

Los sistemas de combustible Cummins se caracterizan por trabajar con sistemas de combustible del tipo Presión tiempo PT, HPI y sistemas Bosch Common rail y lineales.
Los sistemas de inyección que ocupamos pueden ser con bombas inyectoras o inyectores bomba.

El sistema de inyección de combustible debe proporcionar combustible al motor para que este pueda funcionar.

Este sistema debe, tomar el combustible desde el depósito de combustible y trasladarlo al dispositivo de control ,regulación y distribución , para luego enviarlo hacia los dispositivos encargados de introducir el combustible en el motor.

El sistema de inyección debe ser capaz de inyectar el combustible a los cilindros a una presión y cantidad suficiente para asegurar la vaporización del combustible en la cámara de combustión.

**Finalidad**

- Sistema de alimentación (baja): Proveer suministro de combustible filtrado, en la cantidad necesaria y la presión requerida para la unidad de inyección.
- Sistema de inyección (alta): Proveer suministro de combustible dosificado, pulverizado y en el instante preciso a la cámara de combustión.

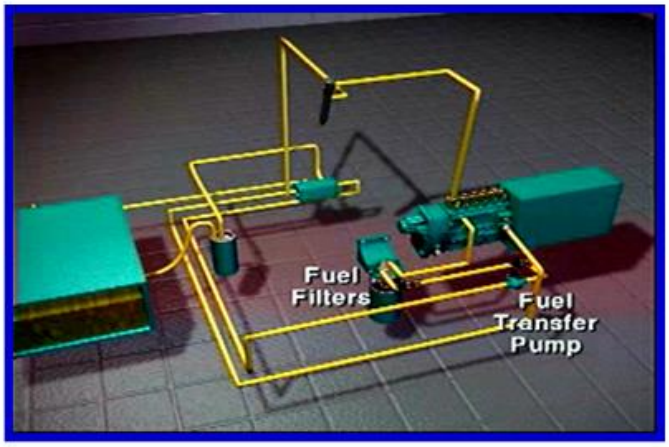



**Figura 39**

**Sistema de combustible bomba lineal**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

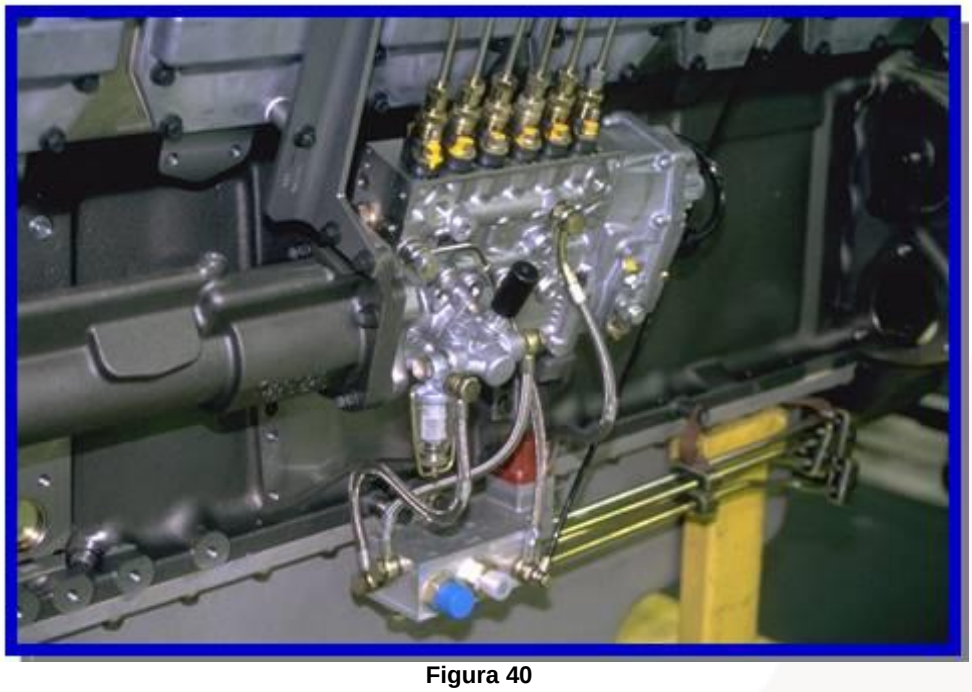


**Figura 40**

**Ejemplo de bomba inyectora motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

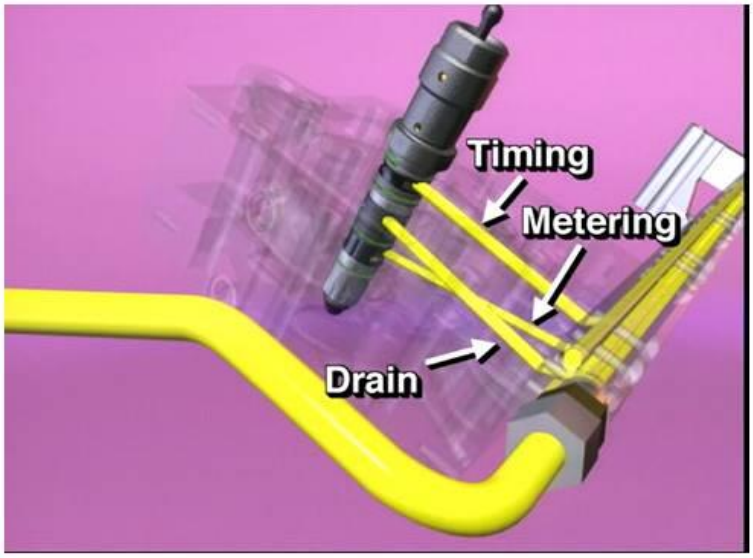



**Figura 41**

**Inyector bomba de sistema HPI motor QSK60**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

La separación del agua del combustible y la filtración es la llave para una mejor operación y una mayor vida del sistema de combustible. Las tolerancias en los elementos de la bomba son mínimas. Por esta razón el material dañino deberá ser filtrado para prevenir daños al interior de la bomba. Los filtros de combustible están localizados en el lado derecho del motor.

**Figura 42**

**Filtro con separador de agua válvulas de drenaje**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

**Figura 43**

**Proceso de filtrado de combustible QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

El flujo entra al interior del cabezal y externamente rodea el elemento del filtro. El filtro remueve partículas más pequeñas que 25 micras.

**Figura 44**

**Cambio de filtro desde cabezal**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

Buenos filtros son exigidos para proteger íntegramente los componentes internos del sistema de combustible. Por esta razón el cambio regular de filtros debe ser en los intervalos adecuados y solos con los filtros recomendados. La máxima presión de caída en los filtros de combustibles es de 1,5 in Hg.

El sistema de inyección de combustible debe proporcionar combustible al motor para que este pueda funcionar.

Este sistema debe, tomar el combustible desde el depósito de combustible y trasladarlo al dispositivo de control, regulación y distribución, para luego enviarlo hacia los dispositivos encargados de introducir el combustible en el motor.

**Para recordar**
Número de cetano
Volatilidad
Viscosidad
Punto de oscuridad
Poder calorífico
Punto de inflamación
Contenido de azufre

La suciedad es el peor enemigo del sistema de inyección. Las tolerancias entre las partes móviles del sistema pueden ser hasta 0.000007" a 0.000008". Solo basta que el combustible diésel esté en contacto con la atmósfera que nosotros consideramos limpia para éste se contamine.
Por esto es necesario que el sistema posea un sistema de filtrado de alta eficiencia.

**Tipos de filtro**
De Tamiz
De Profundidad
De superficie

A diferencia de los filtros de aceite, en este caso cuando el filtro se satura el filtro no deja pasar combustible hacia la bomba, de esta manera el sistema no será alimentado. Esto es una medida de seguridad para impedir alimentar con combustible contaminado.

**Bomba de transferencia**
Está encargada de trasladar el combustible a una presión especificada desde el tanque, a través de los filtros hasta la bomba inyectora o inyector bomba unitario.

Estas bombas pueden ser de diafragma, bomba de émbolo, bomba de engranajes y bomba de paletas.

**Figura 45**

**Bomba de transferencia de motor QST30**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

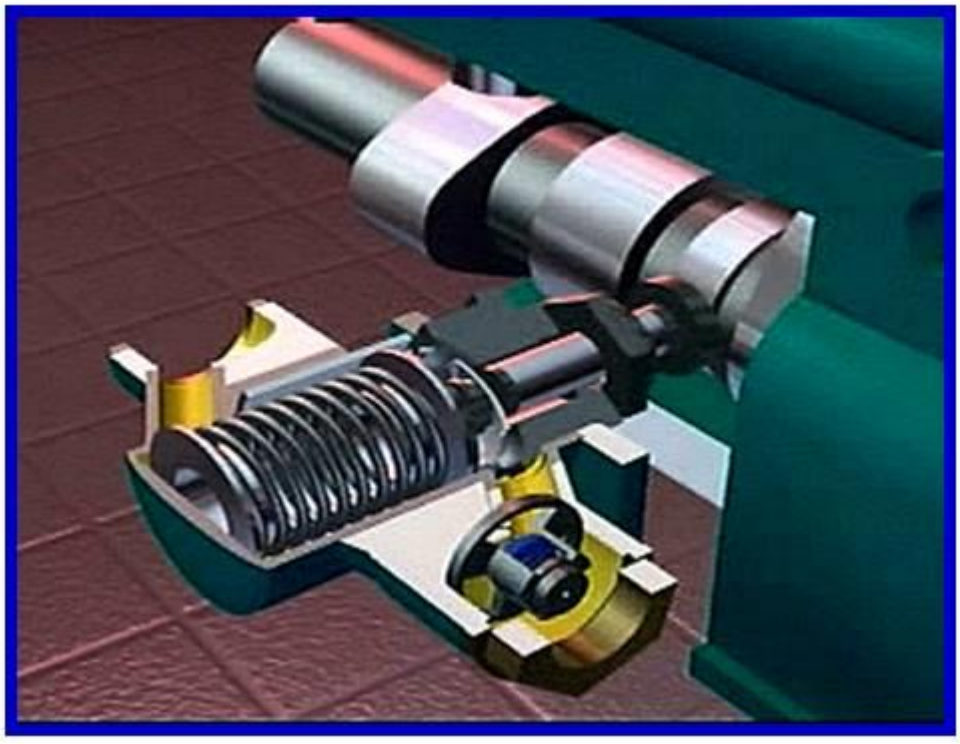


**Figura 46**

**Funcionamiento de bomba de transferencia, observe válvulas check**

(Gentileza de Komatsu Cummins)

En la imagen anterior el lóbulo de la leva empuja el plunger de la bomba de transferencia, creando con esto una acción de bombeado. Válvulas check controlan la dirección del flujo de combustible y previenen el retorno de combustible cuando el motor este detenido

**Inyección del combustible**

El sistema de inyección debe ser capaz de inyectar el combustible a los cilindros a una presión y cantidad suficiente para asegurar la atomización y vaporización del combustible en la cámara de combustión.

**Figura 47**

**Ejemplo de inyector de tobera cerrada (abre por alta presión)**
(Gentileza de Komatsu Cummins)

¿Cómo es posible que el motor diésel pueda funcionar a distintas RPM y desarrollar distintos torques y potencias?

- Durante la operación real, el motor funciona normalmente bajo carga
- El regulador determina las RPM correctas para la carga.

- El mecanismo de avance detecta el aumento o disminución de las RPM y varía la sincronización de la inyección para comenzar con la inyección en el momento correcto.

**Rango de velocidades del motor**

**La velocidad baja en vacío**
Es la mínima velocidad a la que se permite que funcione el motor. En este caso el combustible inyectado es mínimo.

**Velocidad alta en vacío**
Son las RPM máximas que se permite que gire el motor sin carga

**Velocidad nominal o plena carga**
Son las RPM a las cuales el motor suministra una potencia nominal a plena carga, el motor está bajo carga y el sistema de inyección permite mantener la RPM constantes

**Exceso de RPM**
Operación del motor a RPM superiores a las RPM alta en vacío, normalmente conocido como sobre velocidad del motor.

**Sobre carga**
Aunque el sistema de inyección entregue máxima cantidad de combustible, el motor no aumente de RPM producto de la sobre carga, en este caso el regulador no es capaz de igualar los requisitos de potencia.

Observemos lo que ocurre durante el proceso de inyección:

Mientras el eje de la bomba está girando, en la posición 1 el pistón del elemento ha tapado la lumbrera de alimentación, y la presión comienza a aumentar.

La presión ha aumentado bruscamente y la inyección ha comenzado.

En la cámara de combustión el comportamiento de la presión será distinto, y dependerá de muchos factores pero principalmente, de la forma de la cámara de combustión.

2. inyección directa, combustión más rápida de fácil encendido y aplicado normalmente a motores de elevada potencia.

1. Periodo de demora o retardo
2. Periodo de combustión rápida
3. Periodo de pre combustión
4. Periodo de post combustión

**Las funciones del inyector o boquilla son:**

1) Toma el combustible entregado por la bomba y lo entrega a la cámara de combustión.
2) Descargar el combustible en forma atomizada.
3) Controlar la presión de inicio de la inyección y controlar los retornos.

Los inyectores los podemos clasificar:

- El accionamiento
- Número y disposición de orificios
- Su forma física

El inyector es el encargado de pulverizar el combustible en el interior de la cámara de combustión, pero de manera más precisa, es la turbulencia que generan los orificios de la tobera los que finalmente pulverizan el combustible.

Otros factores que afectan a la forma de la inyección:

- El ángulo de pulverización
- El número de orificios
- El diámetro de cada orificio

Prácticamente los inyectores actúan hidráulicamente, cuando la presión alcanza un nivel determinado, la válvula del inyector se abre venciendo la fuerza del resorte.

Para la inyección del combustible es necesario un mecanismo que sea capaz de levantar la presión en el sistema, este mecanismo deberá dosificar y entregar el combustible en el momento necesario. Actualmente los motores diésel modernos ocupan este sistema de inyección.

Prácticamente todas las bombas actuales trabajan bajo el principio leva y pintón. Para un motor diésel existen cuatro tipos de bombas diferentes:

- Bombas el Línea
- Bombas rotativas con cabezal de distribución
- Bomba-inyector

**Gobernador**

El gobernador tiene como misión tratar de mantener la velocidad del motor lo más constante posible, entre los puntos de mínima en vacío y alta en vacío. Cuando el operador desea una velocidad, el gobernador determinará cuanto combustible entregará al motor.

Existen muchos tipos de gobernadores, pero no todos controlan la velocidad del motor.

## 1.4 Sistema de inyección por riel común

### Concepto

La idea esencial que rige el diseño es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el gasoil, principio básico del ciclo Diésel. Para ello se recurre a hacer unos orificios mucho más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.

Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que en los motores diésel se trabaja a una presión mucho más alta.

### Funcionamiento

El combustible almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una segunda bomba, en este caso, de alta presión que inyecta el combustible a presiones que pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 y 2000 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión, accionada por el mecanismo de distribución y sobre todo en el interior del depósito de combustible. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal, con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

### Sensores principales

- Sensor de régimen o CKP para sincronizar las inyecciones a los ciclos del motor.
- Sensor de fase o CMP para distinguir entre los cilindros gemelos (p.ej. el 2 y el 3) cuál de ellos está en fase de compresión y cuál en escape, para inyectar en el cilindro que corresponde.
- Sensor de pedal de acelerador, para detectar la carga requerida por el conductor y según la pendiente.
- Sensor de presión de Rail o RPS, para detectar la presión en cada instante.

### Sensores secundarios

- Sensor de temperatura del motor o ECT para compensar en el arranque en frío.

- Sensor de temperatura del gasoil para compensar con gasóleo muy caliente.
- Caudalímetro másico de aire o MAF para controlar el funcionamiento del EGR o Recirculación de gases de escape.
- Sensor de presión de admisión del colector o MAP, para detectar la sobrealimentación del turbo.

**Actuadores principales**

- Inyectores hidráulicos de mando electromagnético, o piezoeléctrico.
- Regulador de presión del raíl.
- Regulador de caudal de entrada a la bomba de alta presión.

**Ventajas del common-rail**

La principal ventaja de este sistema es que se puede regular la presión en los inyectores en función de la carga motor, de una manera muy precisa, con que se obtiene una regulación del caudal óptima. Por ejemplo al circular el vehículo subiendo a 2000 RPM por una ligera pendiente, la necesidad de par motor y por tanto de potencia = par motor x RPM es mayor que cuando el vehículo circula a las mismas 2000 RPM cuando baja la pendiente. En los sistemas mecánicos anteriores de inyección por bomba, la presión era prácticamente la misma y había que variar el caudal mediante variación del tiempo de inyección actuando sobre el tiempo de compresión de la bomba inyectora.

Valores típicos de presión son 250 bar a ralentí, hasta 2000 bar a plena carga (no necesariamente a revoluciones máximas).
La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores hidráulicos de mando electrónico, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente el par y por tanto la potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un procedimiento mecánico que rija cuándo se debe inyectar el combustible, se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diésel.

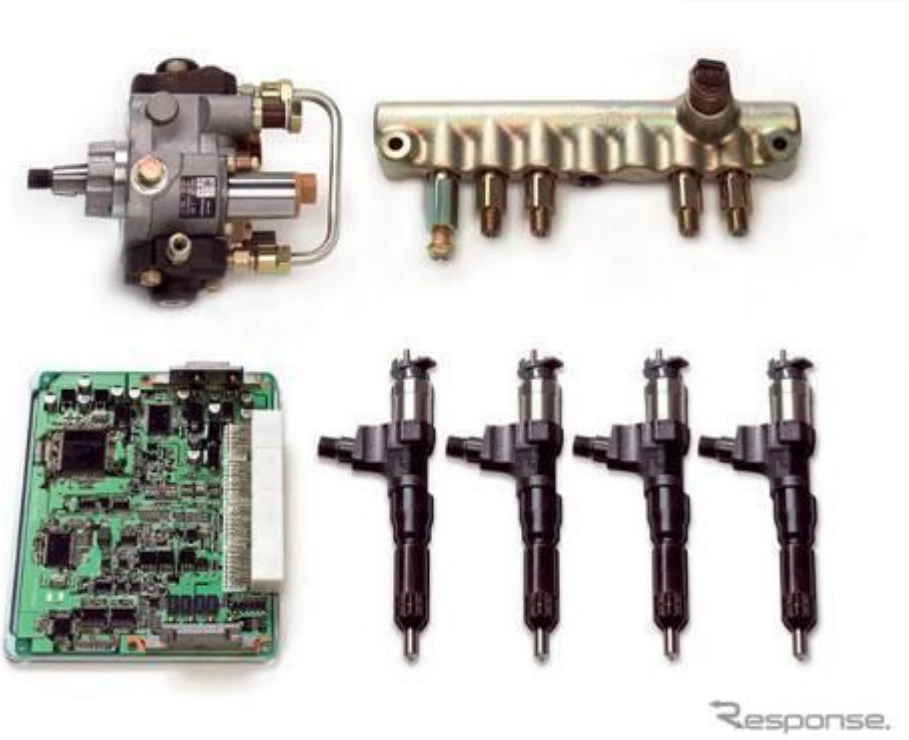



**Figura 48**

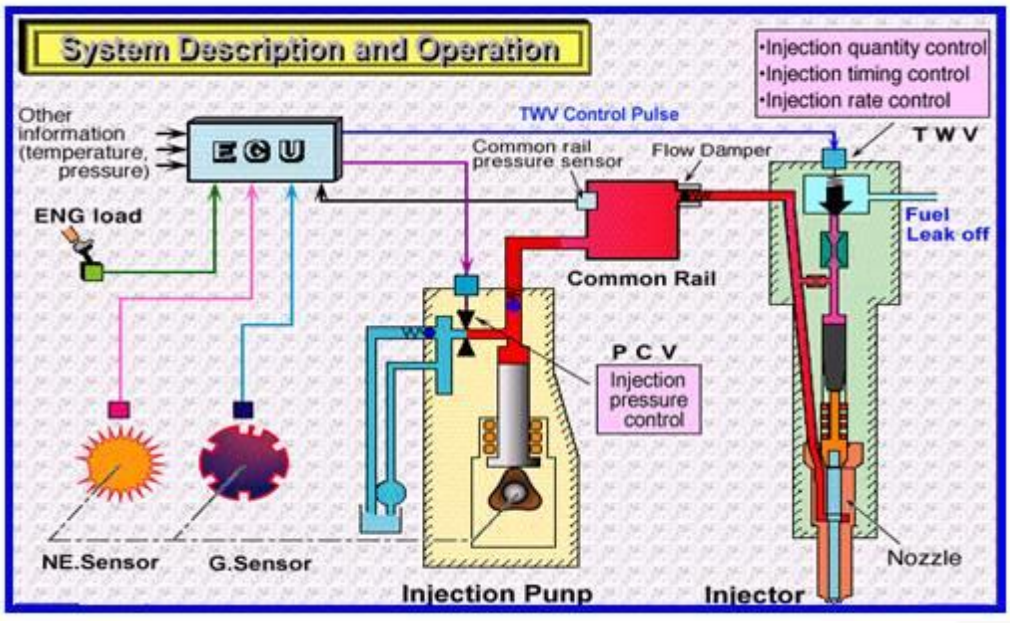



**Figura 49**

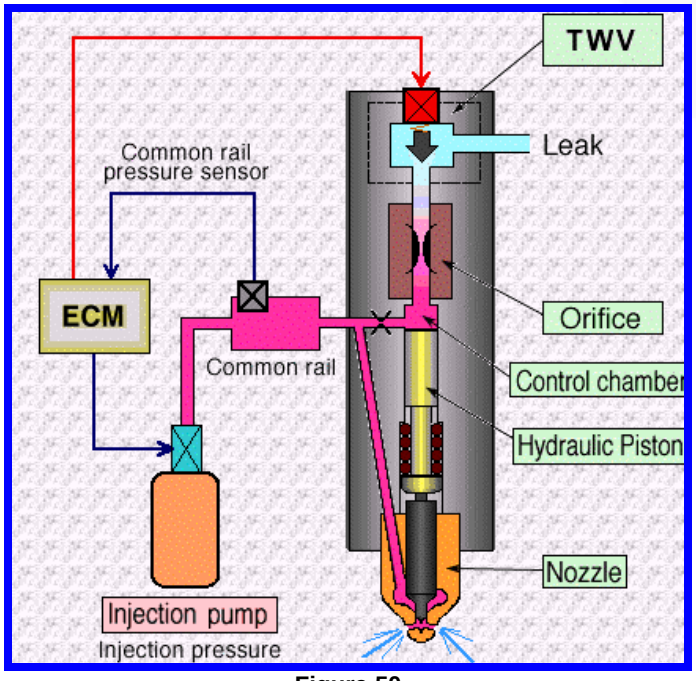



**Figura 50**

Valvual de 2 vias (TWV) en condición ON (Inyección)

La válvula TWV controla la presión en la cámara de control con el objetivo de controlar el inicio y final de la inyección.

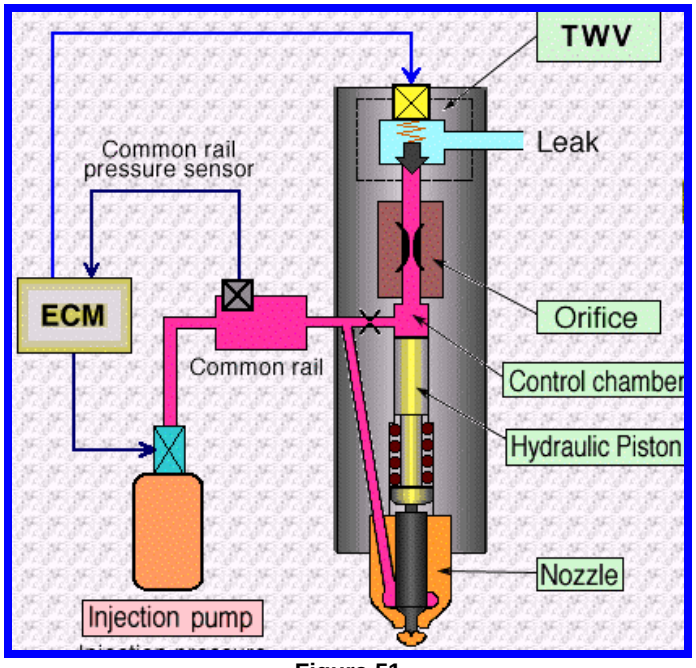



**Figura 51**

**Válvula de 2 vias (TWV) en condición OFF (Fin de la inyección)**

Con la bomba de alta presión, válvula de control de las bombas (válvulas de control de presion PCV) están instaladas a cada cilindro para controlar la fuerza del sistema de alimentación y la cantidad de descarga de combustible en la misma forma que una bomba de inyección convencional en línea.

Con el empleo de cámaras de 3 salientes, la cantidad necesaria de bombas de alta presión (cilindros) se reduce a 1/3 del número de cilindros del motor. Además, la fuerza de alimentación en el CR es el mismo número de veces que el número de veces de la inyección de combustible, esto hace posible obtener en el CR una presión más suave y estable.

La fuerza de alimentación de combustible desde la bomba de alta presión hacia el CR (riel común) se divide para cada bomba:

La **bomba de alta presión No. 1** (lado del engranaje impulsor) (4) cubre la caída de presión dentro del CR debido a la inyección de combustible en los cilindros No. 1, No. 3 y No.5, mientras que la **bomba de alta presión No. 2** (lado bomba alimentación) (6) cubre la caída en la presión de los cilindros No.2, No.4 y No.6 del CR en la misma manera.

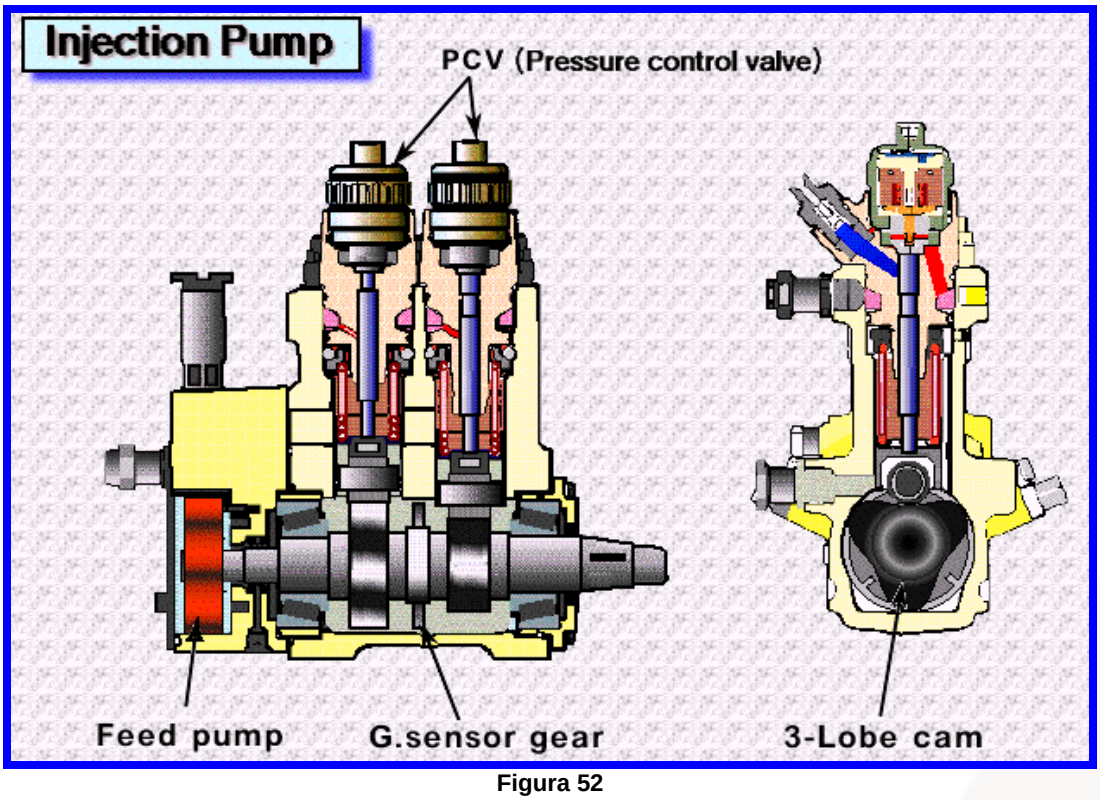



**Figura 52**

**Bomba de alta presión 2 pistones 6 lobulos (3 por piston)**

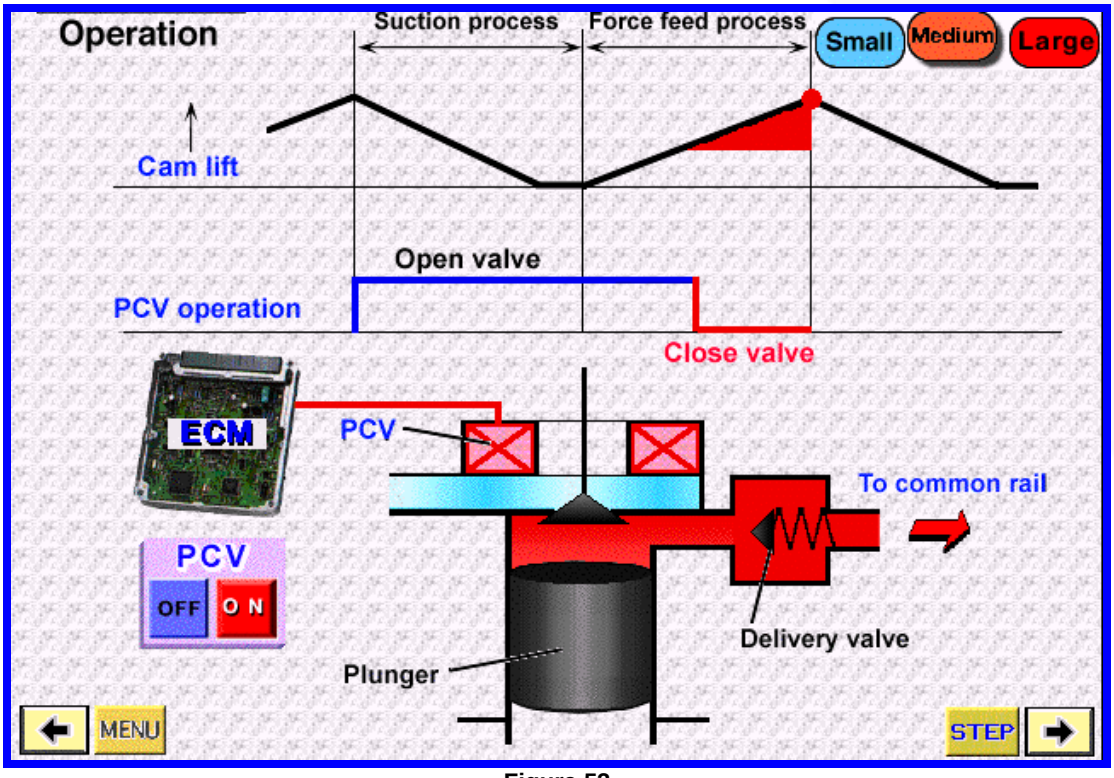



**Figura 53**

**Entrega de distintos volumenes, según el consumo para mantener la presión constante**
**Operación**

Cuando se envía electricidad a PCV para cerrar la válvula con el tiempo justo de la cantidad de descarga necesaria, el pasaje de retorno esta cerrado, y la presión en el émbolo aumenta. Por lo tanto, el combustible pasa a través de la válvula de entrega (válvula anti-rretorno) y es forzado a alimentar el CR. En otras palabras, cuando la PCV está cerrada, el émbolo sube haciendo la cantidad de descarga, y cambiando el tiempo de cerrar la PCV (émbolo antes de la carrera), la cantidad de descarga cambia y la presión de combustible en el es controlada.

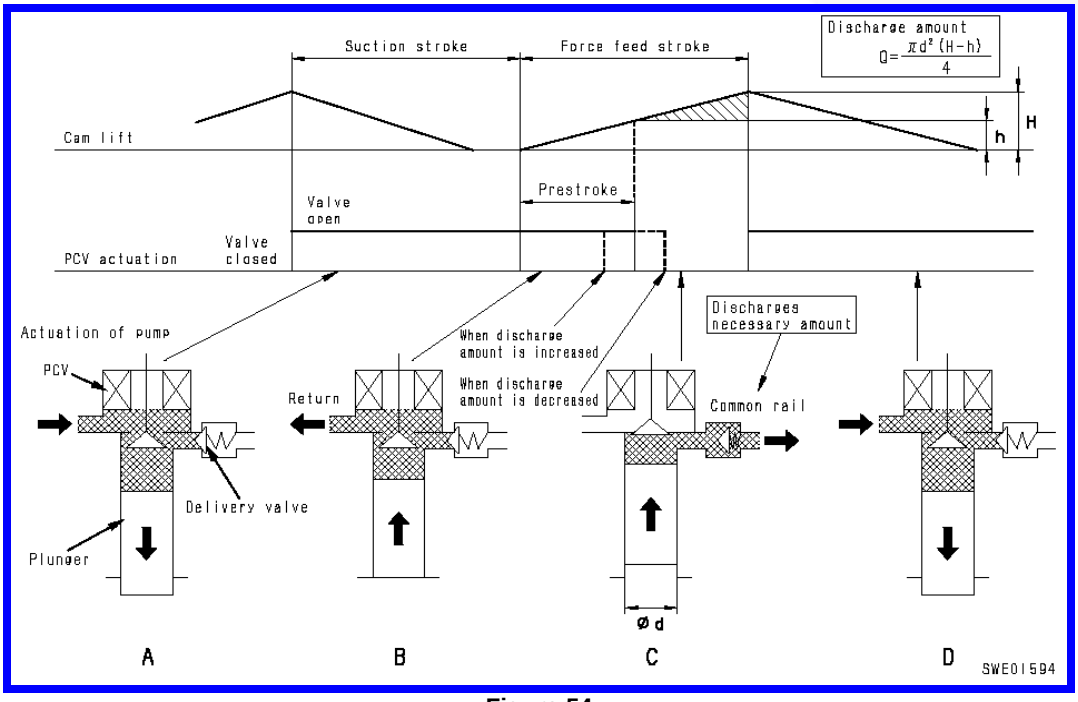



**Figura 54**

## Operación

Cuando la leva pasa la máxima altura, el émbolo entra en carrera descendente y la presión dentro de la cámara del émbolo baja. Cuando esto pasa, la válvula de entrega cierra y para la fuerza de alimentación de combustible. Además, el flujo de corriente a la PCV se para, por lo que la PCV abre y el combustible a baja presión es succionado dentro de la cámara del émbolo. En otras palabras, este retorna a la condición en A.

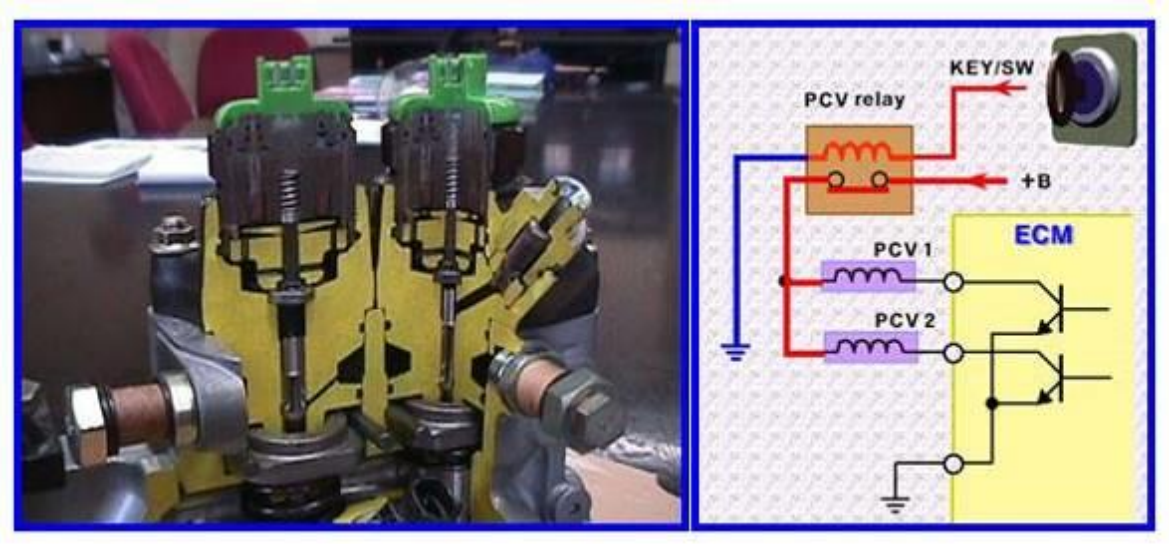



**Figura 55**

## Operación de la válvula PCV

**Figura 56**

## Riel común

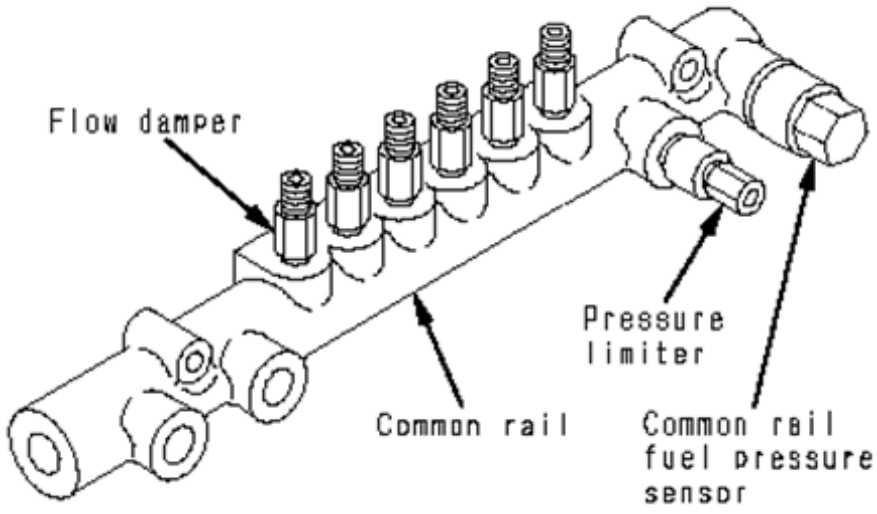



**Figura 57**

El CR actúa para distribuir el combustible a alta presión generado por la resistencia al fluido enviado por la bomba de alta presión y enviar este a los inyectores de cada cilindro. El CR está equipado con un sensor de presión de combustible, limitador de flujo, y limitador de presión. El limitador de flujo está equipado con un tubo de inyección de combustible y envía el combustible a alta presión al inyector. La tubería del limitador de presión está ubicada para retornar el combustible al tanque.

**Figura 58**

**Limitador de flujo** **Limitador de presión máximo**

## Limitador de flujo

El limitador de flujo reduce los pulsos de presión dentro de las tuberías de alta presión y actúa para suministrar combustible con una presión estable al inyector. Si algún exceso de combustible fluye, este actúa para cerrar el pasaje de combustible y prevenir cualquier flujo anormal de combustible.

Si se genera algún sobre-flujo, la alta presión golpea el pistón, el pistón y la bola se mueven hacia la derecha como se muestra en el diagrama y se pone en contacto con el asiento. Como resultado el pasaje de combustible se cierra.

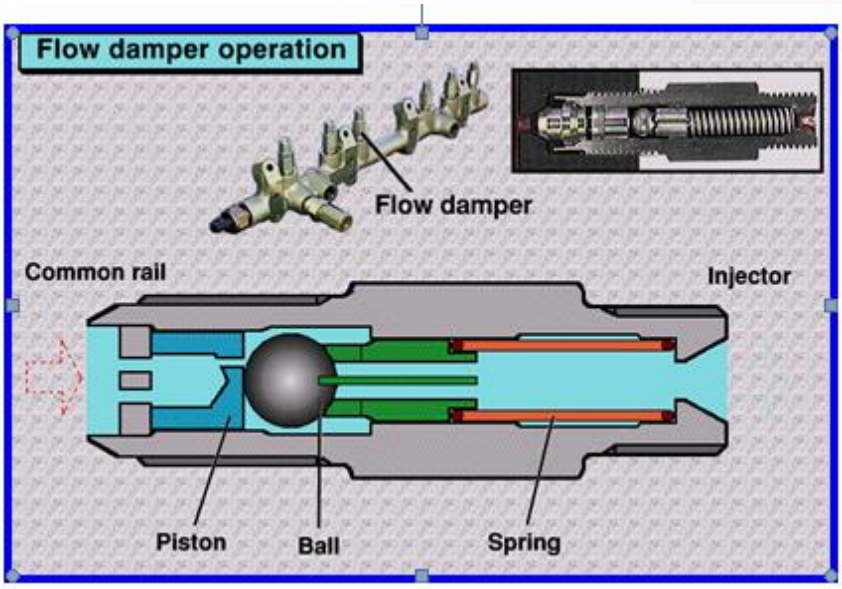



**Figura 59**

## Condición de no flujo

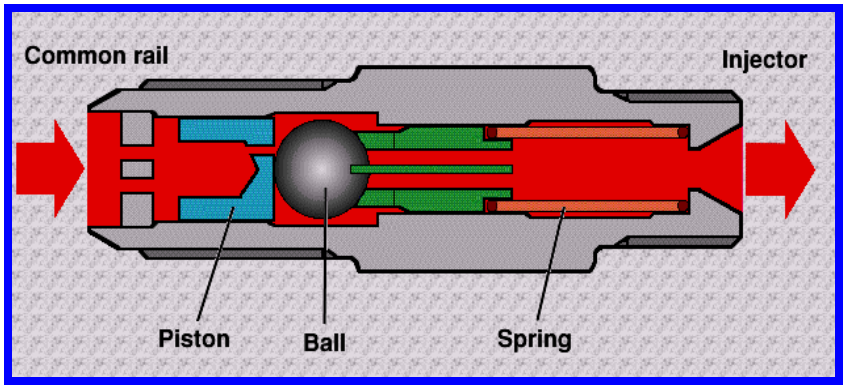



**Figura 60**

## Flujo normal

El limitador de flujo reduce los pulsos de presión dentro de las tuberías de alta presión y actúa para suministrar combustible  al inyector a una presión constante.

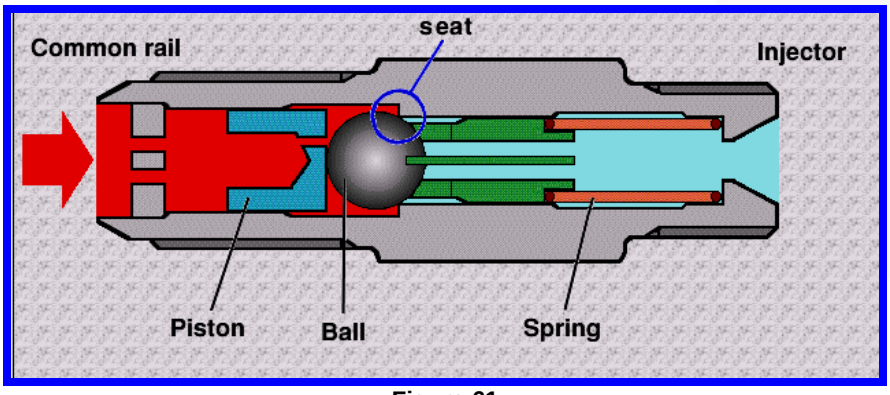



**Figura 61**

## Flujo Anormal

Como dijimos anteriormente, si se genera algún flujo anormal la alta presión golpea el pistón, por lo que éste y el balín se mueven a la derecha y entra en contacto con el asiento, como se muestra en la figura. Como resultado el pasaje de combustible se cierra**.**

### Limitador de Presión

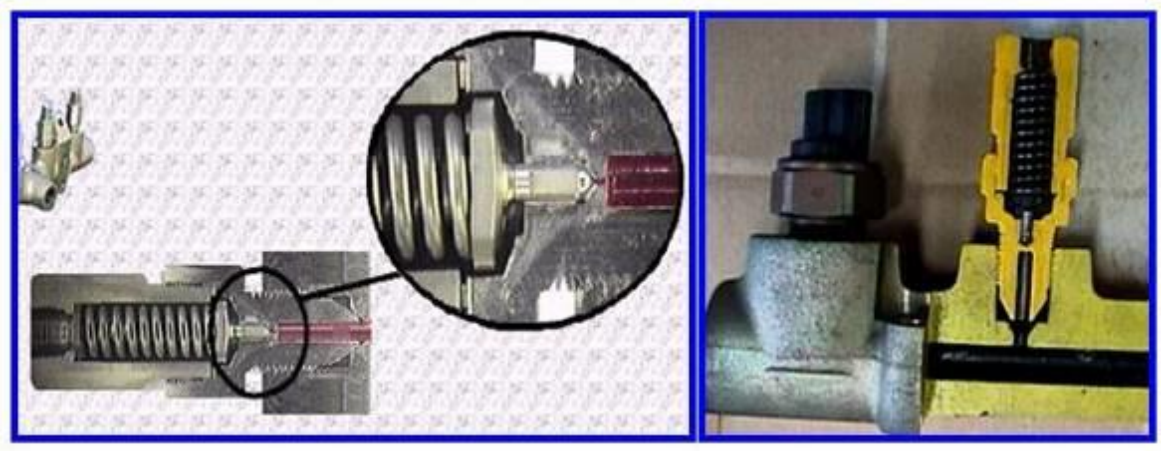


**Figura 62**

El limitador de presión abre si se genera alguna alta presión anormal, y actúa para que la presión escape. Este es actuado (abre) si la presión en el CR alcanza aproximadamente 140 MPa {1,430 kg/cm 2}, y cuando la presión baja aproximadamente hasta 30 MPa {310 kg/cm 2}, este vuelve a la posición anterior (cierra) manteniendo así la presión.

## Sensor de presión del CR

El sensor de presión de combustible del CR está instalado en el CR y detecta la presión del combustible. El sensor es un sensor de presión semi-conductor. Este usa las características del silicio, el cual cambia su resistencia eléctrica si se aplica una presión sobre él.

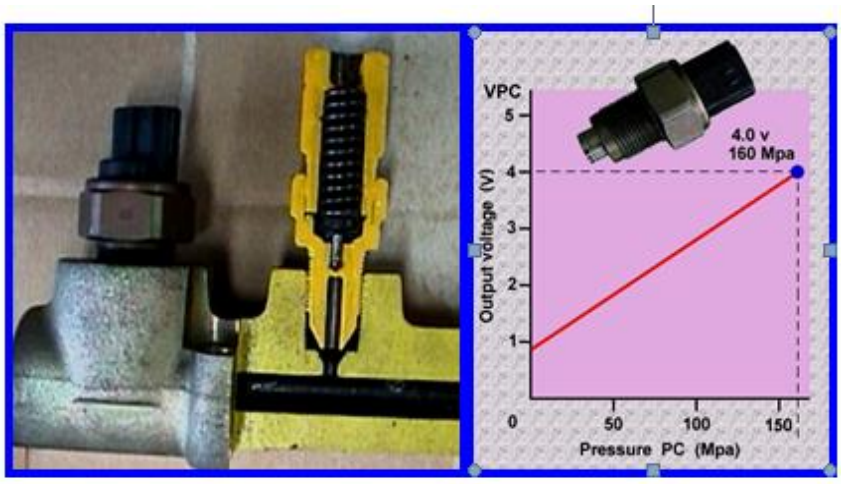



**Figura 63**

## ECU (Unidad de control de motor)

El ECU (Unidad de Control del Motor) lleva a cabo el control mediante el cálculo de la longitud de tiempo y el tiempo de envió de la corriente a los inyectores usando señales de sensores instalados en el motor y varias partes de la máquina, por lo que se inyecta una cantidad adecuada de combustible en el momento de inyección adecuado.
El sistema de control y componentes eléctricos de forma general se pueden dividir en: los sensores, computadora, y actuadores.

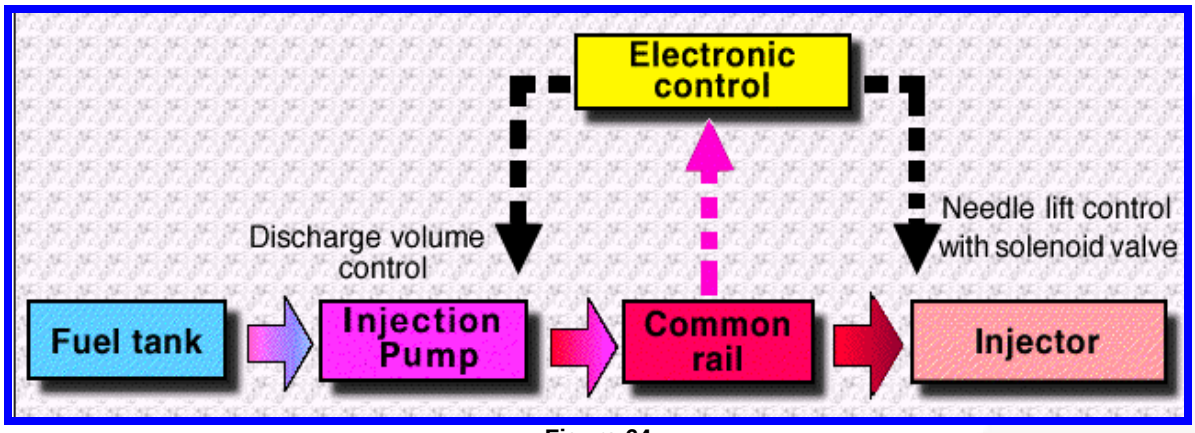



**Figura 64**

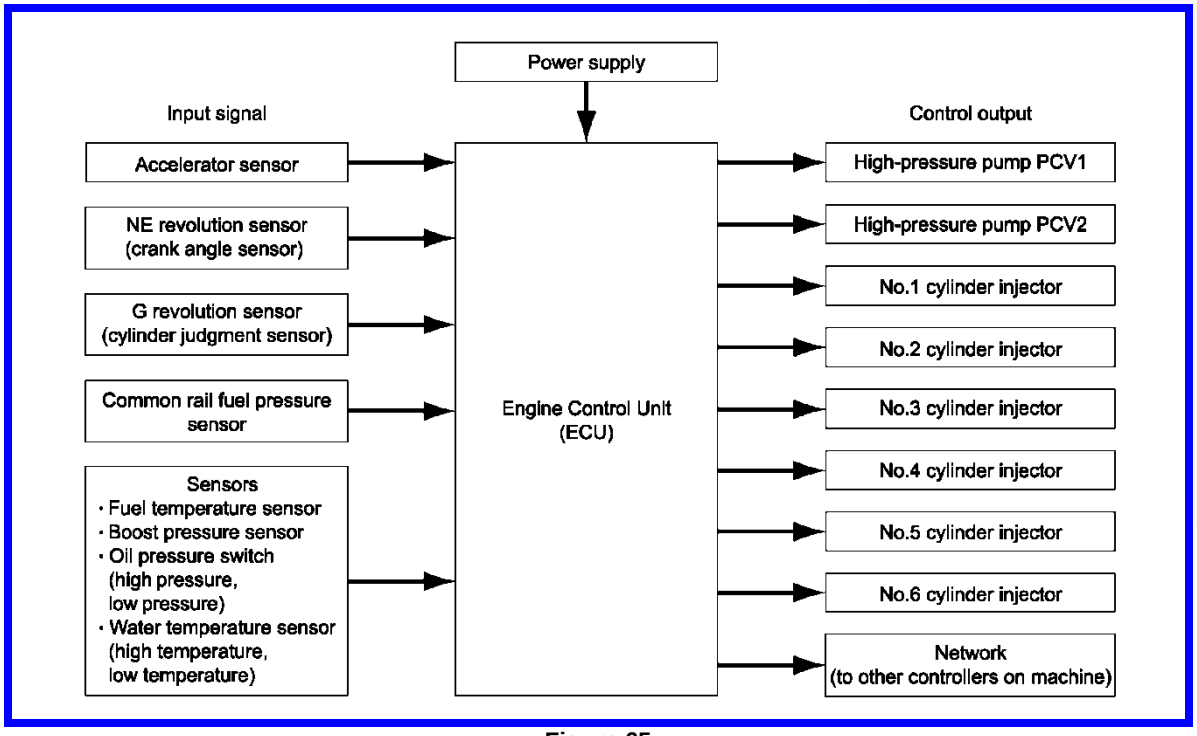



**Figura 65**

## Circuito de inyección en condición de Inyección

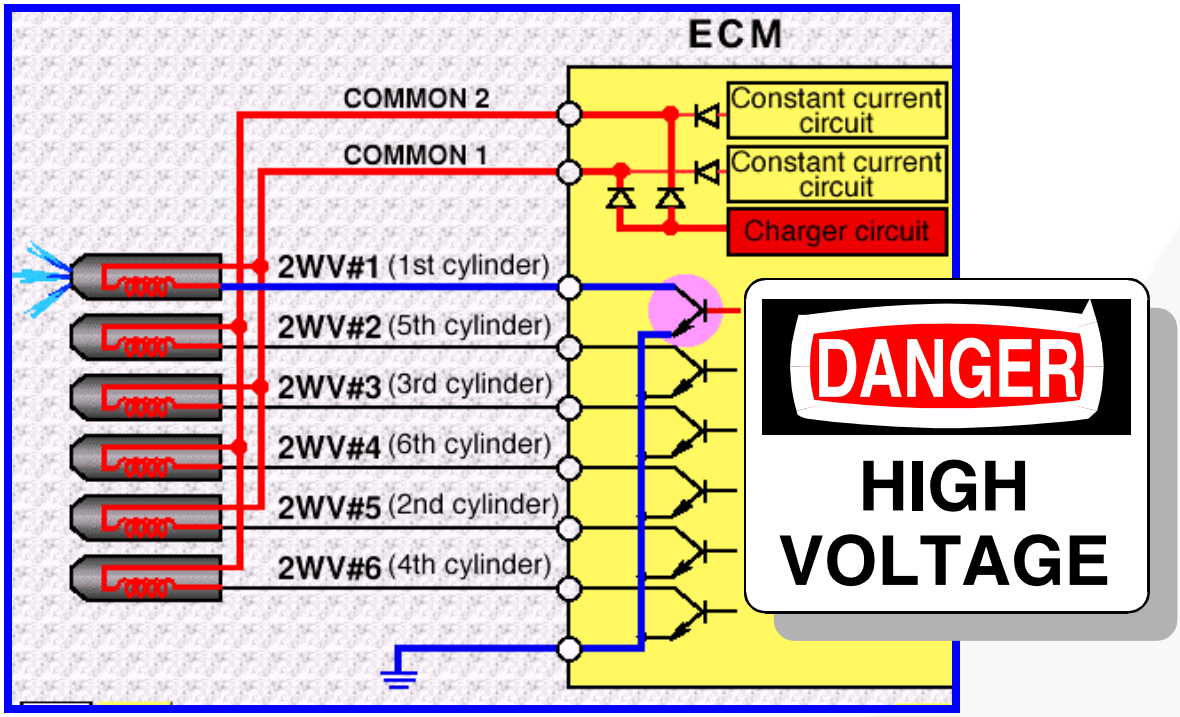



**Figura 66**

## Corriente constante o mantenida de 2 a 3 Amps

**Sensores**

Sensor de Revolución NE (sensor de ángulo del cigüeñal)

Cuando el orificio señal en el volante pasa por el sensor, las líneas de fuerza magnética pasando a través de la bobina cambian y se genera un voltaje en la bobina.

**Sensores G (bomba) y NE (posición de cigüeñal)**

**Figura 67**

**Orificios de referencia cada 7.5 grados**

**Sensor NE**

Orificios señales están ubicados en el volante cada 7.5 grados, pero hay 3 lugares donde no existen orificios, por lo que hay un total de 45 orificios de señales. Por tanto, por cada 2 vueltas del motor, se generan 90 pulsos.

De esta señal entregada por el sensor NE, se detecta la velocidad del motor y el ángulo del cigüeñal para cada 7.5 grados.

**Sensor G**

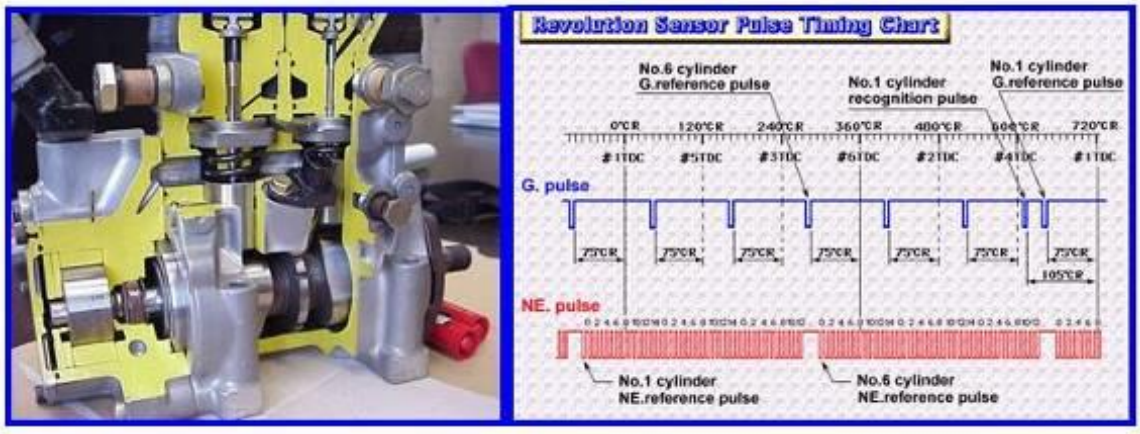



**Figura 68**

**Bomba con sensor G** **Derecha- señales de los sensores G y NE**

El engrane en forma de disco provisto en el centro del árbol de levas de la bomba de alta presión tiene dientes cortados (se ha hecho una muesca) cada120 grados, además, hay un diente extra en un punto. Por tanto cada 2 vueltas del motor, existen 7 pulsaciones de salida. La combinación de los pulsos del sensor de revoluciones NE y los pulsos del sensor de revoluciones G se reconocen como las pulsaciones estándar del cilindro No. 1.

## Sistema MEUI (Por gentileza de Caterpillar Américas. co)

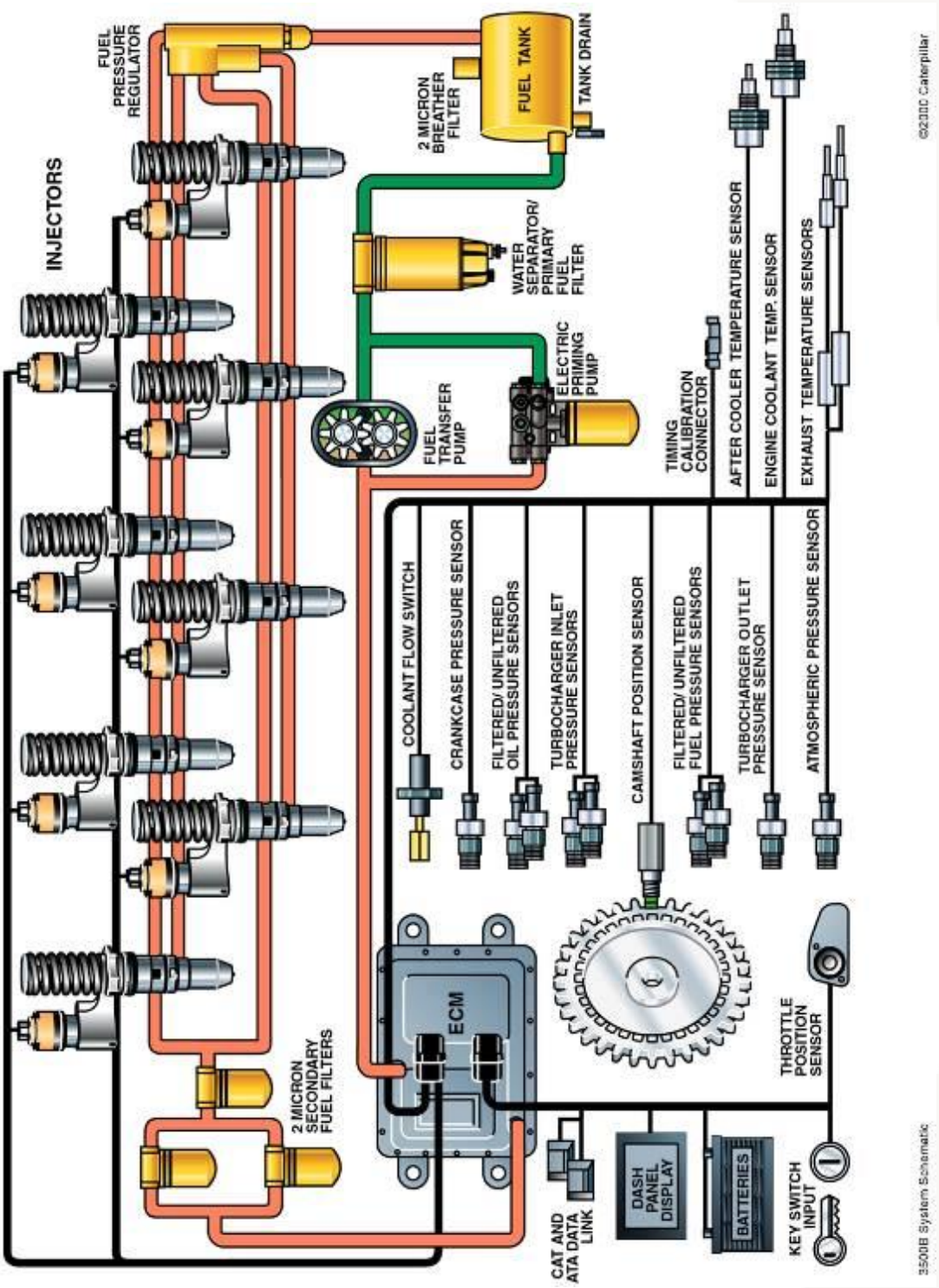



**Figura 69**

## Sistema HPI (Gentileza de Komatsu Cummins)

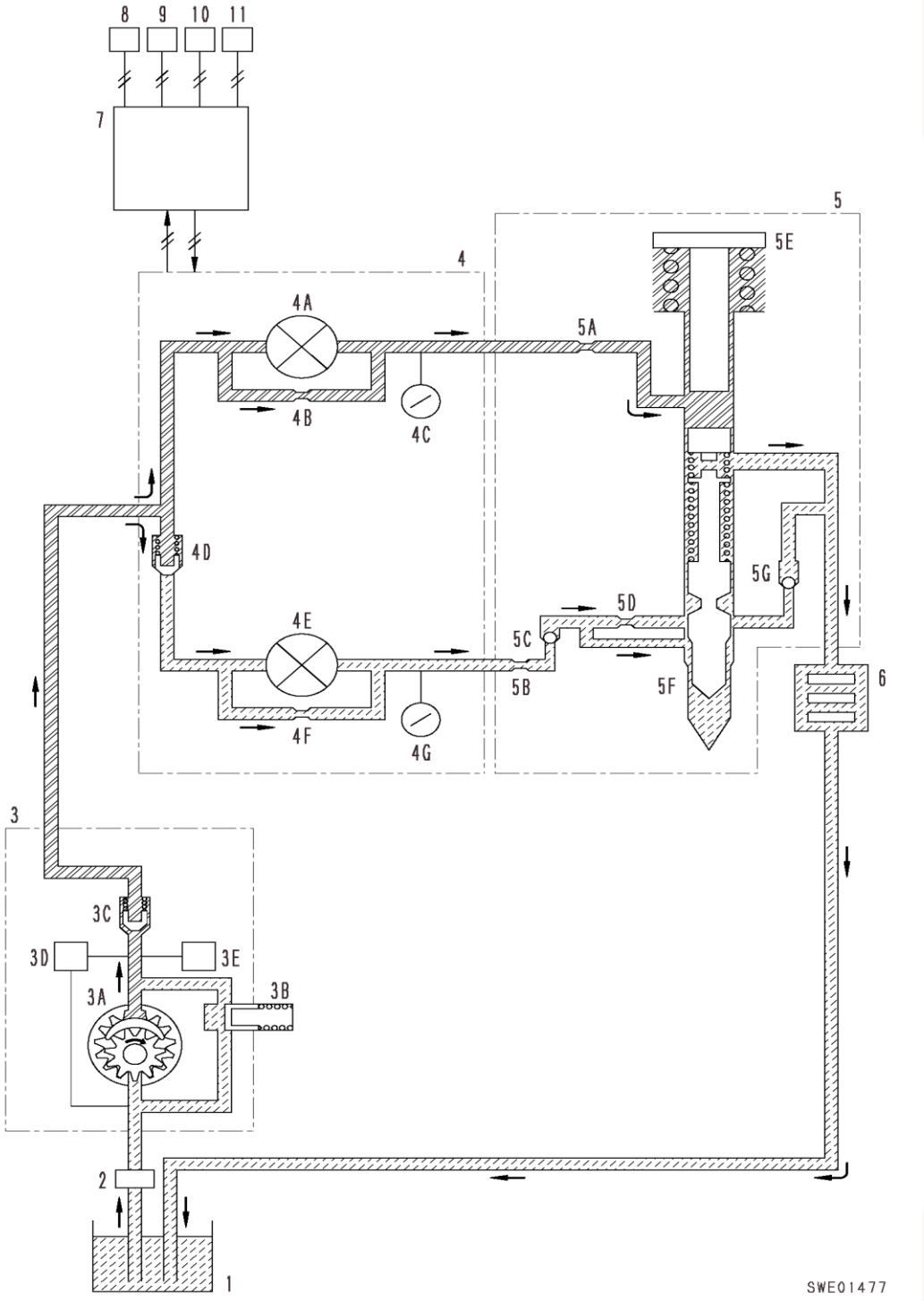



**Figura 70**

## 2. Dispositivos electrónicos del motor

**Señales electrónicas**
Los circuitos electrónicos procesan una señal de alguna forma. La señal puede ser tan simple como el pulso eléctrico creado por el cierre de los contactos de un interruptor, o compleja como una señal digital que evalúa el nivel de un fluido.

Las señales pueden dividirse en dos grandes grupos: Las que cambian y las que permanecen constantes. Por ejemplo, una señal que no cambia, es aquella en que el flujo de corriente permanece en una misma dirección (Corriente Directa “DC”); A diferencia de lo anterior, en una señal que cambia, el flujo de corriente fluye en una dirección y luego cambia y fluye en la dirección contraria (Corriente Alterna “AC”).

Una señal DC, puede ser voltaje o corriente suministrado desde una fuente (Batería), o simplemente, un nivel DC, como la representación de algún otro parámetro, por ejemplo una termocupla es un dispositivo que regula un voltaje de corriente continua en proporción a su temperatura. Una foto celda produce un voltaje en proporción a su intensidad luminosa.

La característica básica del voltaje DC, es que tiene polaridad fija y el flujo de corriente es sólo en una dirección a través del circuito.

Los siguientes ejemplos son usados para visualmente demostrar 4 diferentes tipos de señales de corriente directa DC.

**(A y B) Señal fija positiva y negativa**
Una Batería simple con polaridad de Positivo a Negativo en el caso de la figura (A) y con polaridad invertida en el caso del ejemplo (B).

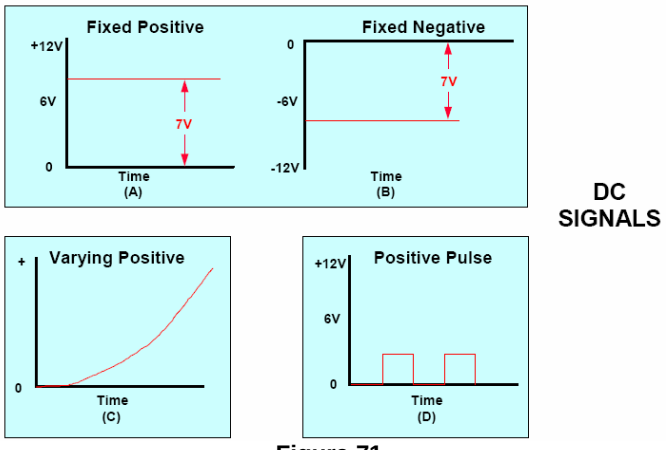



**Figura 71**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Distintos señal que se podrán observar**

(C) Este ejemplo podría ser una corriente que está siendo controlada por un resistor variable.

(D) Este ejemplo es una señal de voltaje que es controlada por un interruptor que la activa y la desactiva

**Las diferentes corrientes (alterna, Continua y estática)**

**Corriente alterna**
En la figura se observa una señal o forma de onda del tipo sinusoidal, que corresponde a una corriente o voltaje de tipo alterno.

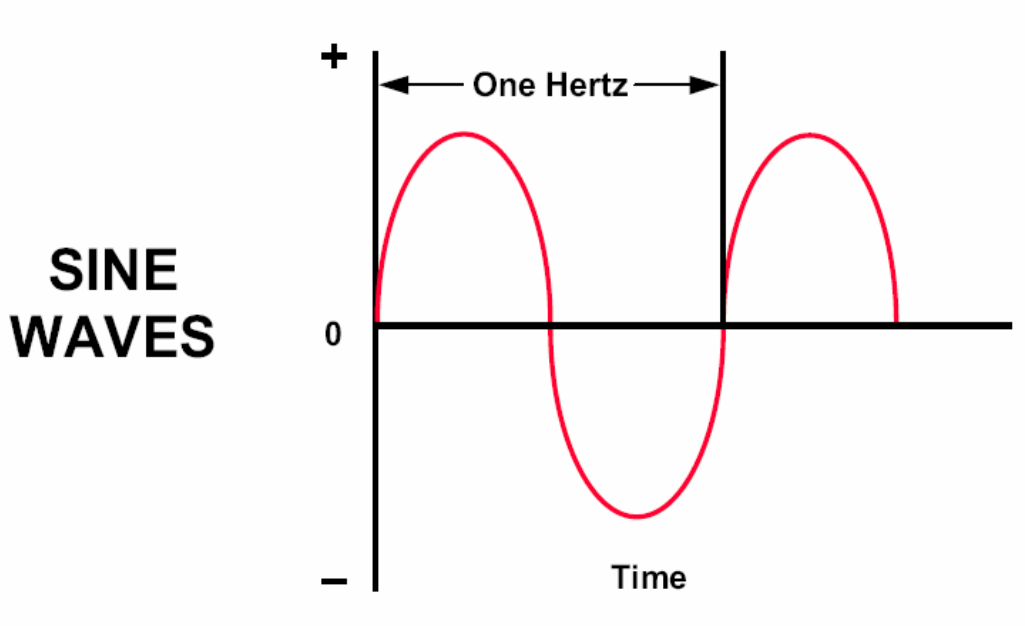



**Figura 72**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Onda sinusoidal de una corriente alterna**

La corriente alterna es un flujo de electrones que al ser representado gráficamente a través de una **señal** sinusoidal, comienza en cero, se incrementa al máximo en un sentido, y entonces disminuye a cero, invierte su sentido y llega al máximo en sentido opuesto para volver nuevamente a cero. La razón de cambio de esta alternancia se llama frecuencia y su unidad de medida es el Hertz. (1 Hertz corresponde a 1 ciclo que sucede en un segundo).

Por ejemplo, en el consumo domiciliario, la corriente alterna tiene una alternancia de ciclo o frecuencia de 50 a 60 Hertz, es decir 50 a 60 ciclos se suceden en 1 segundo.

Las ondas sinusoidales pueden representar una corriente alterna, una señal de radio, un tono de audio o una señal de vibración de alguna fuente mecánica.

Las ondas sinusoidales pueden ser producidas por alguna fuente electromecánica (generadores) o bien por un circuito electrónico llamado oscilador.

La **Señal** Electrónica representa el parámetro que mide. La señal puede ser modulada de tres formas distintas.

**Nota:**
**Se entiende por modulación a la técnica o proceso que se utiliza para trasportar la información de la señal. El objetivo de modular una señal, es el de tener control sobre la misma, ej.: Modulación de Amplitud (AM), Modulación de Frecuencia (FM).**

**Formas de modular la señal**

- Modulación Analógica, que representa el parámetro como nivel de Voltaje.
- Modulación de frecuencia, que representa el parámetro como un nivel de frecuencia (Visto con la señal de una onda sinusoidal).
- Modulación de ancho de pulso (PWM), que corresponde a una señal digital que representa el parámetro como porcentaje de ciclo de trabajo.

**Señal analógica**

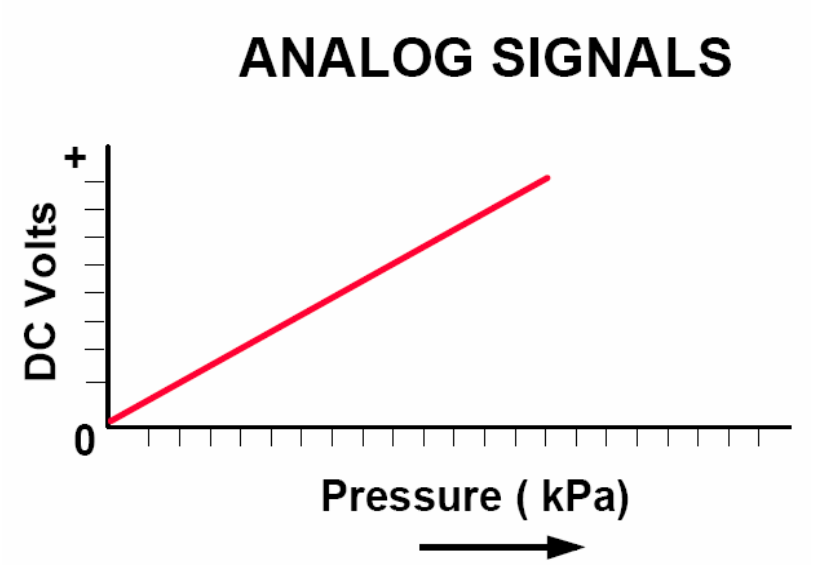



**Figura 73**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Señal análoga**
Una señal análoga es una que varía en un amplio rango de valores, suave y constante en el tiempo.

La imagen anterior muestra un trazo de señal análoga de un sensor de presión.
Este tipo de señal electrónica es proporcional a la presión censada en el sistema. Si la presión del sistema se incrementa, la resistencia de la fuente de censado cambia.

El cambio en la resistencia será también censado por el ECM en donde la entrada de la señal es censada.

**Señal digital**

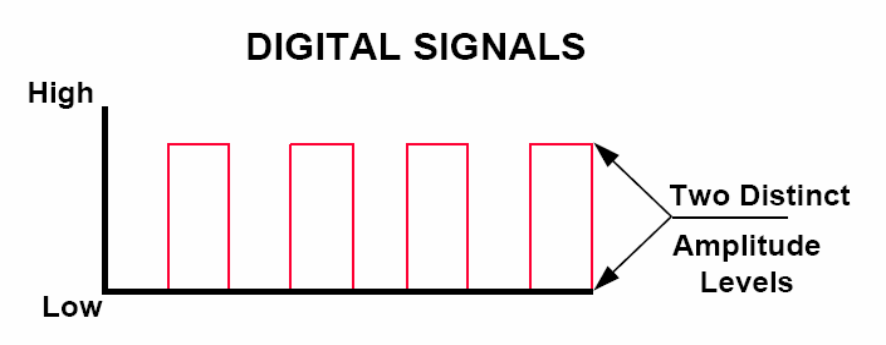



**Figura 74**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Señal digital**
Las Señales Digitales son usualmente asociadas con controles electro ciclos computarizados. Poseen dos distintos niveles, como por ejemplo 0 o 10 Volt, o más simplemente, dos estados: Alto o Bajo.

**Modulación de ancho de pulso.**

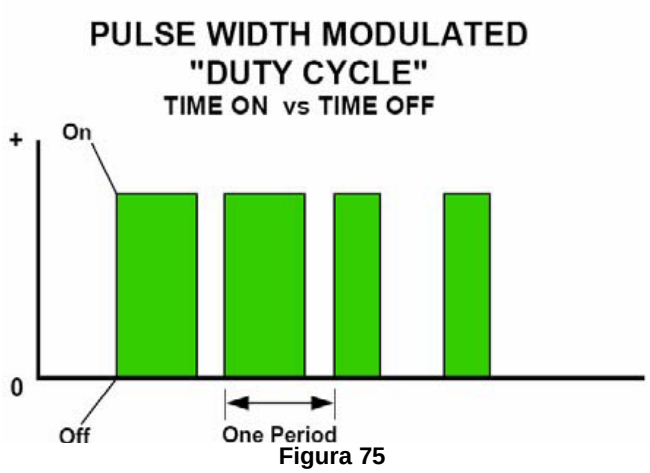



**Figura 75**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Modulación de ancho de pulso**

En los productos Caterpillar, un sensor de posición es un buen ejemplo de una fuente que produce una señal digital. Una señal PWM, es producida por un sensor. Un oscilador interno en el sensor produce una frecuencia constante de salida del sensor.

El ciclo de trabajo (Porcentaje de tiempo “on” versus porcentaje de tiempo “off” de la señal, varía como varía la condición censada (Posición rotatoria). La salida del sensor es enviada al ECM en donde esta señal es procesada.

**Conceptos electrónicos**

Reconocer los diferentes tipos de dispositivo electrónico de los equipos

**Introducción**

Entonces, ¿Cuál es la diferencia entre electricidad y electrónica? La respuesta se puede encontrar en el concepto de información, y sobre esta base se define el estudio de la electrónica.

La electricidad aprovecha los fenómenos eléctricos para obtener potencia o energía, por ejemplo: La plancha eléctrica es un aparato eléctrico, ya que emplea electricidad para producir energía calorífica, de la misma forma la electricidad proporciona la potencia necesaria para mover las aspas de una lavadora.

La electrónica usa la electricidad para llevar información, por ejemplo el timbre eléctrico para informar que alguien llama la puerta, hasta los complejos sistemas de radar para localizar y rastrear blancos distantes. De esta forma los aparatos electrónicos son los que usan la electricidad para indicar, mostrar o informar algo de algún modo.

Así pues la diferencia no estriba en los elementos o dispositivos que conformen a algún aparato sino en el objetivo final del aparato, si el aparato únicamente proporciona potencia o energía es un aparato ELÉCTRICO, si el aparato indica, muestra o informa es electrónico.

**Dispositivos**

Los dispositivos de entrada, son usados para el monitoreo de la información asociada a los sistemas de la máquina. Los dispositivos de entrada convierten parámetros físicos como velocidad, temperatura, presión, posición, flujo o nivel en una señal electrónica.

Los sistemas de control electrónico, usan esta señal electrónica (información de entrada) para el monitoreo de los componentes y para originar señales de salida apropiadas.

Diferentes tipos de dispositivos de entrada proveen información de entrada a los módulos de control ECM, estos son interruptores, emisores y sensores.

**Switch ON, OFF**
Los dispositivos de entrada, son usados para el monitoreo de la información asociada a los sistemas de la máquina. Los dispositivos de entrada convierten parámetros físicos como velocidad, temperatura, presión, posición, flujo o nivel en una señal electrónica.

Los sistemas de control electrónico, usan esta señal electrónica (información de entrada) para el monitoreo de los componentes y para originar señales de salida apropiadas.

Diferentes tipos de Dispositivos de entrada proveen información de entrada a los módulos de control ECM, estos son interruptores, emisores y sensores.

## 2.1 Switch de temperatura de aceite de freno

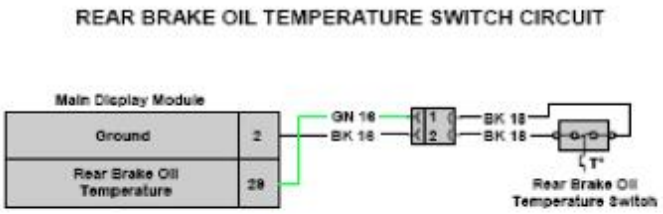



**Figura 76**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Switch de temperatura de aceite de freno**

Este switch, es una fuente del tipo resistivo, que es utilizado para censar la temperatura del fluido. La resistencia de salida varía con la temperatura disminuyendo con el aumento de la temperatura.

Los contactos del Switch son normalmente cerrados. Cuando el motor está en funcionamiento y la temperatura del aceite de los frenos está dentro del rango normal, los contactos permanecen cerrados completando el circuito a tierra.

**Switch de presión de aceite de freno**

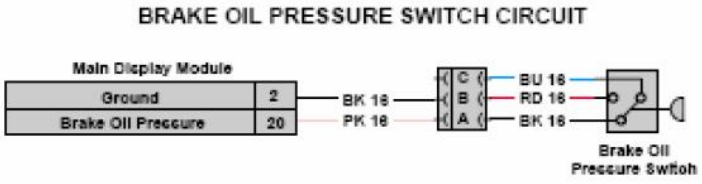



**Figura 77**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Switch de presión de aceite de freno**

En este Switch, los contactos son normalmente abiertos. Cuando el motor se pone en funcionamiento y la presión del aceite está dentro de lo especificado, los contactos se cierran completando el circuito a tierra.

**Switch de flujo**

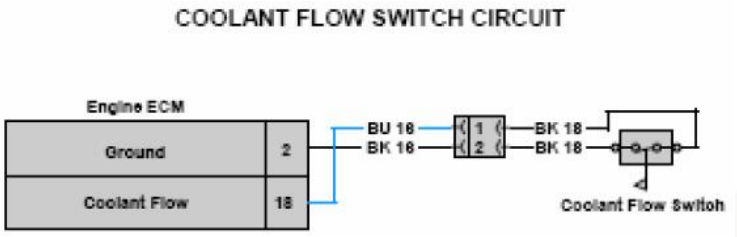



**Figura 78**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

**Switch de flujo**

El Switch de flujo de refrigerante es un switch tipo paleta y está normalmente abierto (al no existir flujo de refrigerante).

## Switch de nivel de refrigerante de motor

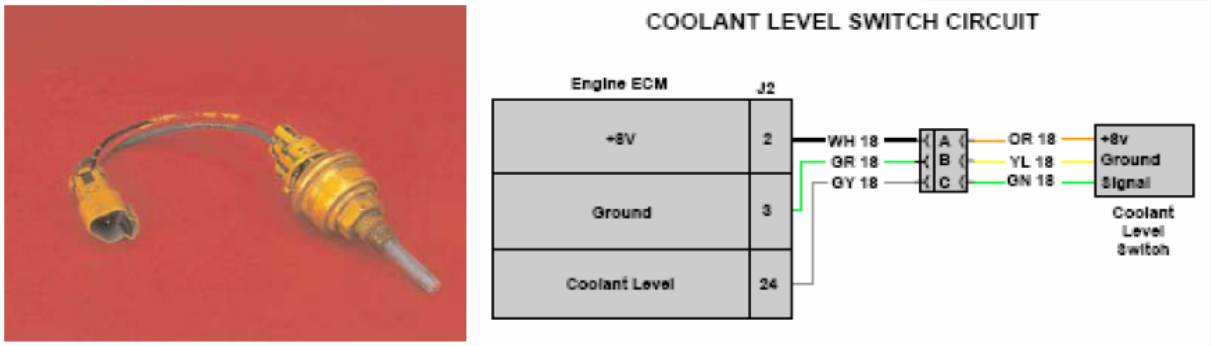



**Figura 79**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

## Switch de nivel de refrigerante de motor

Este Switch Electrónico utilizado para monitorear el nivel del refrigerante del motor, opera en forma distinta al resto de switchs vistos anteriormente. Requiere para trabajar una alimentación de +8VDC proveniente del módulo de control electrónico.

Durante la operación normal, el nivel de refrigerante está alrededor de la manga de plástico del switch. El switch (internamente) entrega un circuito de señal a tierra al ECM.

Es importante que la manga plástica permanezca intacta para la correcta operación del Switch.

El voltaje medido en el cable de señal con el sistema energizado y el nivel de refrigerante alrededor de la manga de plástico del switch, debe ser menor a 1VDC.
Esto indicará que el switch está trabajando correctamente.

## Switch operados por el operador

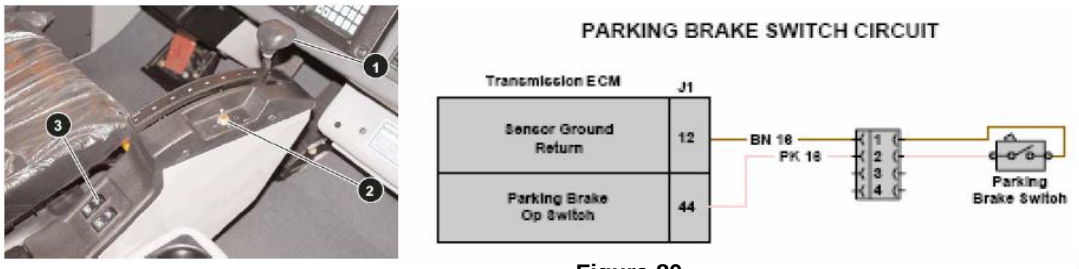



**Figura 80**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## Switch activados por el operador

Los Switch activados por el operador envían una señal al ECM cuando el operador lo requiere. El Switch se abre o cierra y envía una señal para que el ECM realice una acción. En este caso el switch del freno de parqueo, envía una señal al ECM cuando es activado por el Operador, El ECM procesa la información y envía una señal de salida para enganchar el freno de parqueo.

## Diagnóstico

### Diagnóstico en entradas tipo switch (voltaje de referencia)

Para diagnosticar, localizar y solucionar efectivamente problemas de los interruptores y de las entradas de los interruptores, es importante entender los principios de operación de la entrada del interruptor en un sistema de control electrónico. La figura siguiente muestra un ejemplo típico de una entrada tipo interruptor.

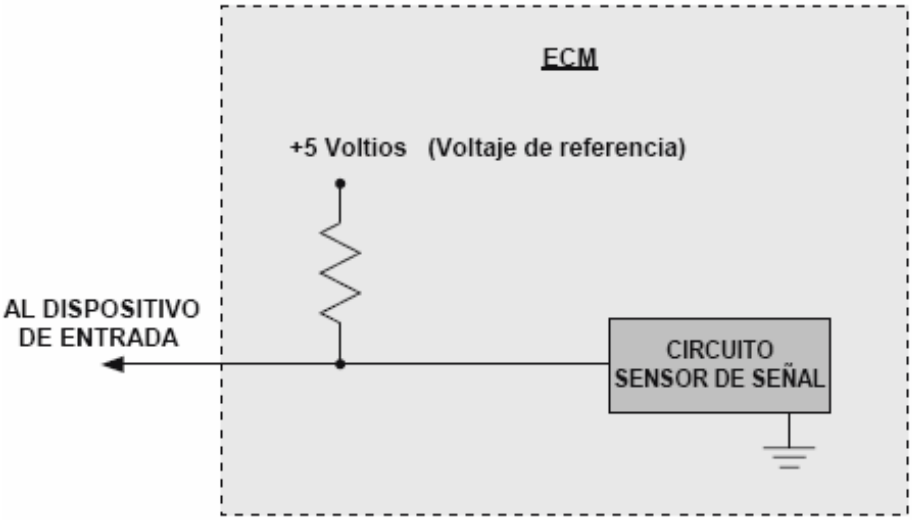



**Figura 81**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Entrada tipo interruptor**

El ECM usa un voltaje regulado internamente, llamado voltaje de referencia. El valor del voltaje varía y puede ser de +5 voltios, +8 voltios o +12 voltios. Aun cuando el valor es diferente en algunos controles, el proceso es el mismo.

El voltaje de referencia se conecta al cable de señal a través de un resistor (típicamente, de 2 Kohms). El circuito sensor de señal en el control se conecta eléctricamente en paralelo con la resistencia del dispositivo de entrada. El análisis del circuito eléctrico básico muestra que el circuito sensor de señal dentro del control detecta la caída de voltaje a través del dispositivo de entrada.

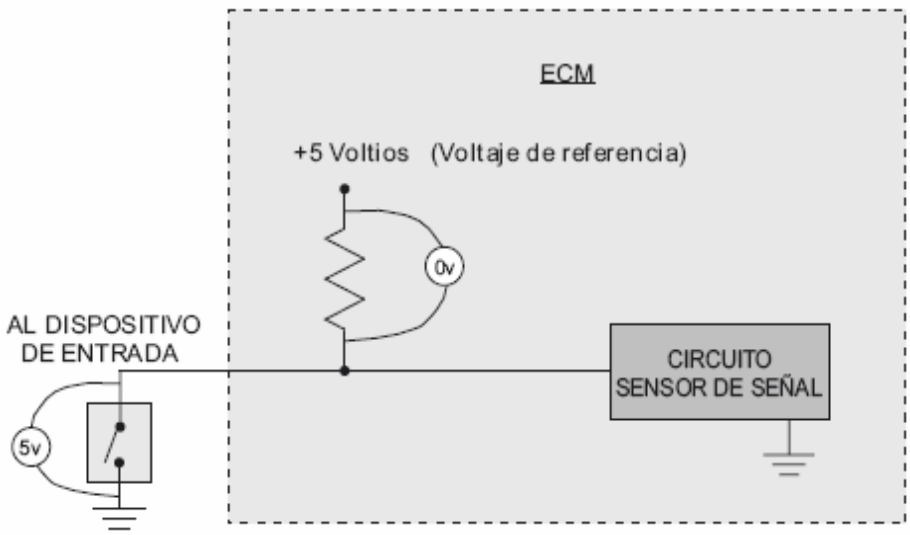



**Figura 82**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Diagrama de bloques de un interruptor**

La figura de arriba muestra un diagrama de bloques de un interruptor conectado a un cable del dispositivo de entrada. Cuando el interruptor está en la posición abierta, la resistencia del cable de entrada del interruptor a tierra es infinita. El circuito básico se asemeja a un divisor de voltaje.

La resistencia a través del interruptor es tan grande que el voltaje de referencia de +5 voltios puede medirse a través del interruptor. Como el circuito sensor de señal dentro del ECM está en paralelo con el interruptor, también detecta los +5V. El ECM puede determinar que el interruptor o el cable de entrada del interruptor se encuentran en posición abierta.

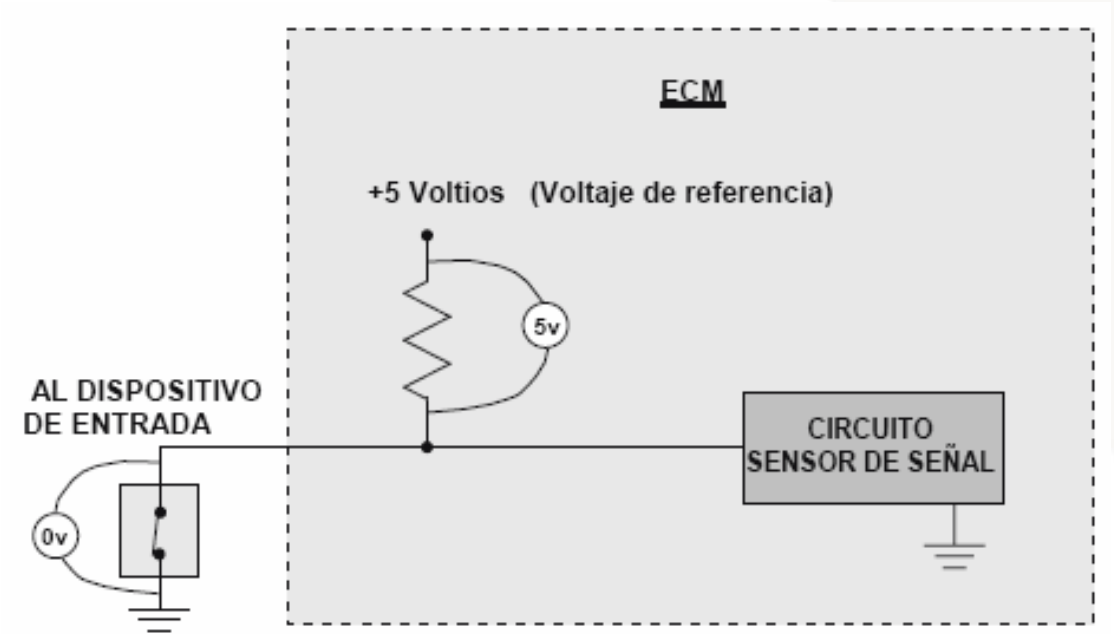



**Figura 83**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Circuito con el interruptor en la posición cerrada**

La figura muestra el mismo circuito con el interruptor en la posición cerrada. Cuando el interruptor está en la posición cerrada, la resistencia del cable de señal a tierra es muy baja (cerca de cero ohmios). El circuito básico divisor de voltaje, ahora, cambió de valor.

La resistencia del resistor en el control es significativamente mayor que la resistencia del interruptor cerrado. La resistencia a través del resistor es tan grande que el voltaje de referencia de +5 V se puede medir a través del resistor. La caída de voltaje a través del interruptor cerrado prácticamente es +0 V. El circuito de detección de señal interna del ECM también detecta los +0 V, por estar en paralelo con el interruptor. El ECM puede determinar que el interruptor o el cable de entrada del interruptor está cerrado o con corto a tierra.

El voltaje de referencia se usa para asegurarse de que el punto de referencia interno del control del circuito digital es de +0 V o +5 V (digital bajo o alto). Como el ECM provee un voltaje de referencia, cualquier caída de voltaje que ocurra en el mazo de cables debido a conexiones en mal estado o de la longitud del cable no afecta la señal del nivel “alto” en la referencia del ECM. La caída de voltaje del mazo de cables puede dar como resultado que el voltaje medido en el interruptor sea menor que +5 V. Como el control usa voltaje de referencia, el sensor no tiene que ser la fuente de corriente necesaria para impulsar la señal a través de la longitud del mazo de cables.

## 2.2 Emisores

En los sistemas de control electrónico se usan diferentes tipos de emisores para proveer entradas al ECM o al procesador del sistema monitor.
Los dos emisores más usados son emisores de 0 a 240 Ohmios y de 70 a 800 ohmios.

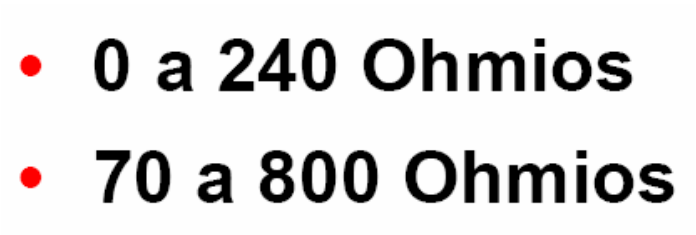
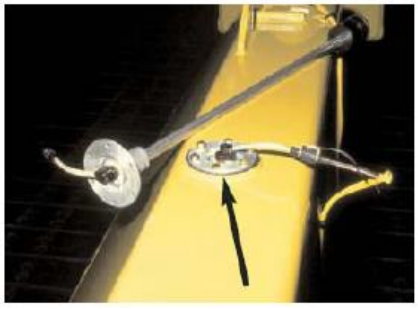



**Figura 84**

### Emisores de 0 a 240 ohmios

Miden un valor de resistencia del sistema específico que corresponde a una condición del sistema.

El nivel de combustible es un sistema típico en el que se usa este tipo de emisor. La resistencia de salida se mide en el ECM o en el procesador del sistema monitor y el valor corresponde a la profundidad del combustible en el tanque. El ECM o procesador del sistema monitor calcula la resistencia y el sistema monitor muestra la salida del medidor.



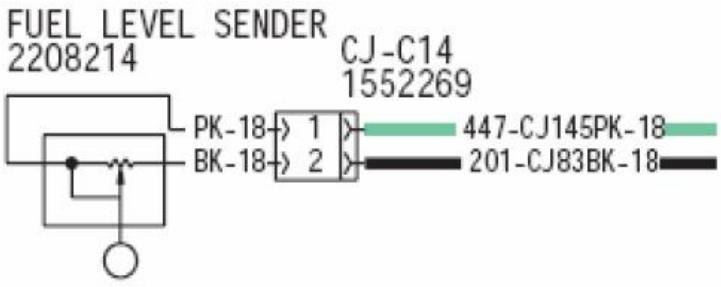



**Figura 85**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

### Emisores de 0 a 240 ohmios

En la figura se muestra un emisor de 0 a 240 Ohmios, usado para medir el nivel de combustible Este componente consiste en una resistencia variable o reóstato, cuyo cursor es accionado por un brazo que a su extremo tiene un flotador.

Al cambiar de posición el flotador de acuerdo a los cambios de nivel del líquido, se mueve el cursor, variando la resistencia. Esta variación es reflejada en un instrumento o en algún tipo de módulo electrónico del sistema monitor.

**Emisores de 70 a 800 ohmios**

Miden un valor de resistencia del sistema específico que corresponde a una condición del sistema.

Un sistema típico en que se usa este tipo de emisor es el de temperatura. La resistencia de salida se mide en el ECM o en el procesador del sistema monitor y el valor corresponde a la temperatura del fluido (aceite, refrigerante) que se está midiendo. El ECM o procesador del sistema monitor calcula la resistencia y el sistema monitor muestra la salida en un medidor o indicador de alerta.

**Figura 86**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Termisor de señal de 70 a 800 ohmios**

Estos componentes tienen en su interior una resistencia llamada termistor, estas pueden ser de coeficiente positivo o negativo, es decir la resistencia aumenta o disminuye por efecto de los cambios de temperatura. Esta variación de resistencia incide directamente en la corriente que circula por el circuito, la que puede ser aprovechada para mover la aguja de un instrumento, o accionar una alarma.

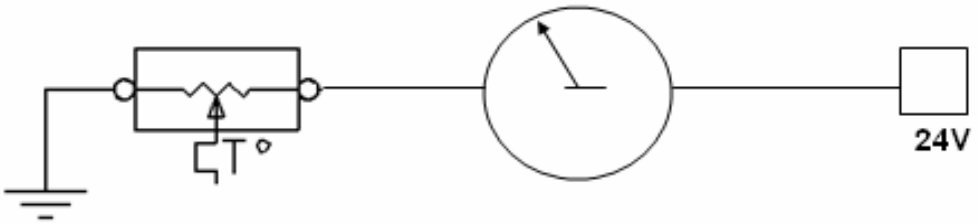



**Figura 87**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## 2.3 Sensores

Los sensores a diferencia de los interruptores o switch, pueden indicar diferentes estados del parámetro medido o censado, por ejemplo un switch de temperatura de

refrigerante de motor, se activará o desactivará de acuerdo a los niveles preestablecidos, es decir, en sólo dos situaciones, por el contrario un sensor diseñado para el mismo fin podrá entregar diferentes valores, dependiendo de la temperatura alcanzada.
Los sensores para realizar esta labor, en su interior tienen circuitos electrónicos que procesan la información y la convierten en señal antes de que sea enviada hacia algún dispositivo de monitoreo o control electrónico.

La señal electrónica se modula de tres formas. La modulación de frecuencia, muestra el parámetro como nivel de frecuencia, la modulación de duración de Impulso (digital), muestra el parámetro como porcentaje de ciclo de trabajo y la modulación analógica, muestra el parámetro como nivel de voltaje.

Existen distintos tipos de sensores, aquí describiremos los diferentes tipos empleados por Caterpillar.

- Frecuencia
- PWM (digital)
- Análogo
- Análogo digital

Los sensores se dividen en dos tipos:

- Pasivos
- Activos

Los sensores pasivos no procesan la información antes de ser enviada, no requieren de alimentación externa y por lo general tienen solo dos terminales. A diferencia de los sensores pasivos, los sensores activos requieren de un voltaje de alimentación para funcionar, tienen tres terminales, dos de estos se utilizan para alimentarlo, y del tercero se obtiene la señal o nivel de voltaje, correspondiente al parámetro censado o medido.

**Sensores de frecuencia**
En los sistemas de control electrónico se usan varios tipos de componentes para la medición de velocidad. Los dos sensores más comunes son:

- Sensor de frecuencia magnético o pickup magnético
- Sensor de efecto Hall

El tipo de sensor usado lo determina ingeniería. En un sistema en donde no son críticas las bajas velocidades, se utiliza un detector magnético. En un sistema en donde la medición de bajas velocidades es crucial, se usa un sensor de efecto Hall.

## Sensor magnético o pickup magnético

**Figura 88**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## Sensor magnético

Los sensores de frecuencia de detección magnética pasivos, convierten el movimiento mecánico en voltaje CA. El detector magnético típico consta de una bobina, una pieza polar, un imán y una caja. El sensor produce un campo magnético que al ser cortado por el paso de un diente de engranaje, se altera y genera voltaje CA en la bobina. El voltaje CA es proporcional a la velocidad, la frecuencia de la señal CA, es exactamente proporcional a la velocidad (rpm).

Para operar en forma adecuada, los sensores de detección magnética basan su medida en la distancia entre el extremo del detector y el paso del diente del engranaje, por lo que una señal muy débil puede indicar que el sensor está muy lejos del engranaje.

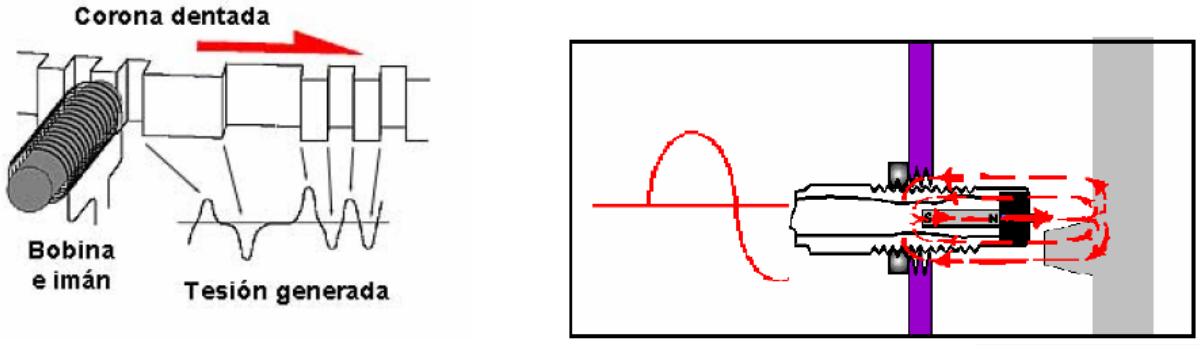



**Figura 89**

## Sensor

En la figura de abajo se muestra una aplicación típica de un sensor pasivo de frecuencia: Evaluación de la velocidad de salida de la transmisión en un camión 797.

**Figura 90**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

Estos componentes suministran una señal de salida variable en frecuencia y voltaje, proporcional a la velocidad de rotación.

Los equipos Caterpillar comúnmente utilizan este tipo de Pick Up. El sensor posee un imán permanente que genera un campo magnético que es sensible al movimiento de metales con contenido de hierro a su alrededor. En una aplicación típica, el Pick Up magnético se posiciona de forma tal que los dientes de un engranaje rotatorio pasan a través del campo magnético.
Cada diente del engranaje que pasa, altera la forma del campo y concentra la fuerza de éste en el diente. El campo magnético constantemente cambiante, pasa a través de una bobina de alambre en el sensor, y como resultado se produce una corriente alterna en la bobina.

La frecuencia con la cual la corriente se alterna está relacionada con la velocidad de rotación y con el número de dientes del engranaje.

Por lo tanto, se deduce que la frecuencia proporciona información sobre la velocidad del motor o desplazamiento del vehículo.

En la figura de abajo se muestran dos sensores de sincronización de velocidad usados en algunos motores EUI y HEUI más recientes, como los Motores Caterpillar 3406E 3456, 3126B y C9.

**Figura 91**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## Sensores de sincronización de velocidad

Los nuevos sensores son de detección magnética y se usan siempre en pares.

Un sensor se diseña específicamente para un rendimiento óptimo a velocidades de motor bajas, que ocurren durante la partida y el arranque inicial. El otro sensor se diseña para un rendimiento óptimo en las velocidades de operación normal del motor. El montaje de los sensores difiere uno del otro para evitar su intercambio.

Estos sensores generan un voltaje de corriente alterna igual que los captadores magnéticos antes mencionados solo que el formato o encapsulado es distinto.

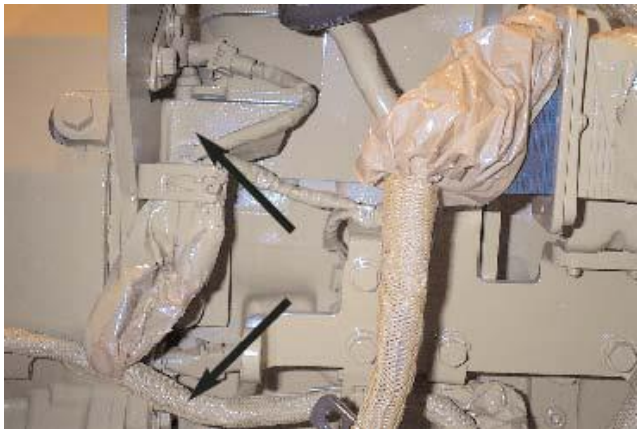


**Figura 92**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

La figura muestra los sensores de sincronización de velocidad del motor 3456 EUI. Los sensores se montan perpendicularmente a la cara del engranaje de sincronización de velocidad y se llaman superiores e inferiores o de arriba y abajo, para referirse a la gama de operación para la cual fueron diseñadas.

## 2.4 Sensores de frecuencia electrónicos o digitales

### a) Sensores activos

El comportamiento de estos sensores es similar al de un captador o Pick Up magnético, la diferencia radica en que estos sensores procesan la señal antes de enviarla a un dispositivo de monitoreo o de control.
La alimentación de este sensor es proporcionada por el dispositivo asociado y los valores de voltaje utilizados son 10, 12.5 o 13VDC dependiendo de la aplicación.

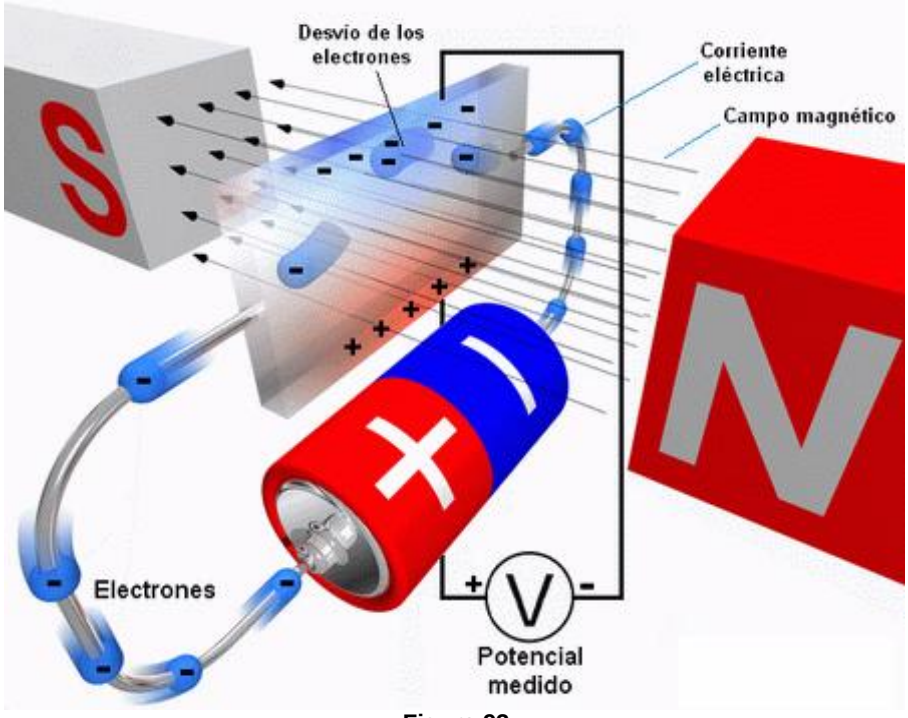



**Figura 93**

### b) Sensor efecto Hall

El efecto Hall fue descubierto por el científico Estadounidense Edwin Herbert Hall gracias a una casualidad durante un montaje eléctrico en 1879 y consiste en lo siguiente:

“Cuando por una placa metálica circula una corriente eléctrica y ésta se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, se desarrolla en la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente.

Este campo, denominado Campo de Hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica.

La consecuencia directa de lo anterior es la acumulación de cargas en un lado de la placa, en el campo eléctrico creado, lo que además implica que al otro lado de la placa exista una carga opuesta, creándose entonces una diferencia de potencial, la que puede ser medida".

Cuando un objeto ferromagnético se aproxima al sensor de efecto Hall, el campo que provoca el imán en el elemento se debilita. Así se puede determinar la proximidad de un objeto, siempre que sea ferromagnético.

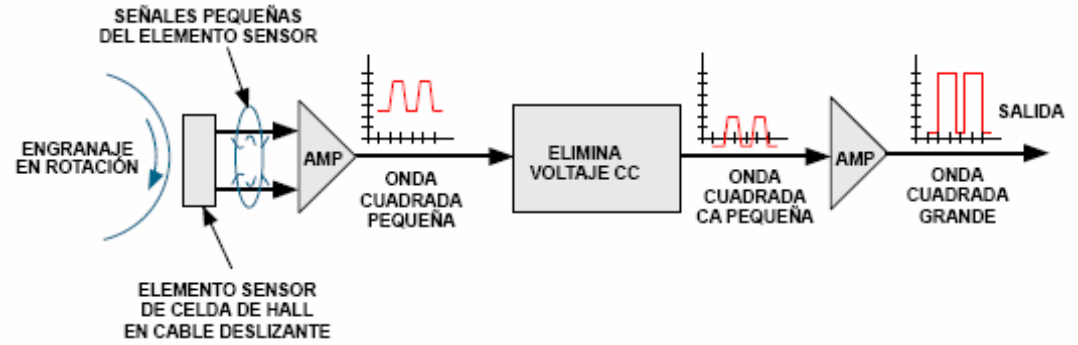



**Figura 94**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## Efecto Hall

Para detectar los campos magnéticos, en algunos sistemas electrónicos Caterpillar se usa un sensor de efecto Hall. En el control de la transmisión electrónica y en el sistema de inyección unitario electrónico se usa este tipo de sensores, que proveen señales de impulso para determinar la velocidad de salida de la transmisión y la sincronización del motor. Ambos tipos de sensores tienen una "celda de Hall", ubicada en una cabeza deslizante en la punta del sensor. A medida que los dientes del engranaje pasan por la "celda de Hall", el cambio en el campo magnético produce una señal leve, que es enviada a un amplificador dentro del sensor. El sistema electrónico interno del sensor procesa la entrada y envía pulsos de onda cuadrada de mayor amplitud al control.

**Figura 95**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Cabeza deslizante**

El elemento sensor está ubicado en la cabeza deslizante, y la medición es muy exacta, gracias a que su fase y su amplitud de salida no dependen de la velocidad.
El elemento sensor opera hacia abajo hasta 0 RPM sobre una gama amplia de temperatura de operación.

Un sensor de velocidad de efecto Hall sigue directamente los puntos altos y bajos del engranaje que está midiendo. La señal será alta generalmente +10V cuando el diente está en frente de la celda, o baja, +0 V cuando un diente no está en frente de ésta.

Los dispositivos de efecto Hall están diseñados de tal manera que un mejor resultado se obtiene si la distancia o espacio entre la celda o cabezal y el engranaje es prácticamente cero aire.

Cuando se instala un sensor de velocidad de efecto Hall, la cabeza deslizante se extiende completamente y el sensor se gira hacia adentro, de modo que la cabeza deslizante hace contacto con la parte superior del diente del engranaje. La cabeza deslizante se desplaza dentro del sensor a medida que se atornilla hasta el apriete final obteniendo el ajusta del espacio libre.

**c) Sensor de velocidad de salida de la transmisión**

El sensor de velocidad de salida de la transmisión es típicamente un dispositivo de efecto Hall. La señal de salida de onda cuadrada está normalmente en la clavija C del conector. Este sensor, generalmente, requiere entre +10 y +12 VDC. En la clavija "A" para alimentar el circuito electrónico interno. Este voltaje es suministrado por el modulo electrónico correspondiente a la aplicación.

Es importante, cuando se instala el sensor, que el cabezal deslizante del sensor esté completamente extendido y en contacto con la parte superior, o alta, del diente del engranaje. Si el cabezal no estuviera completamente extendido, el espacio libre puede

no estar lo suficientemente cerca. Si en la instalación la cabeza no hace contacto con la parte alta del diente, ésta puede romperse.

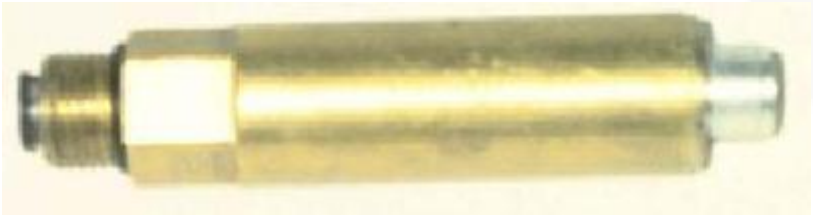


**Figura 96**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Nota:**
**En algunos casos en que la velocidad de salida de la transmisión no se usa para propósitos de control y no es crucial para la operación de la máquina, puede utilizarse un sensor de velocidad magnético. Esto lo determina ingeniería.**

### d) Sensor de velocidad y sincronización del motor

Los sensores de velocidad de un motor controlado electrónicamente miden la velocidad y sincronización del motor.

La velocidad del engranaje se detecta midiendo el cambio del campo magnético cuando pasa un diente del engranaje. La sintonización del motor corresponde a un borde del diente.

Los sensores de velocidad y sincronización se diseñan específicamente para sincronizar los motores de inyección electrónica. Tomando en cuenta lo anterior, es importante que el control electrónico detecte el tiempo exacto en que el engranaje pasa por el frente de la cabeza deslizante.

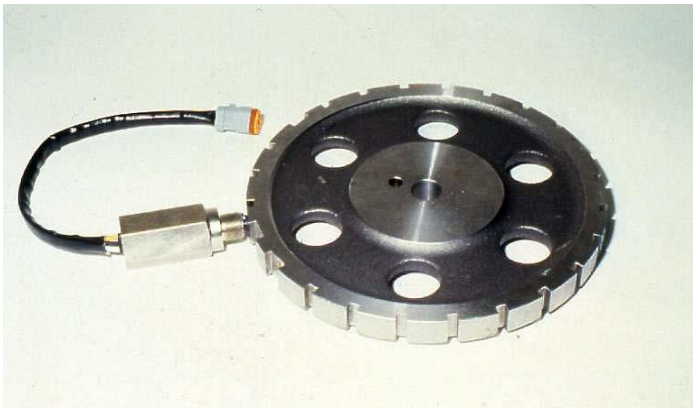


**Figura 97**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

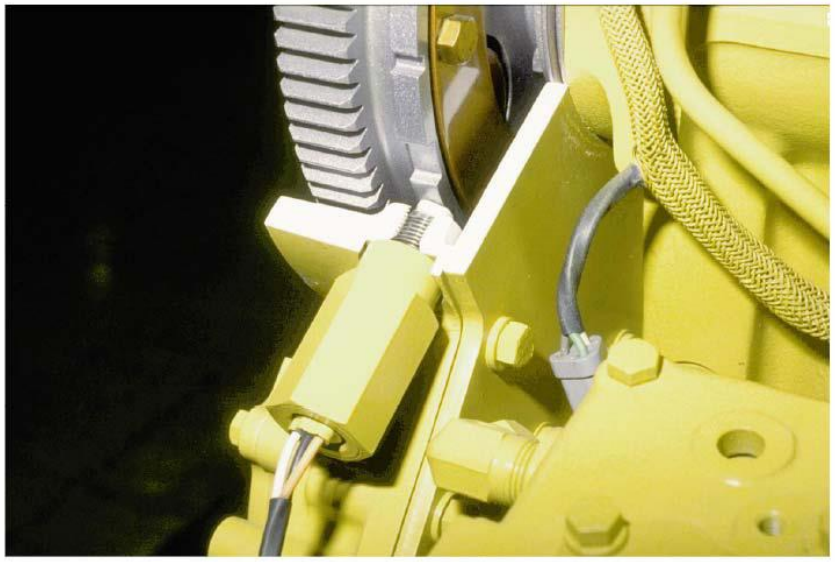


**Figura 98**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

### e) Sensor de velocidad y sincronización del motor.

La figura muestra una rueda de sincronización y un sensor. A medida que cada diente cuadrado del engranaje pasa la celda, el elemento del sensor envía una señal leve a un amplificador. El sistema electrónico interno promedia la señal y la envía a un comparador. Si la señal está por debajo del promedio (espacio entre dientes), la salida será baja. Si la señal está por encima del promedio (el diente bajo la celda), la señal será alta.

Si hay un patrón en el engranaje, la señal detectada representará el patrón. El ECM puede determinar la velocidad y el sentido de giro de acuerdo a este patrón, comparando con una referencia grabada en su memoria.

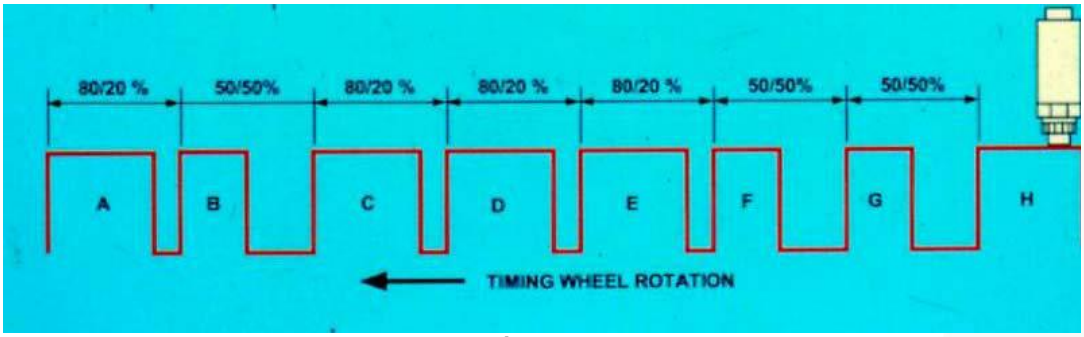



**Figura 99**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

Los circuitos dentro del sensor de sincronización y velocidad, están diseñados de tal forma que el ECM del motor pueda determinar la posición exacta del tren de engranajes del motor.

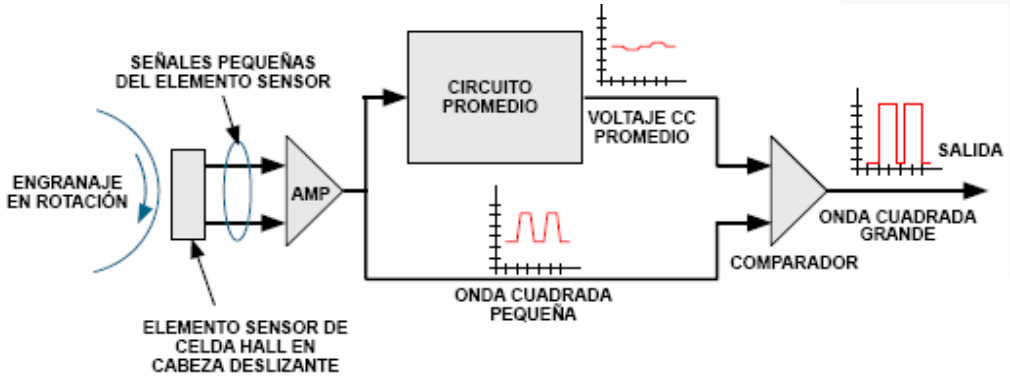



**Figura 100**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

La figura de arriba muestra un sensor típico de sincronización de velocidad que genera una señal de salida digital determinada por el patrón de dientes de la rueda giratoria.

En el sistema de Inyección Unitario Electrónico (EUI), un único patrón de diente del engranaje de referencia de sincronización hace que el control electrónico determine la posición del cigüeñal, el sentido de giro y las RPM. Cada vez que un borde de diente se aproxima a la celda Hall, se genera una señal. La señal será alta durante el tiempo en que el diente esté bajo la cabeza deslizante, y disminuirá cuando haya un espacio entre dientes. El control electrónico cuenta cada pulso y determina la velocidad, memoriza el patrón (único patrón de dientes) de los impulsos y compara ese patrón con un estándar diseñado para determinar la posición del cigüeñal y el sentido de giro.
Un sensor de sincronización de velocidad es diferente a una señal de efecto Hall típica, debido a que el tiempo de aparición exacta de la señal se programa en el ECM del motor, para hacer que la señal se use en la función crucial de sincronización.

**Nota**:
**El ECM en estos sensores no contempla el concepto Pull UP o voltaje de referencia.**

### f) Mediciones a un sensor de frecuencia electrónico

Medidas realizadas a un sensor de frecuencia electrónico, cuya aplicación corresponde a un sensor de velocidad y tiempo en un motor de inyección electrónica.

- El voltaje medido entre A y B debe estar entre 12 y 13 VDC.
- El Voltaje medido entre el conector C y el B con la llave de encendido en ON y con motor detenido, debe ser menor de 3 VDC. o mayor de 10 VDC.
- Durante el arranque, el voltaje medido entre los terminales C Y B debe estar entre 2 VDC. y 4 VDC.

## g) Sensores pwm o digital

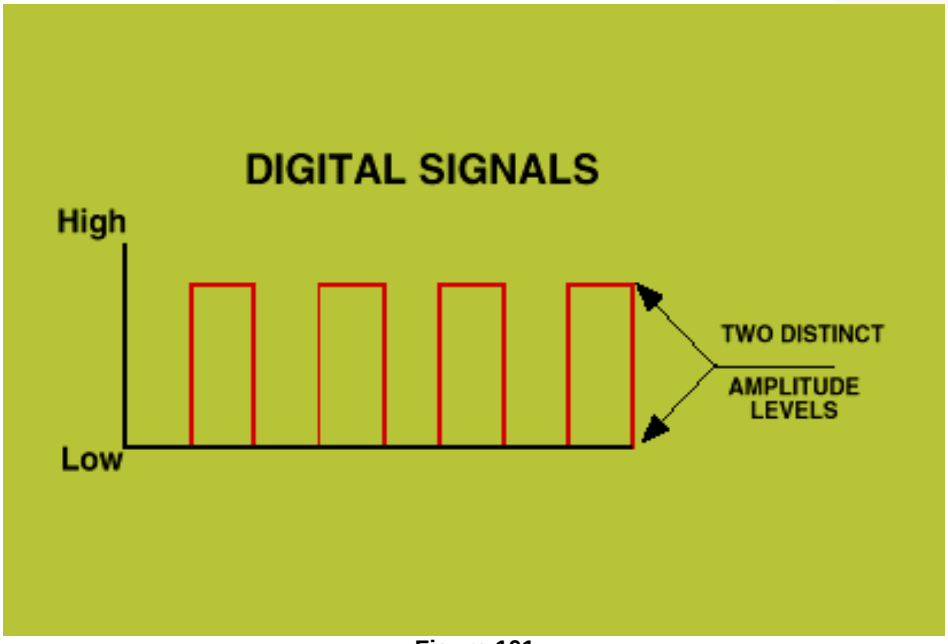



**Figura 101**

**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

## h) Señal digital

La expresión PWM significa en inglés (pulse width modulated) modulación de ancho de pulso o pulso de ancho modulado

Este tipo de sensor entrega una señal digital, es decir, ni la amplitud ni la frecuencia varía de acuerdo al parámetro censado o detectado.

Una señal PWM o también es llamada digital ya que solo tiene dos estados (Alto o Bajo), un voltaje asume un valor determinado positivo y luego se mantiene a un nivel 0 o negativo. Las figuras siguientes lo explican mejor:

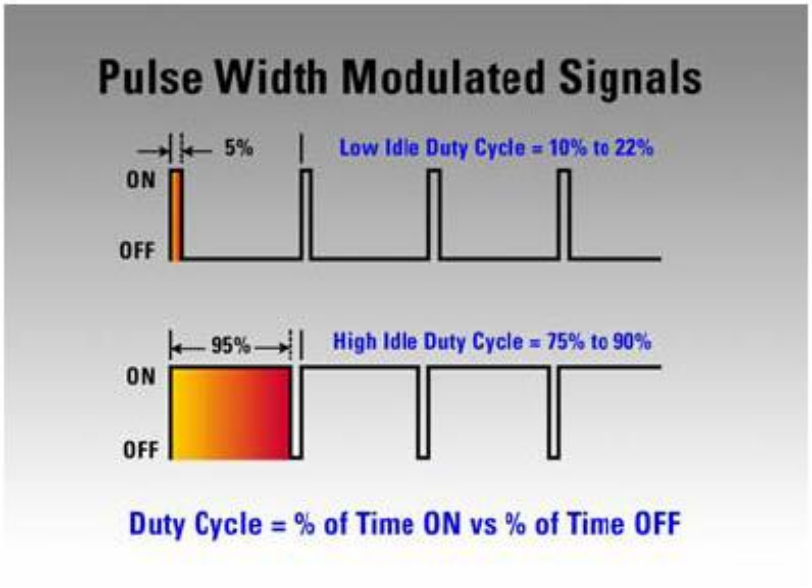



**Figura 102**

**Pulso de ancho modulado.** Imagen de una señal PWM (Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

Señal entregada por un sensor de posición de Acelerador.

El ciclo de trabajo de un sensor PWM debe estar entre un 5% y 95%. La duración del nivel alto de la señal o valor positivo de nivel se denomina ciclo de trabajo o duty cycle en inglés y se expresa en términos de porcentaje en un rango comprendido de 5 % a 95 %.

### i) Sensor de temperatura digital

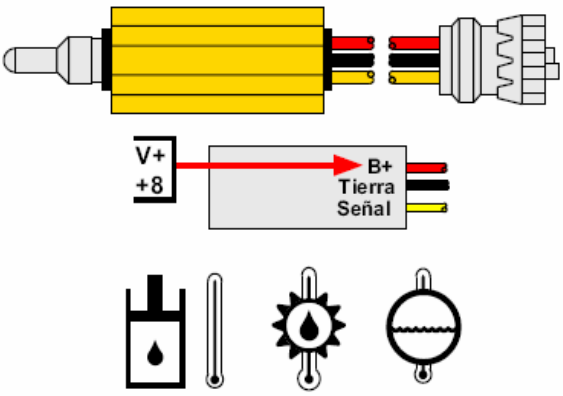



**Figura 103**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

La figura muestra un sensor de temperatura digital. El símbolo ISO indica que este tipo de sensor puede utilizase en varias aplicaciones (Aceite Hdco., Tren de Fza.,

Refrigerante). La característica más importante en la gráfica es el rectángulo, que representa el símbolo del diagrama.

La siguiente información se puede mostrar dentro del rectángulo:

- **Suministro**

El voltaje de entrada requerido para la operación del sensor se puede indicar de varias formas, como por ejemplo:

**B+, +B, +batería = voltaje de suministro al sensor desde las baterías de la máquina.**

Algunos controles proveen otros niveles de voltaje. V+ = voltaje de suministro al sensor de una fuente diferente de las baterías de la máquina. El técnico necesita seguir la fuente de suministro del sensor hacia los controles electrónicos para determinar los voltajes recibidos por estos.

**+8 = Indica que el sensor está recibiendo un potencial de 8 voltios.**

- **Tierra**

El uso del término “tierra” (GND en inglés), dentro de la representación gráfica es importante para el técnico. Los sensores digitales generalmente están conectados a un retorno digital en el ECM o a tierra en el bastidor de la máquina, próxima al sensor.

Esto es también una forma de identificar qué tipo de sensor es usado, (Los sensores análogos no usan el término Tierra, por el contrario usan el término “retorno análogo o retorno”)

**Señal**
El término señal, identifica el cable de salida del sensor. El cable de señal suministra la información del parámetro a módulo de control electrónico para su proceso.

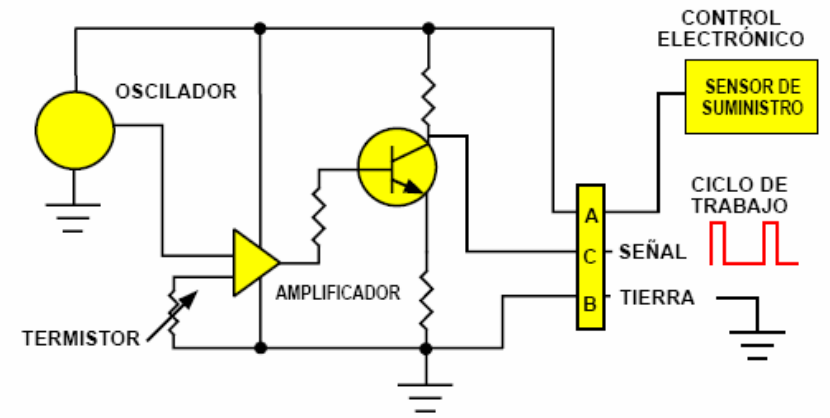



**Figura 104**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Circuito representativo de la señal.**
La figura de arriba muestra los componentes internos de un sensor de temperatura digital como por ejemplo T° de Frenos. Los componentes principales son:

- **Un Oscilador**, que provee la frecuencia portadora de señal. Dependiendo de la aplicación, el oscilador interno suministrará una frecuencia portadora que puede tener los siguientes valores aproximados:
    - 500Hz para los sensores de temperatura de escape y posición del acelerador.
    - 5000Hz para los sensores de temperatura, y posición en general
- **Un Termistor**, elemento que varía su resistencia con los cambios de T°, esta variación es recibida por el amplificador y transformada a una señal digital PWM.
- Una salida del amplificador, que controla la base de un **transistor** y genera una salida de ciclo de trabajo, medida en porcentaje de tiempo en que el transistor ha estado **activado** contra el tiempo que ha estado **desactivado**.

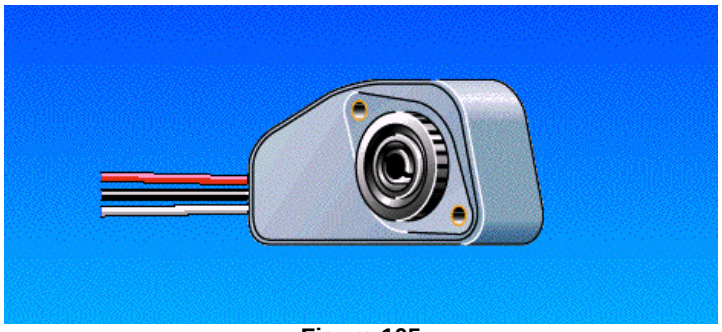


**Figura 105**

La figura, muestra el aspecto de un sensor del tipo PWM o digital, utilizado como sensor de posición; por Ej. Posición de acelerador. (Por gentileza de Caterpillar Américas co.)
**Mediciones a un sensor digital**

Con el uso de un DMM 9U7330 (FLUKE 87) o DMM Caterpillar 146-4080, se puede determinar el funcionamiento correcto de un sensor PWM.
El multímetro digital puede medir VDC, frecuencia portadora y ciclo de trabajo.
Usando el grupo de sonda 7X1710 y los cables del multímetro digital conectados entre el cable de señal (clavija C) y el cable a tierra (clavija B) en el conector del sensor, las siguientes mediciones son típicas en un sensor de temperatura PWM.

Con el sensor conectado al ECM y la llave de contacto en posición “ON”

- Clavija A a Clavija B Voltaje de suministro
- Clavija C a Clavija B 0,7- 6,9 VDC
- Clavija C a Clavija B 4,5 - 5,5 Khz (Corroborar)
- Clavija C a Clavija B 5% a 95% de ciclo de trabajo en escala de %.

El voltaje DC puede variar entre los diferentes tipos de sensores PWM, pero la frecuencia portadora debe estar siempre dentro de las especificaciones del sensor, y el ciclo de trabajo debe ser siempre mayor que 0% (generalmente, entre 5% y 10%) en el lado de baja y menor que 95% en el lado de alta (pero nunca 100%).

## 2.4 Sensores análogos

Los Sensores análogos, llamados así por Caterpillar, igual que otros sensores reciben alimentación desde un dispositivo de monitoreo o control electrónico. El voltaje proporcionado es de + 5 +/ - 0.5 VDC. A la vez estos sensores entregan una señal de voltaje continua que varía en un rango de 0.2 VDC. a 4.8 VDC., proporcional al parámetro detectado.

Estos sensores son utilizados principalmente en motores de inyección electrónica. El voltaje de salida antes mencionado puede ser medido con cualquier multímetro.
Un ejemplo de sensor análogo es un sensor de Temperatura de Refrigerante de motor, y todos los Sensores de Presión instalados en el motor.

Al realizar medidas con un multímetro, estas se deben hacer en la escala de voltaje continuo o VDC, La señal o voltaje de salida se debe medir entre los terminales (C y B). El voltaje de alimentación se mide entre los terminales (A y B).

Anteriormente se mencionó que los sensores de presión son del tipo análogo, una característica importante es que estos componentes, miden presión absoluta, es decir medirán el valor del parámetro detectado más la presión atmosférica.

Por ejemplo en un motor de inyección electrónica, que este energizado pero detenido, el sensor de presión de aceite no registrara valor alguno, entonces en estas condiciones el sensor medirá solo la presión atmosférica. Al dar arranque, se producirá una presión, como resultado se obtendrá la presión atmosférica más la presión de aceite del motor (Valor absoluto).

**Figura 106**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

## Sensor análogo

**Figura 107**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Otros sensores análogos.**

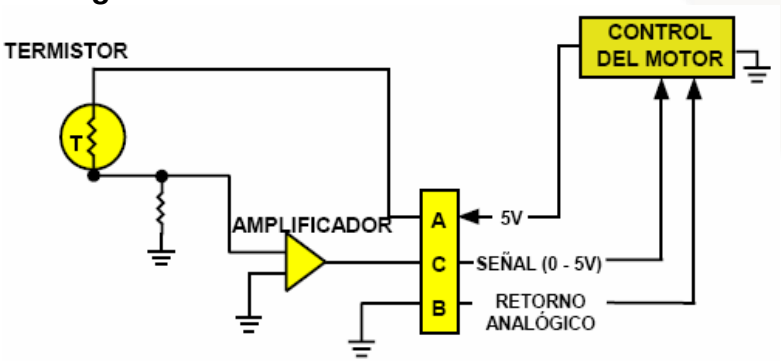



**Figura 108**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Circuito con retorno análogo**

La figura de arriba muestra los componentes internos de un sensor analógico de temperatura típico. Los componentes internos principales son un termistor para medir la temperatura y un dispositivo de OP (amplificador operacional) para proveer una señal de salida que puede variar entre 0,2 a 4,8 voltios CC, proporcional a la temperatura.

**Mediciones a un sensor análogo**

Las siguientes mediciones son típicas en un sensor de temperatura análogo, con el sensor conectado al ECM y el interruptor de llave de contacto en posición “ON”.

Terminal A a clavija B Alimentación regulada de 5 VDC desde el control.

Terminal C a clavija B 1,99 - 4,46 VDC proporcional al valor de T° medido.

El voltaje de señal del terminal C será diferente en cada tipo de sensor que se esté usando.

La salida es proporcional al parámetro medido (temperatura, presión, etc.).

## 2.5 Sensores análogos digital

Un sensor análogo digital es una combinación de dos tipos de sensores, se utiliza un dispositivo que transforma o convierte una señal de nivel de voltaje, que puede provenir de un sensor análogo, o producto de la variación de una resistencia, a una señal digital.

Ejemplos de estos sensores son: sensor de nivel de combustible, sensores de presión de aire en algunos equipos Caterpillar, como camiones de obra 785B 789B 793B/C 797 etc.

**Figura 109**

(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)

**Sensor análogo digital**

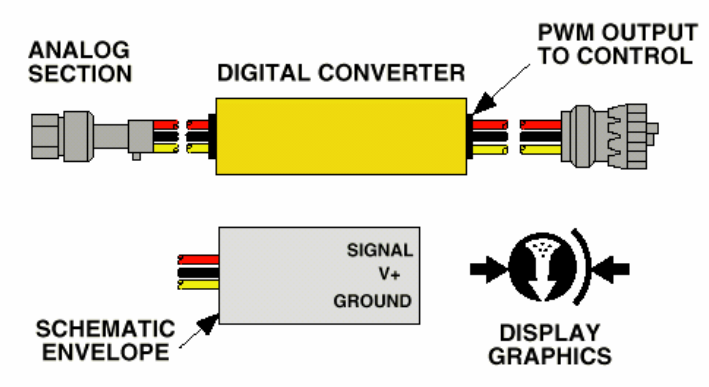



**Figura 110**

**Esquema de un sensor análogo digital.**
**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

La figura siguiente, representa el Esquema de un sensor análogo digital para medir presión, este componente es alimentado desde el exterior con los rangos de voltaje adecuados para los sensores digitales o PWM (8-12-24 V), posteriormente son reducidos a los niveles de voltaje requeridos por el sensor análogo (+5V).

Esta parte funciona como un sensor análogo y el nivel de voltaje de salida es transformado a señal PWM o digital por el convertidor, llamado también Buffer.

En la figura de abajo se observa otro ejemplo de sensor análogo digital, una resistencia variable puede estar conectada mecánicamente, ya sea como indicador de nivel o posición. Ej. Sensor de nivel de combustible, posición de tolva en algunos camiones 793C 797.

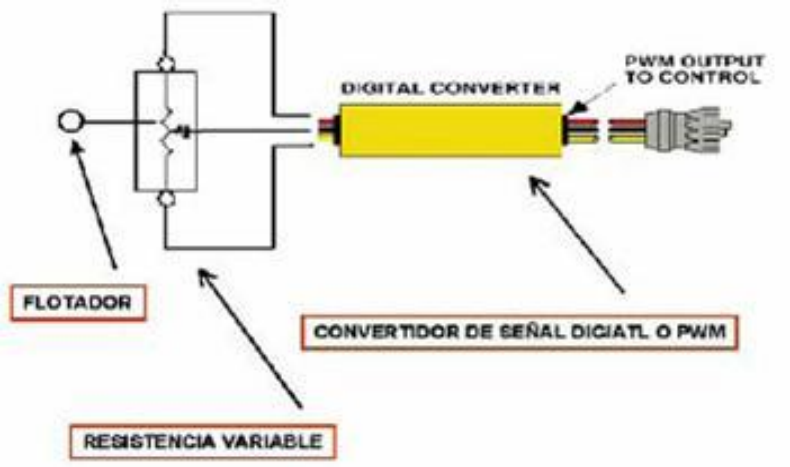



**Figura 111**

**Sistema de conexión para medir nivel.**
**(Por gentileza de Caterpillar Américas co.)**

## 3. Sistema Eléctrico de 24 volt

### 3.1 Corriente eléctrica

Si dos cuerpos de carga igual y opuesta se conectan por medio de un conductor metálico, por ejemplo un cable, las cargas se neutralizan mutuamente. Esta neutralización se lleva a cabo mediante un flujo de electrones a través del conductor, desde el cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente (en ingeniería eléctrica, se considera por convención que la corriente fluye en sentido opuesto, es decir, de la carga positiva a la negativa). En cualquier sistema continuo de conductores, los electrones fluyen desde el punto de menor potencial hasta el punto de mayor potencial. Un sistema de esa clase se denomina circuito eléctrico. La corriente que circula por un circuito se denomina corriente continua (c.c.) si fluye siempre en el mismo sentido y corriente alterna (c.a.) si fluye alternativamente en uno u otro sentido.

El flujo de una corriente continua está determinado por tres magnitudes relacionadas entre sí. La primera es la diferencia de potencial en el circuito, que en ocasiones se denomina fuerza electromotriz (fem), tensión o voltaje. La segunda es la intensidad de corriente. Esta magnitud se mide en amperes; 1 ampere corresponde al paso de unos 6.250.000.000.000.000.000 electrones por segundo por una sección determinada del circuito. La tercera magnitud es la resistencia del circuito. Normalmente, todas las sustancias, tanto conductores como aislantes, ofrecen cierta oposición al flujo de una corriente eléctrica, y esta resistencia limita la corriente. La unidad empleada para cuantificar la resistencia es el ohm, que se define como la resistencia que limita el flujo de corriente a 1 ampere en un circuito con una f. e. m. de 1 volt. La ley de Ohm, llamada así en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, que la descubrió en 1827, permite relacionar la intensidad con la fuerza electromotriz. Se expresa mediante la ecuación = I × R, donde es la fuerza electromotriz en volt, I es la intensidad en amperes y R es la resistencia en ohm. A partir de esta ecuación puede calcularse cualquiera de las tres magnitudes en un circuito dado si se conocen las otras dos. Cuando una corriente eléctrica fluye por un cable pueden observarse dos efectos importantes: la temperatura del cable aumenta y un imán o brújula colocada cerca del cable se desvía, apuntando en dirección perpendicular al cable. Al circular la corriente, los electrones que la componen colisionan con los átomos del conductor y ceden energía, que aparece en forma de calor. La cantidad de energía desprendida en un circuito eléctrico se mide en joule. La potencia consumida se mide en watts; 1 watt equivale a 1 joule por segundo.

La potencia P consumida por un circuito determinado puede calcularse a partir de la expresión P = × I, o la que se obtiene al aplicar a ésta la ley de Ohm: P = I2 × R. También se consume potencia en la producción de trabajo mecánico, en la emisión de radiación electromagnética como luz u ondas de radio y en la descomposición química.

**Cargas eléctricas**

El electroscopio es un instrumento cualitativo empleado para demostrar la presencia de cargas eléctricas. En la figura 1 se muestra el instrumento tal como lo utilizó por primera vez el físico y químico británico Michael Faraday. El electroscopio está compuesto por dos láminas de metal muy finas colgadas de un soporte metálico en el interior de un recipiente de vidrio u otro material no conductor. Una esfera recoge las cargas eléctricas del cuerpo cargado que se quiere observar; las cargas, positivas o negativas, pasan a través del soporte metálico y llegan a ambas láminas. Al ser iguales, las cargas se repelen y las láminas se separan. La distancia entre éstas depende de la cantidad de carga.

**Diferencia de potencial**

También llamada tensión eléctrica, es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva unidad de un punto a otro en el interior de un campo eléctrico; en realidad se habla de diferencia de potencial entre ambos puntos (VA - VB). La unidad de diferencia de potencial es el volt (V).

Un generador de corriente eléctrica permite mantener una diferencia de potencial constante y, en consecuencia, una corriente eléctrica permanente entre los extremos de un conductor. Sin embargo, para una determinada diferencia de potencial, los distintos conductores difieren entre sí en el valor de la intensidad de corriente obtenida, aunque el campo eléctrico sea el mismo.

Existe una relación de proporcionalidad, dada por la ley de Ohm, entre la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor y la intensidad que lo recorre. La constante de proporcionalidad se denomina resistencia del conductor y su valor depende de su naturaleza, de sus dimensiones geométricas y de las condiciones físicas, especialmente de la temperatura.

La diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito se mide con un voltímetro, instrumento que se coloca siempre en derivación entre los puntos del circuito cuya diferencia de potencial se quiere medir.

## Resistencia

Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina – según la llamada ley de Ohm – cuánta corriente fluye en el circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. La unidad de resistencia es el ohm, que es la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de un ampere cuando se le aplica una tensión de 1 volt. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y el símbolo del ohm es la letra griega omega. En algunos cálculos eléctricos se emplea el inverso de la resistencia, 1/R, que se denomina conductancia y se representa por G. La unidad de conductancia es **siemens**, cuyo símbolo es S. Aún puede encontrarse en ciertas obras la denominación antigua de esta unidad, ohm.

La resistencia de un conductor viene determinada por una propiedad de la sustancia que lo compone, conocida como conductividad, por la longitud por la superficie transversal del objeto, así como por la temperatura. A una temperatura dada, la resistencia es proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional a su conductividad y a su superficie transversal.

Generalmente, la resistencia de un material aumenta cuando crece la temperatura.

El término resistencia también se emplea cuando se obstaculiza el flujo de un fluido o el flujo de calor. El rozamiento crea resistencia al flujo de fluido en una tubería, y el aislamiento proporciona una resistencia térmica que reduce el flujo de calor desde una temperatura más alta a una más baja.

## Capacitancia

Relación constante entre la carga eléctrica que recibe un conductor y el potencial que adquiere. La capacidad de un condensador se mide en faradio y viene expresada por la fórmula C = q/V, donde q es la carga (en culombs) de uno de los dos conductores, y V es la diferencia de potencial (en volts) entre ambos. La capacidad depende sólo de la superficie de los conductores y del espesor y la naturaleza del dieléctrico del condensador.

## Inductancia

Generación de una corriente eléctrica en un conductor en movimiento en el interior de un campo magnético (de aquí el nombre completo, inducción electromagnética). El efecto fue descubierto por el físico británico Michael Faraday y condujo directamente al

desarrollo del generador eléctrico rotatorio, que convierte el movimiento mecánico en energía eléctrica.

**Campo Eléctrico**

Región en la que se ejerce sobre un objeto una fuerza gravitatoria, magnética, electrostática o de otro tipo. Se supone que estas regiones están recorridas por líneas de fuerza imaginarias, muy juntas donde el campo es más intenso y más espaciado donde es más débil. El concepto de campo fue muy desarrollado por James Clerk Maxwell, físico británico del siglo XIX, en su teoría electromagnética.

**Frecuencia**

Término empleado en física para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico.

La frecuencia es muy importante en muchas áreas de la física, como la mecánica o el estudio de las ondas de sonido. Las frecuencias de los objetos oscilantes abarcan una amplísima gama de valores. Los temblores de los terremotos pueden tener una frecuencia inferior a 1, mientras que las veloces oscilaciones electromagnéticas de los rayos gamma pueden tener frecuencias de 1020 o más. En casi todas las formas de vibración mecánica existe una relación entre la frecuencia y las dimensiones físicas del objeto que vibra. Por ejemplo, el tiempo que necesita un péndulo para realizar una oscilación completa depende en parte de la longitud del péndulo; la frecuencia de vibración de la cuerda de un instrumento musical está determinada en parte por la longitud de la cuerda. En general, cuanto más corto es el objeto, mayor es la frecuencia de vibración.

En todas las clases de movimiento ondulatorio, la frecuencia de la onda suele darse indicando el número de crestas de onda que pasan por un punto determinado cada segundo. La velocidad de la onda y su frecuencia y longitud de onda están relacionadas entre sí. La longitud de onda (la distancia entre dos crestas consecutivas) es inversamente proporcional a la frecuencia y directamente proporcional a la velocidad. En términos matemáticos, esta relación se expresa por la ecuación v = f, donde v es la velocidad, f es la frecuencia y (la letra griega lambda) es la longitud de onda. A partir de esta ecuación puede hallarse cualquiera de las tres cantidades si se conocen las otras dos.

La frecuencia se expresa en hertz (Hz); una frecuencia de 1 Hz significa que existe 1 ciclo u oscilación por segundo. La unidad se llama así en honor del físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, el primero en demostrar la naturaleza de la propagación de las ondas electromagnéticas. Las unidades como kilo hertz (kHz) – miles de ciclos por segundo -, mega hertz (MHz) – millones de ciclos por segundo – y giga hertz (GHz) – miles de millones de ciclos por segundo – se usan para describir fenómenos de alta frecuencia como las ondas de radio. Estas ondas y otros tipos de radiación electromagnética pueden caracterizarse por sus longitudes de onda o por sus frecuencias. Las ondas electromagnéticas de frecuencias extremadamente elevadas, como la luz o los rayos X, suelen describirse mediante sus longitudes de onda, que frecuentemente se expresan en nanómetros (un nanómetro, abreviado nm, es una milmillonésima de metro). Una onda electromagnética con una longitud de onda de 1 nm tiene una frecuencia de aproximadamente 300 millones de GHz.

**Período**

Espacio de tiempo limitado y determinado por la ocurrencia de algún fenómeno que se repite regularmente, como el que transcurre entre dos pleamares o entre dos máximos consecutivos de intensidad en una corriente eléctrica alterna, el que emplea un péndulo en su movimiento de vaivén, el que tarda un planeta en efectuar su movimiento de revolución, etc.

**Ley de Ohm**

Existe una ley que relaciona el voltaje, corriente y resistencia. Esta ley determina la cantidad de corriente que circulará por un circuito conociendo el valor de voltaje y resistencia de una carga.

El voltaje y la resistencia determinan conjuntamente cuanta corriente fluye en el circuito. La relación entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito de Corriente Continua se describe en la fórmula que aquí se muestra como voltaje (V) dividido entre la resistencia (R) igual a corriente (I).

Por ejemplo, si el voltaje de la batería es de 12 voltios, la resistencia de los resistores es de 2 ohmios, la corriente será de 6 amperios. Examine La fórmula cuidadosamente. Usted también puede utilizarla para predecir otros resultados.

Por ejemplo, si la resistencia en este circuito fue incrementada en 4 ohmios mientras el voltaje permanecía igual (12 voltios), la corriente decrecerá a 3 amperios, usted puede verificar esta predicción por medio de la medición. Esta relación entre voltaje, corriente resistencia es verdadera para todos los circuitos de Corriente Continua.

Además de lo anterior, usted puede utilizarla para deducir que sucede con el voltaje, la corriente y la resistencia cuando se sabe lo que está sucediendo con los otros dos.

Para esto representaremos la corriente como I, el voltaje como V y la resistencia como R. La fórmula tiene tres formas de representación:

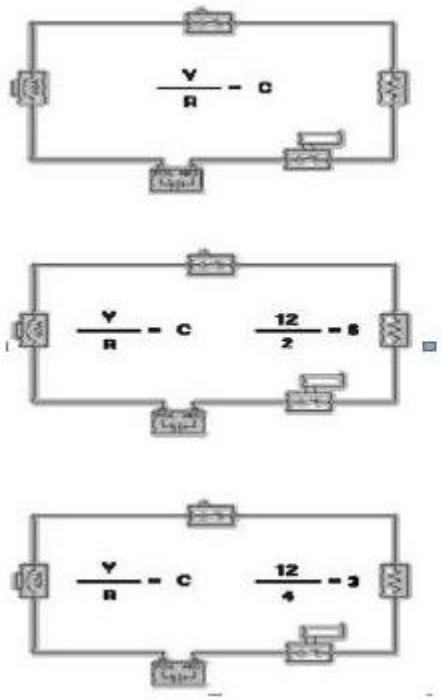



**Figura 112**

## Formulas deducibles de la ley de Ohm

Es probable que el uso más común de la ley de Ohm en la localización de averías, sea para encontrar la corriente en un circuito cuando se conocen el voltaje y la resistencia.

### Potencia Eléctrica

Existe una ley que relaciona el voltaje y la corriente. Esta ley determina la cantidad de energía que es utilizada o disipada por una carga para realizar un trabajo.

La potencia se calcula por la multiplicación del voltaje en toda la carga por la corriente a través de la carga.

Potencia = Voltaje x Corriente

Si de nuevo utilizamos V e I para representar el voltaje, la corriente, respectivamente, y P para representar la energía eléctrica en vatios, La fórmula para calcular la energía es:

$$P = V \times I$$

**Fórmula de potencia eléctrica**

¿Qué sucede con el flujo de corriente cuando el voltaje en toda la carga se incrementa?

Según la ley de Ohm, a medida que el voltaje se incrementa, la corriente se incrementa en proporción directa.

En otras palabras, si el voltaje (V) se duplica, la corriente (I) se Incrementará también al doble. Debido que 2 A = 2 V/R.

¿Qué le sucede a la energía que será absorbida por la carga en este circuito si el voltaje en toda la carga se duplica?,

La energía, que es voltaje multiplicado por corriente, se incrementa por un factor de 4. Debido que:

$4W = 2V \times 2A$

**Efecto de los cambios de voltaje**

Según la Ley de Ohm, a medida que el voltaje se aumenta, la corriente se incrementa en proporción directa.

Si el voltaje y la corriente se incrementan, la energía se incrementa.

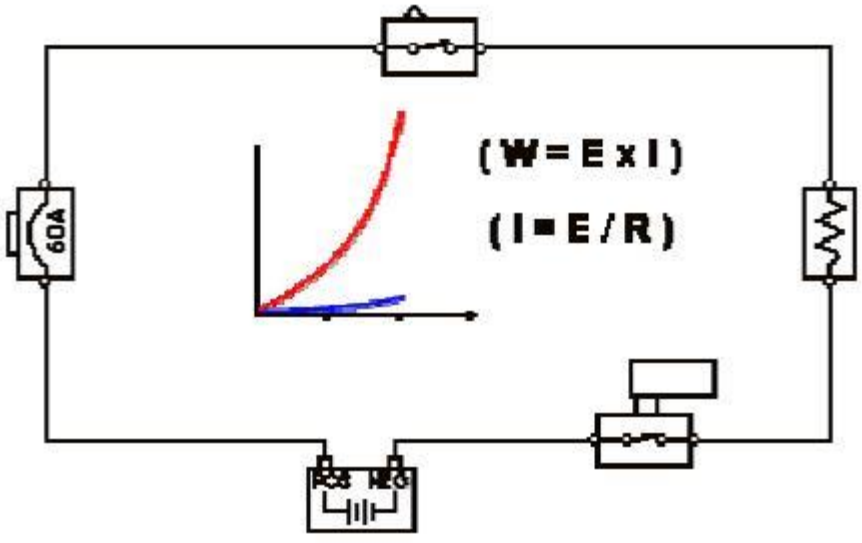



**Figura 113**

Este gráfico muestra el efecto del incremento de voltaje en la corriente (Línea azul), la energía (Línea roja) en la carga. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Si la carga es un resistor, esta energía incrementada se convierte en calor, por lo tanto, la línea que muestra la energía incrementada podría representar también la temperatura incrementada, en algún momento, la línea estará sobrecargada.

## 3.2 Componentes eléctricos que integran un circuito

### Fuentes de voltaje

En los sistemas eléctricos, una fuente de voltaje realiza una de dos funciones: puede suministrar energía, puede transmitir información.

### Fuentes que suministran energía

Todas las fuentes de voltaje proveen a los sistemas eléctricos, la energía que necesitan para su funcionamiento.

Dos ejemplos comunes de fuentes de voltaje que suministran la energía en los sistemas eléctricos son las baterías, las cuales almacenan energía eléctrica y los alternadores, que generan energía eléctrica.

### Batería

Una batería es una fuente de voltaje que almacena energía para ser utilizada por un sistema eléctrico.

Los alternadores recargan las baterías después del arranque de un motor, proveen todas las necesidades de los sistemas eléctricos después que el motor esté en marcha.

En la mayoría de los sistemas una batería proporciona 12 voltios.

Se pueden conectar dos baterías en serie a un circuito para crear una fuente de 24 voltios.

El voltaje de una batería es el resultado de las reacciones químicas entre los materiales activos en las placas el ácido sulfúrico en el fluido de la batería, denominado electrolito. Con el uso, una batería perderá gradualmente la carga menos que se recargue. La recarga se realiza suministrando corriente continua desde otra fuente, como un alternador, a través de la batería en sentido opuesto al flujo de corriente

Las baterías cumplen dos funciones principales:

- Proporcionar energía para el giro del motor.
- Actúa como acumuladores para dar uniformidad las fluctuaciones de voltaje en el sistema.

Las baterías de los sistemas eléctricos, reciben carga normalmente del alternador.

SI el alternador falla, la batería puede suministrar voltaje a todo el sistema eléctrico por solo un tiempo limitado antes de descargarse.

## 3.3 Alternador

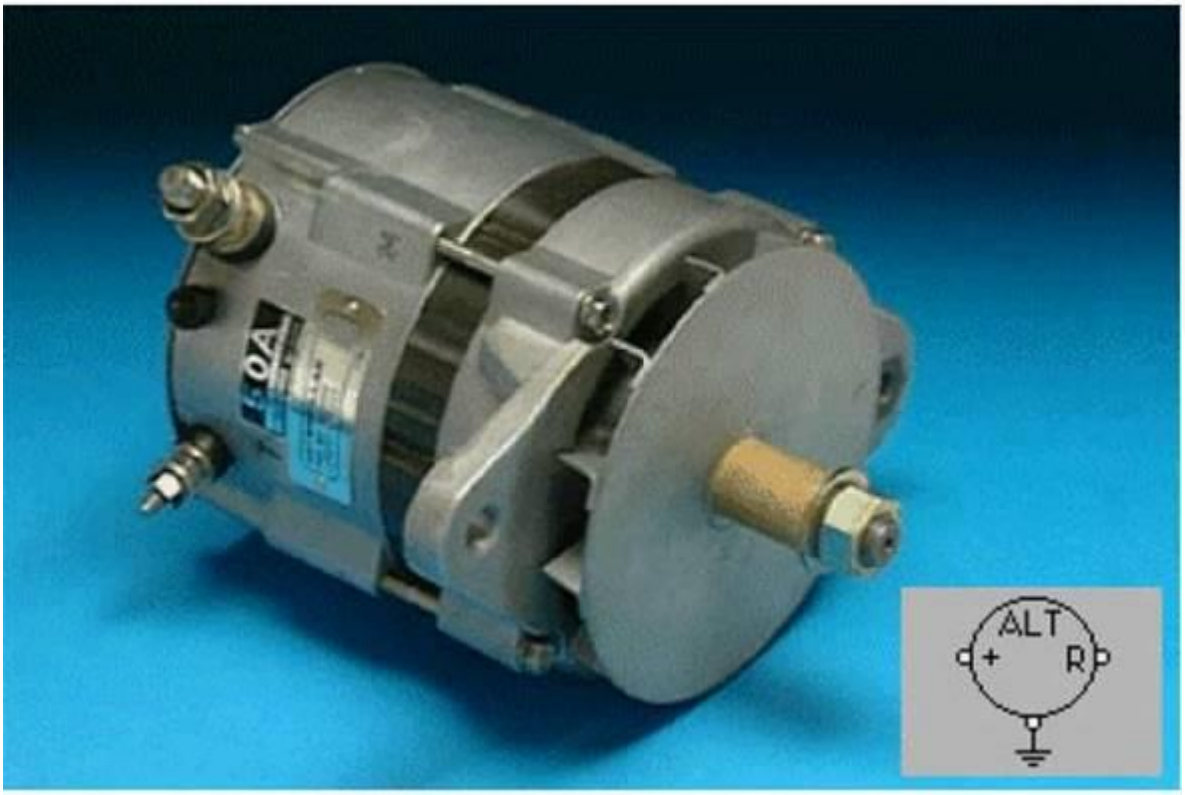



**Figura 114**

**Figura 2. Alternador**

**(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Un alternador  es una fuente de voltaje que convierte la energía mecánica en energía eléctrica, la energía mecánica proviene del motor de la máquina.

Un alternador puede generar voltaje solamente cuando el motor está en marcha.

La función del alternador es recargar las baterías, suministrar corriente a los sistemas eléctricos durante el funcionamiento normal.

Durante el funcionamiento al máximo, tanto el alternador como la batería pueden ser necesarios a la vez para satisfacer las demandas de energía eléctrica.

**Conversión de corriente alterna a corriente continua.**

**Figura 115**

Figura 3. Alternador con dispositivos de diodos para conversión a corriente continua.
(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La corriente producida por el alternador comienza como corriente alterna. La corriente alterna pasa a través de diodos en el interior del alternador. Esos diodos convierten la corriente alterna en corriente continua fluctuante.

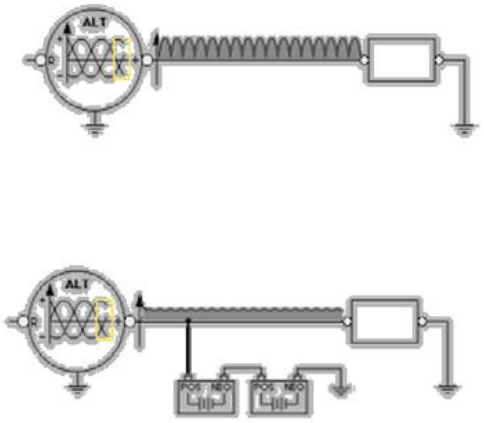



**Figura 116**

Figura 4. Representación gráfica de la rectificación de una onda de corriente alterna

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La batería empareja entonces las fluctuaciones antes que la corriente pase los sistemas eléctricos.

Las antiguas máquinas utilizaban un generador de Corriente Continua, o un magneto en lugar de un alternador.

Estos dispositivos producían corriente continua y no necesitaban convertir la Corriente Alterna en Corriente Continua.

Los alternadores han reemplazado a los generadores de Corriente continua en los sistemas eléctricos, debido a que son más compactos y pueden suministrar corrientes más altas a velocidades más bajas del motor.

## Fuentes que suministran información.

Los detectores pasivo y activo son dos ejemplos comunes de fuentes de voltaje de los sistemas eléctricos que suministran información.

La información suministrada por esos detectores toma la forma de una señal eléctrica de voltaje o corriente y cuyas fluctuaciones representan información.

Los detectores están diseñados de forma tal que sus propiedades eléctricas cambian en respuesta a los cambios en el medio.

Pueden responder a cambios de:

- Temperatura
- Velocidad
- Posición
- Otras condiciones de la máquina

## Conductores

Los conductores son vías de acceso diseñadas para la corriente eléctrica. En un sistema eléctrico, los conductores son una serie de cables diseñados para transportar la corriente de un componente a otro del circuito. Los conductores están rodeados con frecuencia de un material no conductivo llamado aislador, para evitar el contacto accidental entre los conductores contiguos.

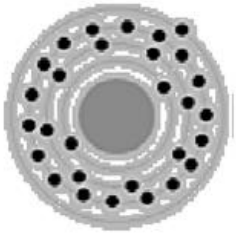


**Figura 117**

**Buenos conductores.**

Los buenos conductores están hechos de elementos, cuyos átomos poseen menos de cuatro electrones en su anillo exterior.

La mayoría de los metales son buenos conductores, la plata es el conductor más eficiente, el cobre, mostrado aquí, es el de uso más común debido su disponibilidad.

**Malos conductores**

**Figura 118**

Los aisladores son malos conductores y son altamente resistentes al flujo de corriente, los materiales consistentes de átomos con más de cuatro electrones en su anillo exterior, están clasificados como aisladores.

El plástico el caucho, que son componentes orgánicos del carbón, el hidrogeno, algunas veces el oxígeno y el nitrógeno, son buenos aisladores para los cables conductores debido su durabilidad y flexibilidad.

**Semiconductores**

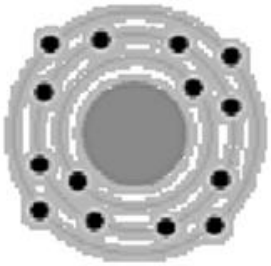


**Figura 119**

Los elementos que poseen exactamente cuatro electrones en el anillo exterior son llamados semiconductores.

La conductividad eléctrica de estos elementos es sensible a su pureza y temperatura, el silicio, cuando se combina con muy pequeñas cantidades de otros elementos, se utiliza en la construcción de tales tipos de dispositivos como los diodos y los transistores.

La conducta de estos componentes es compleja, pero no es necesario que usted la conozca para poder localizar con éxito las averías en los sistemas eléctricos básicos. Si debe, sin embargo, tener conocimientos acerca de conductores y aisladores.

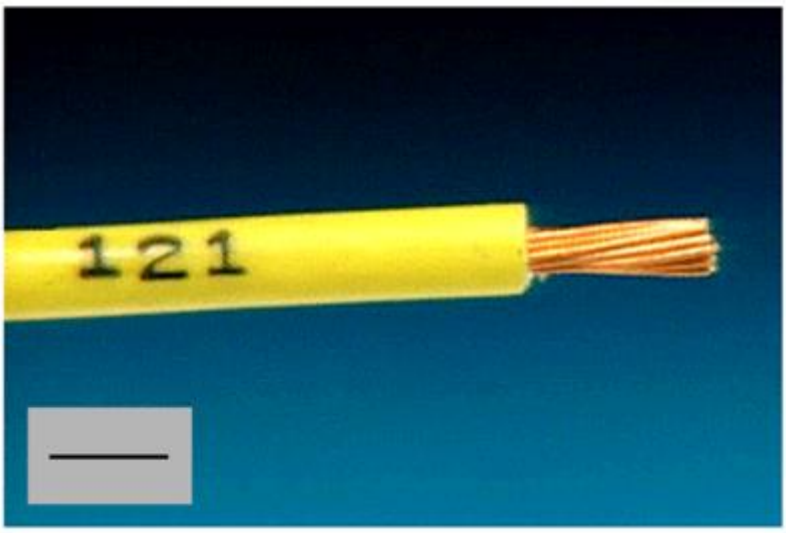



**Figura 120**

Figura 5. Cable de cobre. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

**Cable**

En un sistema eléctrico, los conductores son una serie de cables diseñados para transportar la corriente de un componente a otro dentro del circuito.

El cable en un conductor puede ser una sola pieza sólida de cobre, o hebras de pequeños cables unidos entre sí, el cable trenzado es más flexible y puede manipularse con más facilidad durante el ensamblaje del circuito.

## Calibre

El diámetro del cable está expresado por un número de calibre. Mientras mayor sea el calibre, más delgado será el cable. Aquí se muestra un cable delgado (calibre #24) y un cable pesado (calibre #8).

Los cables de mayor diámetro y número de calibre bajo, son conocidos como cables de calibre pesado.

El corte transversal mayor del cable de calibre pesado (#8) opone menor resistencia al flujo de corriente, da lugar a que estos conductores puedan transportar una mayor cantidad de corriente, que los cables delgados de calibre ligero (#24) con números de calibre mayores.

**Figura 121**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

## Selección del calibre adecuado

La selección del calibre adecuado para una aplicación específica es muy importante. Un conductor con un calibre muy ligero para la aplicación puede fallar cuando está en funcionamiento.

La resistencia del conductor puede comenzar siendo marginal pero se incrementará en la medida que el conductor se caliente bajo carga. Si el calor resulta excesivo, el aislamiento puede dañarse.

## Selección del cargo adecuado

Otro aspecto a tener en cuenta al seleccionar los conductores es el tipo de material conductor. El cobre es el más común, pero también se utilizan otros metales, y estos pueden tener mayor o menor resistencia que un largo de conductor de cobre del mismo calibre.

Cuando se reemplacen conductores dañados, tenga presente el tipo de cable y el calibre del mismo.

## Selección del aislamiento adecuado

Los conductores están revestidos a menudo con un material no conductivo llamado aislante, cuyo propósito es evitar el contacto accidental con los conductores contiguos.

Los conductores están aislados para proteger al circuito de cortocircuitos (vías de corriente no deseadas).

El cableado Interno (1) (dentro de las unidades eléctricas) puede que tenga una cubierta delgada esmaltada al homo de material aislante.

El cableado externo (2) está cubierto con un material aislante de plástico altamente resistente al calor, a la vibración y a la humedad.

Por lo tanto, el aislamiento es el tercer factor de importancia en la elección de conductores para aplicaciones específicas.

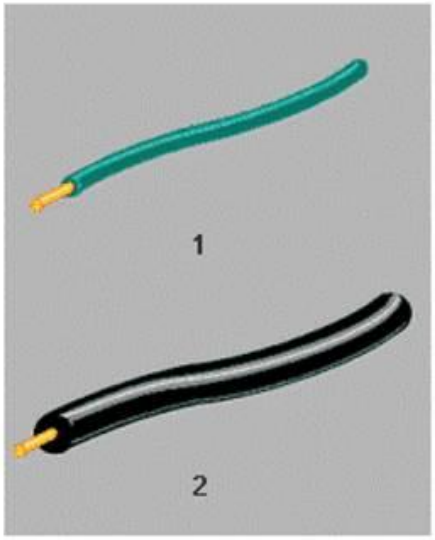



**Figura 122**

## Conectores

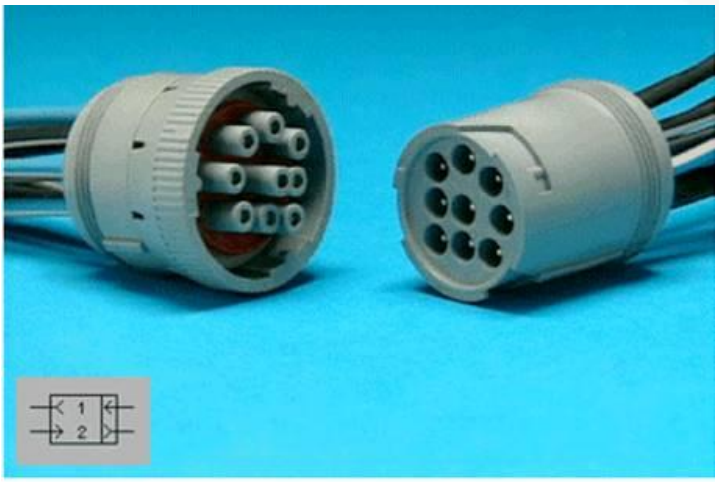


**Figura 123**

Distintos conectores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Como su nombre lo indica, un conector consiste de dos componentes interconectados cuya función es pasar corriente de un conductor a otro.

Para realizar esta función, los contactos sobresalientes espigas en una mitad del conector acoplan con los contactos de orificio enchufes en la otra mitad.

## Dispositivos de protección del circuito

Los dispositivos de protección del circuito cumplen la tarea de proteger al circuito y a sus componentes de la corriente excesiva.

Los dispositivos de protección del circuito pueden variar en el tipo y el método de funcionamiento.

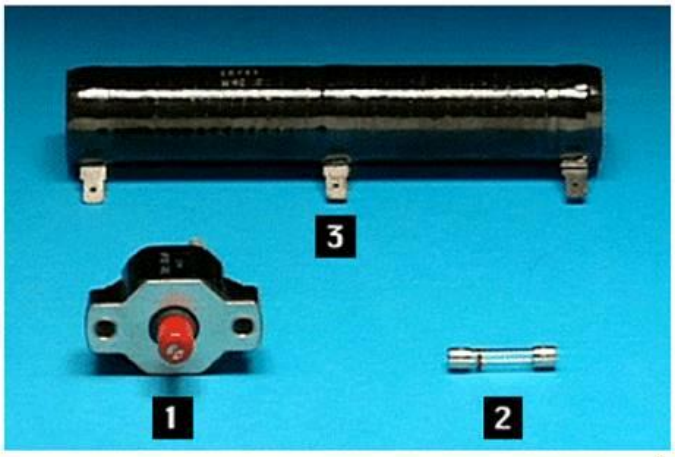



**Figura 124**

**Distintos dispositivos de seguridad de circuitos.**

**(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Aquí aparecen ilustrados un interruptor disyuntor (1) un fusible (2) que están diseñados para interrumpir o abrir el circuito cuando la corriente sobrepasa un nivel establecido. Los resistores (3) se añaden en ocasiones al circuito para limitar la corriente en el mismo.

## Fusibles

Un fusible es un cable pequeño o banda metálica encerrada en cristal o cualquier otro material resistente al calor.

El cable o la banda metálica están fijados a contactos de metal en su exterior.

Estos contactos forman una conexión eléctrica con los contactos del receptáculo del fusible cuando este se instala.

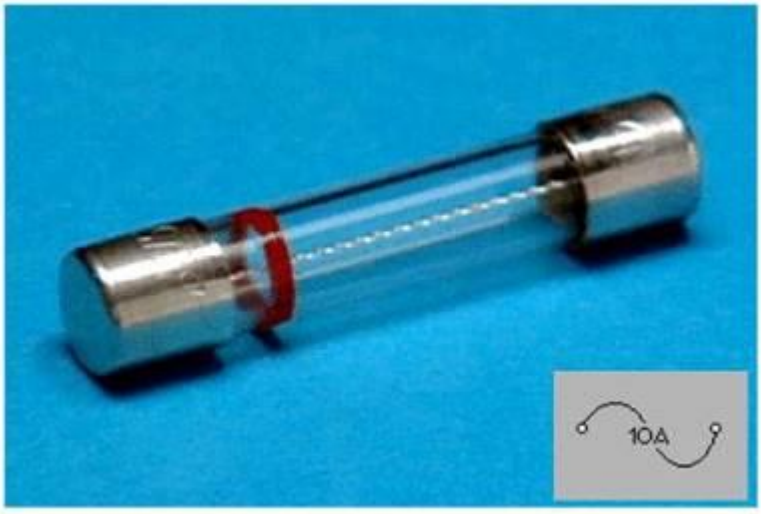



**Figura 125**

Fusible. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El fusible está diseñado para derretirse cuando la corriente alcanza un determinado nivel. La cantidad de corriente que puede pasar con seguridad a través de un fusible, varía de acuerdo con el tamaño del fusible y el tipo de construcción.

Por ejemplo, si el fusible está clasificado a 10 amperios, “10 A” aparecerá en el símbolo.

La estructura encerrada del fusible hace que sea relativamente fácil extraerlo o reemplazarlo.

La envoltura resistente al calor evita el peligro de incendio.

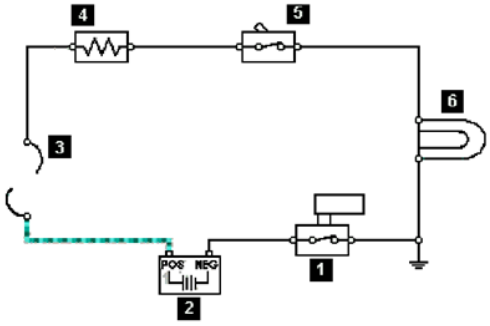



**Figura 126**

Figura 9. Circuito simple. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Este es un circuito simple con un interruptor de desconexión (1), batería (2), fusible (3), resistor (4), interruptor (5), lámpara (6).

Cuando el fusible se quema, Interrumpe el circuito y detiene el flujo de corriente, esto protege otras unidades de daño debido a la sobrecarga de corriente.

Cada vez que un fusible se quema debe ser reemplazado, pero sólo cuando se haya corregido la causa de la sobrecarga de corriente.

Además de quemarse por la sobrecarga de corriente, un fusible puede quemarse por cortocircuitos u otras causas.

**Fusibles quemados**

En algunos casos usted puede determinar la causa de un fusible quemado por medio de una Inspección visual.

Con fusibles de percusión rápida:

- SI el cristal se mantiene transparente después que el fusible se quema, la causa es una sobrecarga del circuito.
- SI el cristal se oscurece, la causa es un cortocircuito.

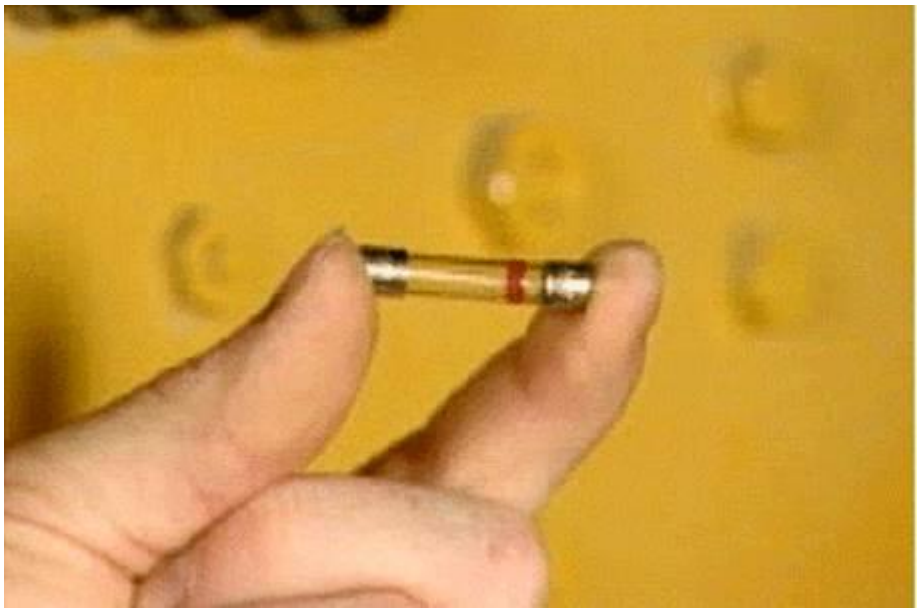


**Figura 127**

Visión de un fusible quemado. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

## Interruptores disyuntores

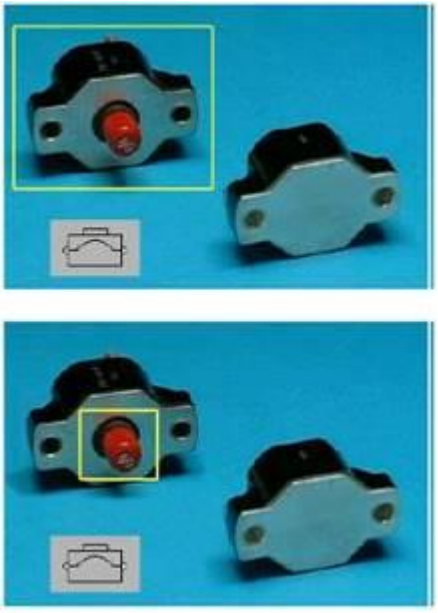


**Figura 128**

Distintos interruptores disyuntores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un Interruptor disyuntor manual es como un interruptor que está diseñado para abrir el circuito cuando la corriente que pasa a través del mismo sobrepasa un nivel aceptable.

Cuando el disyuntor se abre, la corriente no puede continuar fluyendo y el resto de los componentes están protegidos de cualquier daño.

Para reponer manualmente el disyuntor y cerrar el circuito debe oprimirse un botón en el Interruptor disyuntor.

Sólo debe reponerse un interruptor disyuntor manual después que la razón del exceso de corriente se haya localizado y corregidz.

**Figura 129**

Un interruptor disyuntor automático es igual a uno manual excepto que el automático se repone a sí mismo en la posición cerrada después de un periodo de tiempo.

A diferencia de los fusibles, los interruptores disyuntores no se destruyen cuando ocurre una sobrecarga.

Los interruptores disyuntores son más caros que los fusibles, pero no necesitan ser reemplazados.

**Resistores**

**Figura 130**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Como su nombre lo indica, un resistor fijo (usualmente llamado simplemente resistor) presenta una cantidad fija de resistencia.

En los sistemas eléctricos, el uso más frecuente de los resistores fijos es el de limitar la corriente a un nivel seguro para los otros componentes.

Los resistores fijos cumplen muy bien su cometido, siempre que el voltaje del circuito no aumente.

Un resistor variable combina un resistor fijo con un contacto movible que puede eliminar parte del resistor por medio de un cortocircuito.

El ajuste de este contacto varía la resistencia que se le presenta al circuito, desde cero (resistor en corte por completo) hasta el valor máximo del componente del resistor fijo.

Los resistores variables poseen muchas aplicaciones corrientes, como la de controlar el volumen de una radio.

En los sistemas eléctricos su función principal es la de permitir que la corriente pueda variarse sobre una gama de valores.

Los resistores variables pueden conectarse en serie con resistores fijos para asegurar que la corriente con el resistor variable completamente en cortocircuito no sobrepase un valor seguro.

**Dispositivos electromagnéticos**

**Figura 131**

Distintos dispositivos electromagnéticos. CAT

El electromagnetismo desempeña un papel en el funcionamiento de un número de componentes de los sistemas eléctricos.

Estos componentes incluyen motores de arranque (1), solenoides (2), alternadores (3), bocinas (4), relés (5).

## Relé

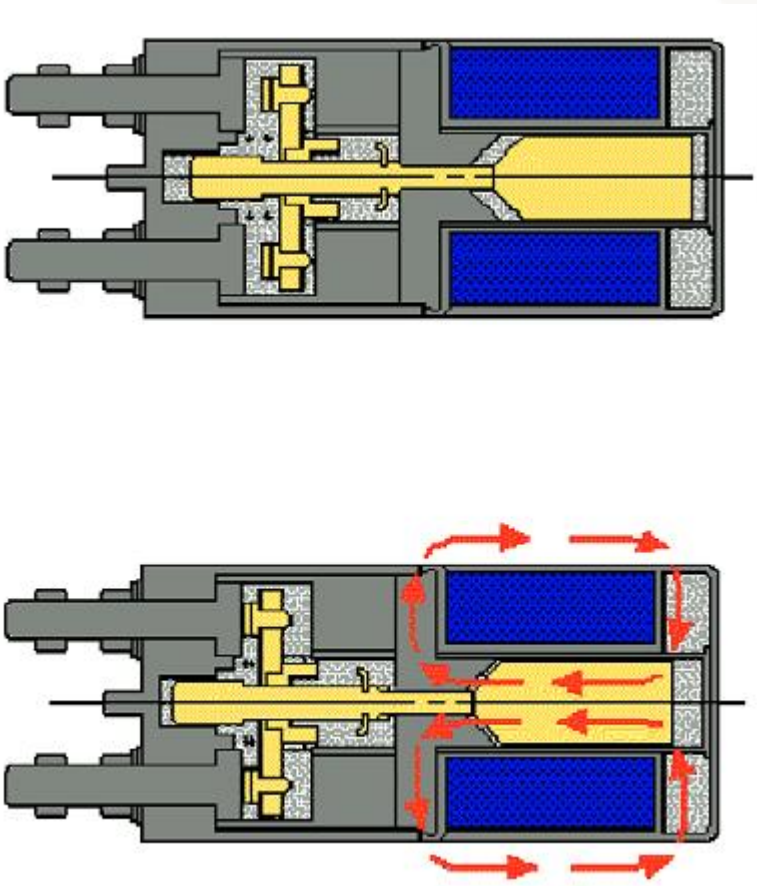


**Figura 132**

Funcionamiento de un relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un relé es un tipo de interruptor que funciona automáticamente, utilizando un magneto de bobina de alambre para abrir y cerrar contactos de interruptor, por lo tanto abren y cierran un circuito.

La fuerza electromagnética es utilizada para abrir y cerrar el interruptor.

Existen diferentes tipos de relés, incluyendo los relés solenoides, relés de corte, relés de bocina y relés indicadores.

**Figura 133**

Figura 15. Relé y su funcionamiento. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los relés pueden diseñarse como normalmente abiertos (2) o normalmente cerrados (1), los contactos de un relé normalmente abierto se mantienen abiertos mientras la bobina relé es activada y los contactos de un relé normalmente cerrado se mantienen cerrados mientras la bobina de relé es activada.

## Solenoide

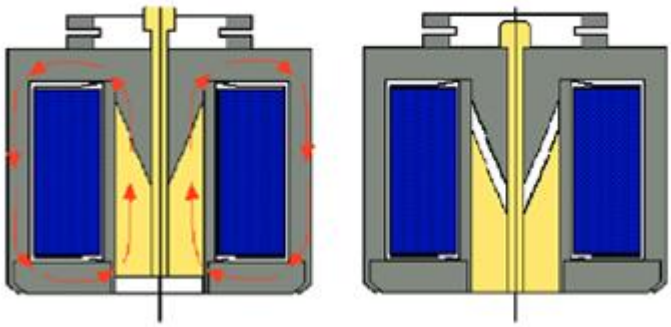


**Figura 134**

De este modo, un solenoide utiliza un campo electromagnético para producir movimiento mecánico, en su forma más básica, un solenoide es una bobina tubular que rodea un vástago movible de metal.

Cuando la bobina es activada, el vástago se introduce dentro de la bobina, a través de la atracción magnética.

Un resorte mantiene el vástago afuera, cuando la bobina no está activada, cada vez que se aplica energía a la bobina, el vástago ejecuta un recorrido, cuando se quita la energía, el vástago ejecuta un recorrido inverso. El movimiento de vaivén resultante puede realizar tareas mecánicas simples.

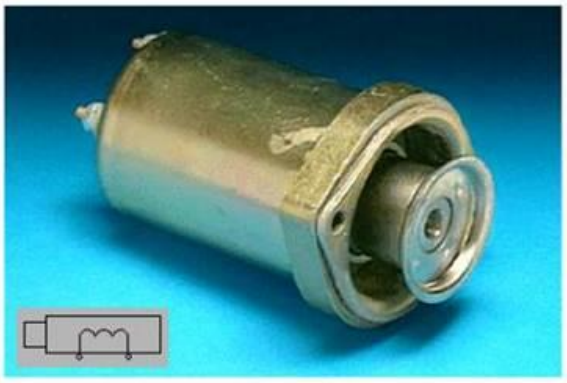


**Figura 135**

En esta figura se representa gráficamente un solenoide de corte de combustible, y el símbolo utilizado para todos los solenoides (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

**Figura 136**

Figura 17. Interruptor accionado por un solenoide. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

En los sistemas eléctricos los solenoides se utilizan con frecuencia para hacer funcionar válvulas hidráulicas. En esta figura se representa gráficamente una válvula de control direccional que funciona con un solenoide y su símbolo.

## Motor de arranque

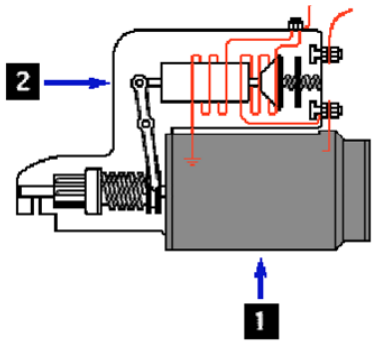



**Figura 137**

Sistema esquemático de un motor de arranque.

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un conjunto del motor de arranque contiene dos dispositivos electromagnéticos:

- Un motor eléctrico de gran potencia (1) que utiliza un campo electromagnético para producir el movimiento rotatorio necesario, para arrancar un motor diésel.
- Un solenoide (2) que se activa cuando el motor de arranque se pone en funcionamiento.
- Un piñón conecta entonces al motor de arranque con el Volante del motor.

**Figura 138**

Figura 19. En esta figura se representa gráficamente el conjunto del solenoide con el motor de arranque y su símbolo esquemático. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

## Alternador

Un alternador funciona como un motor eléctrico en marcha atrás. En lugar de utilizar energía eléctrica para producir movimiento rotatorio, un alternador utiliza el movimiento rotatorio para producir electricidad. El movimiento rotatorio es transferido desde el motor por una correa y poleas.

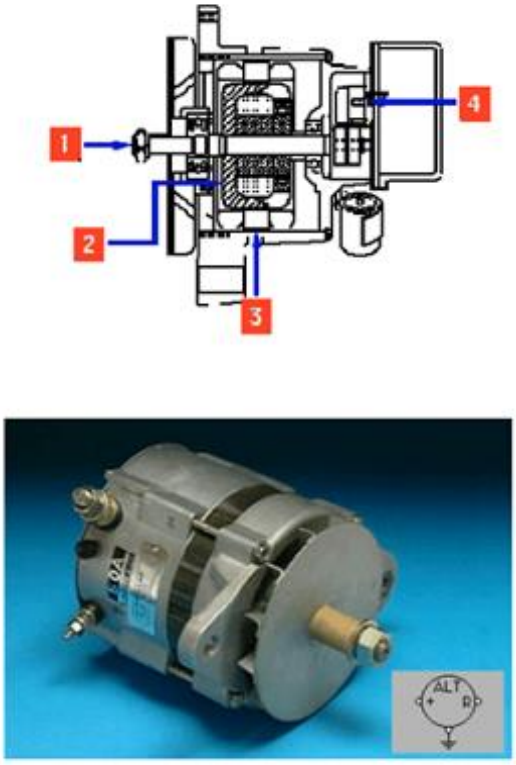



**Figura 139**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Como nos muestra esta figura, el eje del alternador (1) está ensamblado a un electro magneto rotatorio llamado rotor. La corriente eléctrica que se le surte al electro magneto pasa través de un conjunto de anillo deslizante montado en el eje, a medida que el electro magneto (2), el campo magnético generado por él son girados por el eje, sus línea de fuerza cortan a través de la bobina de alambre que lo rodea en el conjunto del estator (3).

De la misma manera que un flujo de electricidad en el interior de un conductor crea un campo magnético alrededor del conductor, el paso de un campo magnético través de la bobina de alambre en el estator produce un flujo de corriente en la bobina.

Se le llama alternador debido a que la corriente que produce es corriente alterna.

Los diodos (4) en el interior del alternador convierten la corriente alterna en corriente continua antes de pasar la batería para equilibrarla.

En esta figura se representa gráficamente un alternador y su símbolo esquemático.

## Bocina

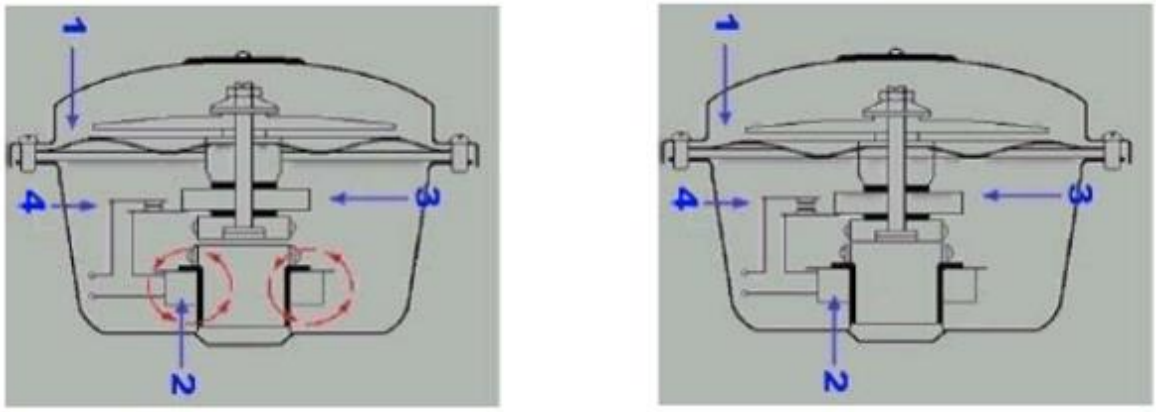



**Figura 140**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las bocinas de las máquinas utilizan el electromagnetismo para generar sonido.

El sonido es el resultado del aire que se mueve rápidamente hacia atrás y hacia delante en gamas entre las 20 y las 20,000 veces, ciclos por segundo.

La bocina produce el sonido haciendo vibrar un diafragma flexible delgado (1) lo suficientemente grande para crear un sonido en el aire.

La corriente que fluye través de una bobina (2) dentro de la bocina crea un campo electromagnético que mueve una placa de hierro (3) fijada al diafragma en dirección del electro magneto.

El diafragma está unido a un interruptor (4). A medida que el diafragma se mueve hacia el electro magneto, el interruptor se abre y corta la corriente al electro magneto.

La tensión del resorte del diafragma lo hace retroceder a su posición de descanso donde el interruptor se cierra, restaurando así el flujo de corriente través de la bobina del campo electromagnético.

Las fuerzas mecánica eléctrica dentro de la bocina son tales que el diafragma se mueve hacia atrás y hacia delante cientos de veces por segundo, con lo que produce el sonido.

## Lámparas

Las lámparas son componentes eléctricos que convierten la energía eléctrica en luz. En las máquinas se utilizan muchos tipos diferentes de lámparas.

Algunas de estas proporcionan la Iluminación que necesita el operador y hacen que la máquina sea más visible a otros.

Otras comunican Información Importante al operador acerca de las condiciones actuales de la máquina.

Aunque los diodos, emisores de luz, LEDs, que se encuentran en el Sistema de Monitoreo Electrónico, también comunican Información Importante, estas no son lámparas en el estricto sentido; lo que decimos aquí acerca de las lámparas no es aplicable a estos.

Las lámparas utilizadas en las máquinas funcionan por el principio de la incandescencia.

La incandescencia se produce cuando la corriente que fluye a través de un material conductor calienta el material a una temperatura lo suficientemente alta para que emita luz.

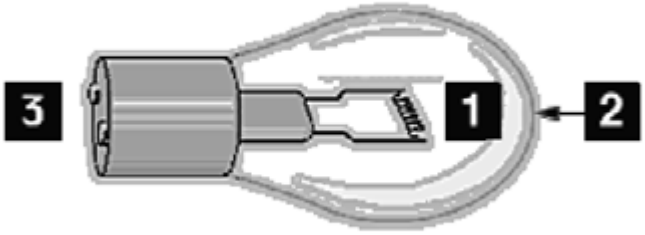



**Figura 141**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las lámparas incandescentes poseen un elemento conductor llamado filamento (1) sellado dentro de una envoltura de vidrio (2) la que se le ha extraído el aire para proporcionar una vida más prolongada al filamento, los contactos de metal (3) que sobresalen de la envoltura producen el contacto eléctrico con el filamento que se encuentra en el interior.

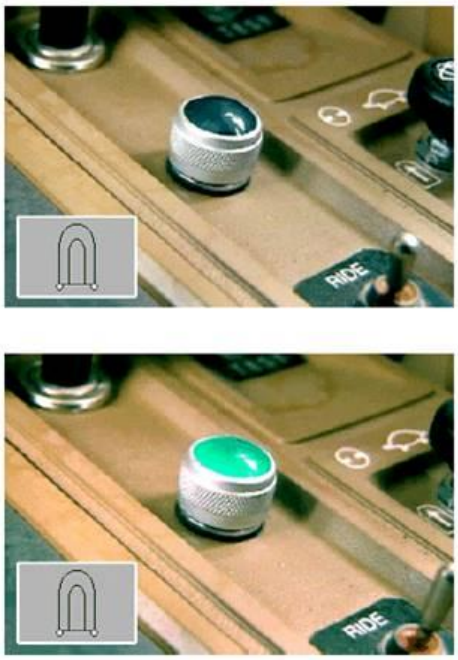



**Figura 142**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando la lámpara se encuentra en su receptáculo, los contactos de metal corresponden con los contactos de un receptáculo que está conectado permanentemente por cables al circuito de iluminación.

Los receptáculos están diseñados para simplificar su reemplazo, ya que por su naturaleza, las lámparas incandescentes tienen un periodo de vida limitada.

Con el tiempo el filamento se quema completamente, lo que abre el circuito y hace necesario el reemplazo de la lámpara.

La energía que consume una lámpara se mide en vatios.

La salida de luz de una lámpara se mide en unidades llamadas lúmenes. Las lámparas de construcción diferente varían en cuanto a su eficiencia, es decir, cuantos lúmenes producen por vatio de energía consumida.

## Interruptores

**Figura 143**

Figura 20. Distintas clases de interruptores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los interruptores se encuentran en una gran variedad de los sistemas eléctricos.

Algunos son de funcionamiento manual, por ejemplo, el interruptor de llave de encendido, el interruptor de volquete, el interruptor de botón pulsador el interruptor de palanca. Otros son de funcionamiento automático, por ejemplo, el interruptor de presión, el interruptor de temperatura, el interruptor de flujo, el interruptor de nivel y el interruptor limitador.

Independientemente de su tipo, todos los interruptores poseen la misma función básica: permitir evitar el flujo de corriente en un circuito eléctrico.

Un interruptor permite que la corriente fluya cuando está cerrado, y evita el flujo de corriente cuando está abierto.

### Interruptor normalmente abierto

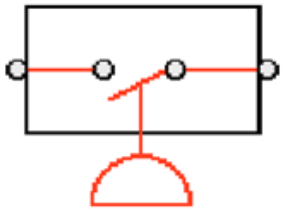


**Figura 144**

Un interruptor abierto normalmente permanece abierto, evitando el flujo de corriente, hasta que sea actuado cerrado por alguna fuerza exterior.

En el caso de un interruptor automático, como los interruptores de presión abiertos normalmente mostrados aquí, el interruptor permanece cerrado solamente durante el tiempo que permanezcan las fuerzas que actúan sobre él; una vez que desaparece la fuerza, el interruptor vuelve abrirse.

**Interruptor normalmente cerrado**

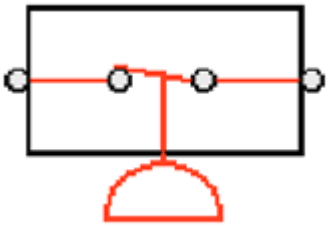


**Figura 145**

Un interruptor cerrado normalmente permanece cerrado, permitiendo el flujo de corriente, hasta que se actúa sobre él y es abierto por alguna fuerza exterior.

En el caso de un Interruptor automático, como es el caso del Interruptor de presión cerrado normalmente que se muestra aquí, el Interruptor permanece abierto solamente durante el tiempo que permanezca la fuerza que activa sobre él, una vez que desaparece la fuerza, el Interruptor se vuelve a cerrar.

**Interruptor manual**

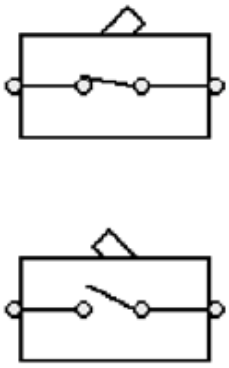


**Figura 146**

Los Interruptores manuales permanecen abiertos o cerrados una vez eliminada la fuerza que los abre o los cierra.

En general, los interruptores reciben el nombre de la función que realizan. Como, por ejemplo, los que se representan en esta figura:

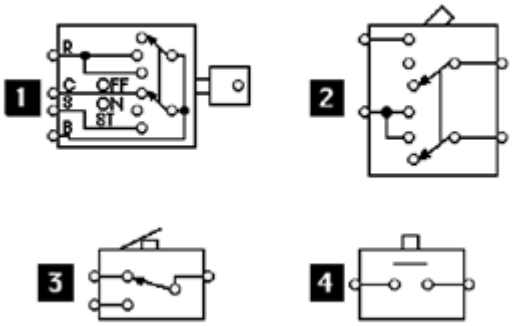



**Figura 147**

1. Interruptor de arranque
2. Interruptor de neutralización de la transmisión
3. Interruptor del freno
4. Interruptor de la lámpara de marcha atrás.

Los símbolos esquemáticos de los Interruptores muestran el sistema de funcionamiento de cada Interruptor.

Los Interruptores que se muestran en la figura anterior son ejemplos de Interruptores que funcionan manualmente.

Por lo general son operados mediante algún apéndice externo, como una palanca.

## Interruptores automáticos

Los interruptores mostrados aquí son ejemplos de interruptores automáticos. Su sistema de funcionamiento se Indica en el símbolo.

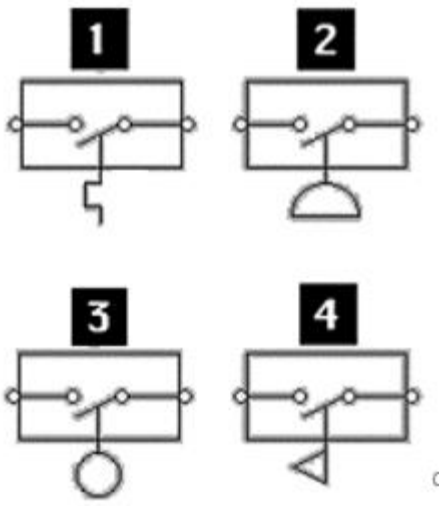



**Figura 148**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Estos interruptores funcionan por temperatura (1), presión (2), nivel de líquido (3), flujo de líquido (4).

## 3.4 Circuitos Eléctricos y su Mantención

### Tipos básicos de fallas eléctricas

Las fallas eléctricas pueden clasificarse como de circuito abierto, circuito resistivo, cortocircuito o cortocircuito a tierra. Es Importante entender estas fallas y sus efectos para poder localizar los problemas:

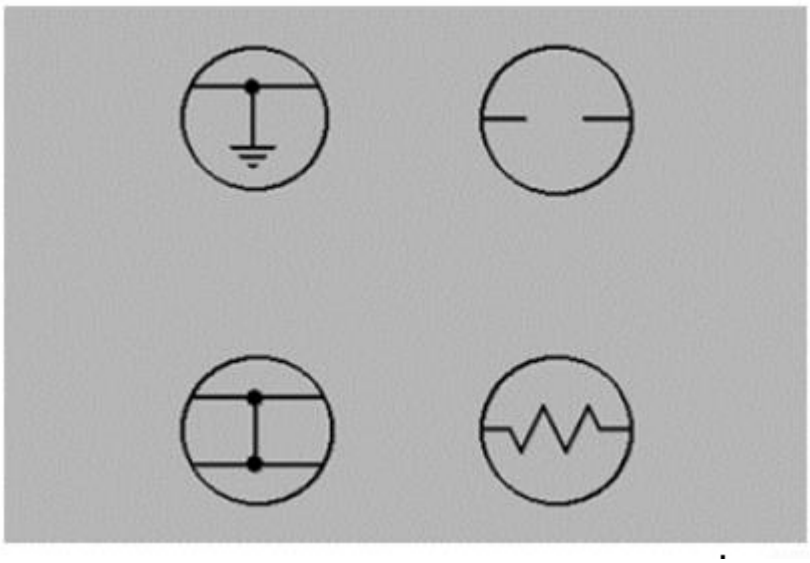


**Figura 149**

Representación de las distintas fallas. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Una falla por circuito abierto es una interrupción en el trayecto planeado para la corriente eléctrica.
- Una falla por circuito resistivo es una resistencia no planeada en el trayecto planeado para la corriente eléctrica.
- Una falla por cortocircuito es una conexión eléctrica no planeada que proporciona un trayecto adicional para el flujo de corriente eléctrica.
- Una falla por cortocircuito a tierra es un trayecto no planeado para la corriente eléctrica de retorno a la fuente de energía eléctrica.

**Fallas por circuitos abiertos**

Un circuito es un trayecto para el flujo de la corriente eléctrica. Los conductores y dispositivos que conforman este trayecto dirigen la corriente de un modo circular, que comienza y termina en la fuente de energía eléctrica.

En este circuito, por ejemplo, la corriente sale del borne positivo de la batería (+) y retorna por el borne negativo de la batería.

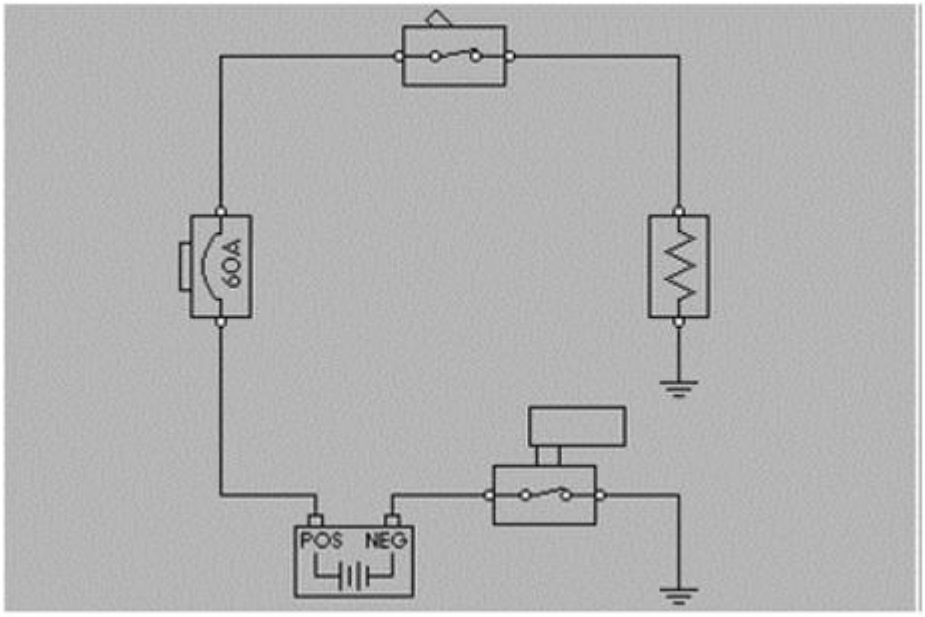



**Figura 150**

Cuando ocurre una interrupción en el circuito, se rompe el trayecto para el flujo de la corriente. Como resultado, la corriente no puede seguir fluyendo. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

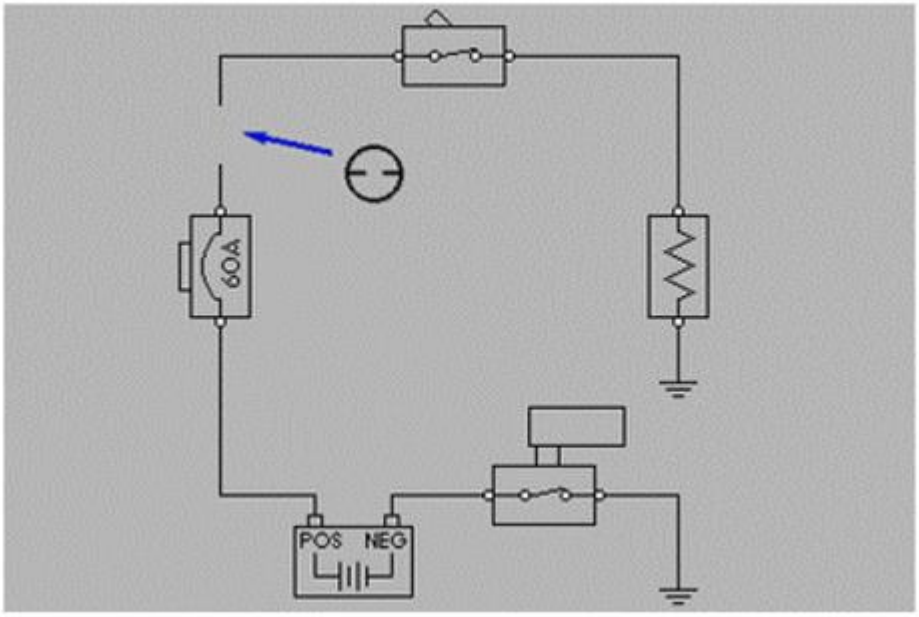



**Figura 151**

Una interrupción en la parte en serie de este circuito dará lugar a una pérdida del flujo de la corriente hacia todo el circuito. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Esta interrupción detuvo todo el flujo de corriente en el circuito. Normalmente, una medición de la caída de voltaje a través del conductor desde el punto de prueba 2 hasta el punto de prueba 3 sería de O voltios. En este caso, la medición leería el voltaje del sistema.

Una interrupción en la parte en paralelo de este circuito dará lugar a una pérdida del flujo de corriente solamente a la parte del circuito en que se encuentra la interrupción.

Observe que la corriente ya no fluye a través de la parte del circuito donde se produjo la interrupción, pero continúa fluyendo por el resto del circuito. El nuevo circuito tiene mayor resistencia que el original y toma menos corriente. Recuerde que la resistencia de dos resistores en paralelo es menor que la de cualquiera de los dos por sí solos.

Normalmente, una medición de la caída de voltaje en un conductor desde el punto de prueba 2 hasta el punto de prueba 3 sería de O voltios. En este caso, la medición leería la caída de voltaje a través del resistor R3.

Algunos ejemplos de circuitos abiertos en un Sistema Eléctrico son:

**Figura 152**

Ejemplos de posibles circuitos abiertos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Un cable roto
- Un fusible quemado o un disyuntor disparado
- Una conexión de un mazo de cables con un enchufe o pasador que muestre corrosión.

**Falla por circuitos resistivos**

Un circuito es un trayecto para el flujo de la corriente eléctrica. Para que funcionen correctamente, los circuitos deben ofrecer muy poca o ninguna resistencia al flujo de la corriente, excepto donde está proyectado que haya una resistencia.

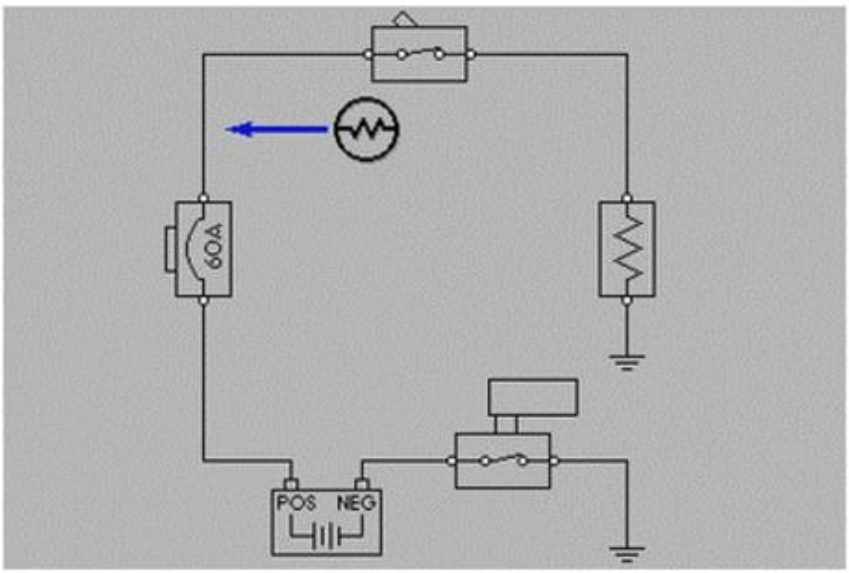



**Figura 153**

Representación de falla por circuitos resistivos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Una falla por circuito resistivo es una resistencia no planeada en un circuito, la cual es lo suficientemente grande como para evitar que el circuito funcione normalmente.

La cantidad de resistencia que los circuitos pueden tolerar y aún seguir funcionando correctamente varía considerablemente, y esto depende en gran medida del circuito. Por ejemplo:

- Un circuito de arranque requiere una resistencia extremadamente baja, debido a los grandes requisitos de corriente. Si se añade un ohmio al circuito, podría fallar
- Un circuito detector del Sistema de Monitoreo Electrónico puede tolerar hasta 500 ohmios de resistencia en serie y todavía continuar trabajando correctamente.

Esta resistencia se suma a la resistencia total del circuito. Normalmente una lectura de una caída de voltaje desde el punto de prueba 2 hasta el punto de prueba 3 seria O voltios. En este caso, la caída de voltaje sería un valor mayor que O y menor que el voltaje del sistema en proporción directa con la cantidad de resistencia que se ha sumado a la resistencia total del circuito.

**Algunos ejemplos:**

**Figura 154**

Algunos ejemplos de fallas por circuitos resistivos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Una conexión de la batería que presente corrosión, lo cual Impide el giro del motor.
- Un Interruptor con los contactos quemados.
- Un conectar con corrosión.

**Fallas por corto circuitos**

La capacidad de los circuitos eléctricos para dirigir, controlar y usar la energía eléctrica depende de la forma en que estén conectados entre sí sus componentes.

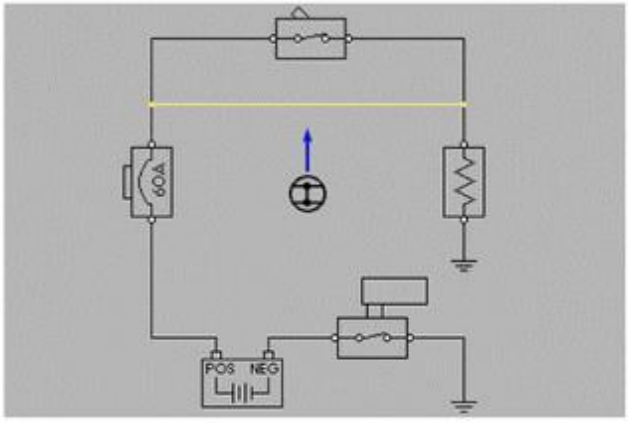



**Figura 155**

Fallas por corto circuito. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un cortocircuito es una conexión eléctrica no planeada dentro de un circuito. Esto proporciona un trayecto no deseado para el flujo de la corriente, el cual puede impedir que el circuito funcione normalmente.

El cortocircuito en este circuito proporciona un trayecto para la corriente eléctrica que se desvía del interruptor. Como resultado, el interruptor ya no controla el circuito.

Debido a que un cortocircuito es una conexión añadida incorrecta o no deseada, con frecuencia crea un circuito que toma más corriente que la esperada.

Este cortocircuito permite que haya una desviación de la corriente al resistor R1.

Normalmente una medición de la caída de voltaje a través del resistor desde el punto de prueba 1 hasta el punto de prueba 2 sería un voltaje entre O y el voltaje del sistema, en proporción directa con la relación de resistencia de RI con la resistencia total del circuito. En este caso el medidor leerá O voltios.

Algunos ejemplos de corto circuitos en un sistema eléctrico son:

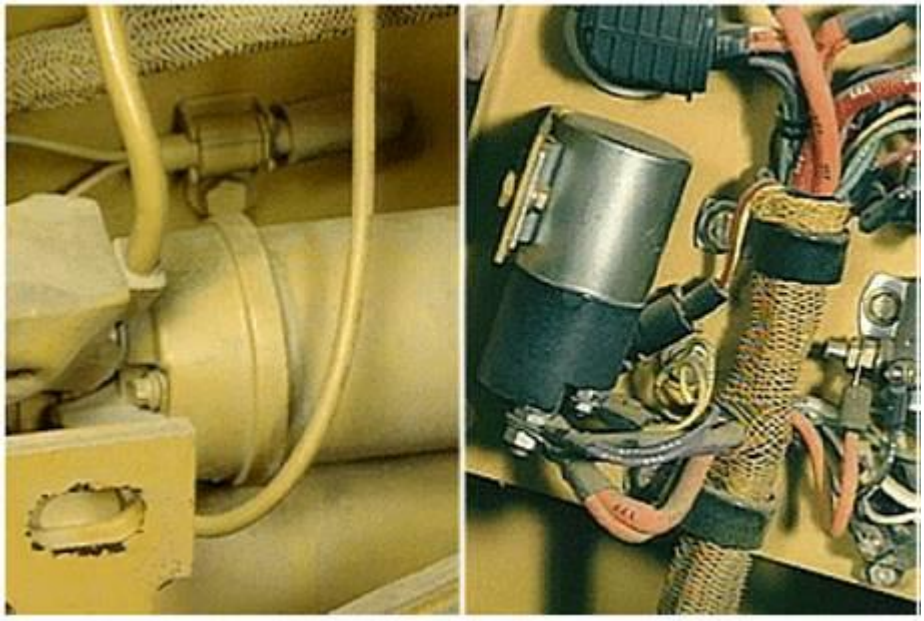


**Figura 156**

Algunas averías. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Un mazo de cables pellizcado
- Un solenoide de motor de arranque quemado

## Falla por corto circuito con tierra

La capacidad de los circuitos eléctricos para dirigir, controlar y usar la energía eléctrica depende de la forma en que estén conectados entre sus componentes.

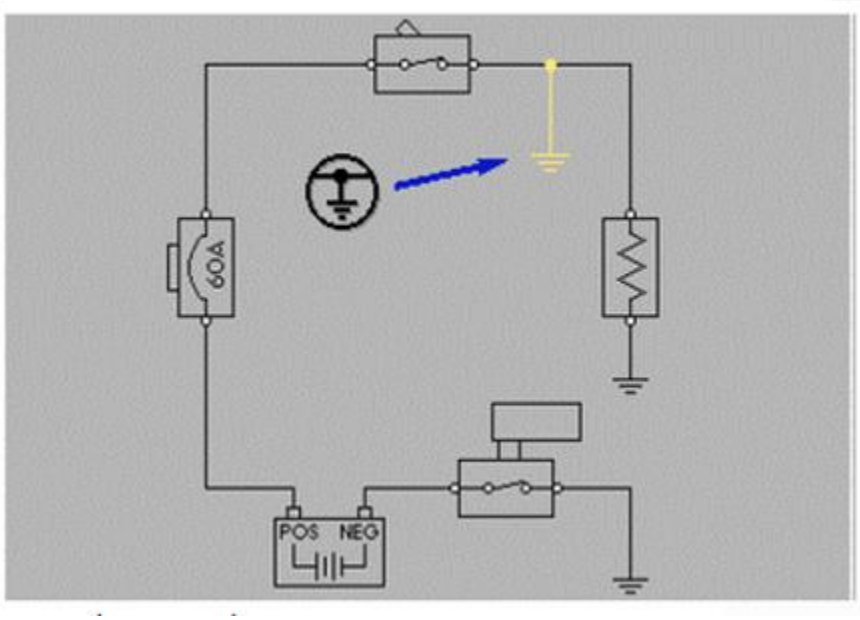



**Figura 157**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un cortocircuito a tierra es una conexión eléctrica a tierra no planeada dentro de un circuito. Esto proporciona un trayecto no deseado para el flujo de la corriente, el cual puede impedir que el circuito funcione normalmente.

El cortocircuito a tierra en este circuito proporciona un trayecto para la corriente eléctrica que se desvía del resistor. Como resultado, hay un incremento de la corriente que hace que el disyuntor se dispare.

Este cortocircuito a tierra crea un circuito que permite que la corriente se desvié de los resistores R2 y R3. Según el valor resistivo de RI y el régimen de corriente del disyuntor del circuito, la toma de corriente del nuevo circuito puede ser suficiente para disparar el disyuntor o quemar el resistor R 11.

Normalmente la caída de voltaje a través del resistor RI desde el punto de prueba 1 hasta el punto de prueba 2 sería un voltaje entre O y el voltaje del sistema, en proporción directa con la relación de resistencia de RI con la resistencia total del circuito. En este caso la medición seria de O voltios si el disyuntor se disparó y será igual al voltaje del sistema si el disyuntor no se disparó o si el resistor RI se quemó.

Algunos ejemplos de cortocircuito por tierra

**Figura 158**

Algunos ejemplos de cortocircuitos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Corrosión, que produce un trayecto directo al bastidor de la máquina.
- Un mazo de cables al que se le desgastó el aislamiento debido a la fricción contra el bastidor de la máquina y que hace contacto con el bastidor.

## Ocurrencias erráticas

¿Qué sucede cuando las interrupciones, las resistencias, los cortocircuitos y cortocircuitos a tierra ocurren erráticamente?

Las fallas intermitentes aparecen y desaparecen, y pueden ser difíciles de localizar. Cualquier componente o sistema eléctrico que a veces funciona y otras veces no, es un ejemplo de un síntoma de una falla intermitente.

Estos síntomas no son siempre evidentes y pueden no serlo cuando usted llegue a la obra para trabajar en un sistema. Por ese motivo, debe confiar en los informes hechos por el operador de la máquina para ayudarlo a recopilar información sobre la falla.

No hay un procedimiento específico para localizar una falla intermitente. Como en el caso del diagnóstico de cualquier falla, usted debe recopilar información sobre el problema, analizarla, probar el sistema y hacer el diagnóstico.

Un método que podría resultarle conveniente para detectar las fallas intermitentes es mover rápidamente diferentes partes del mazo de cables mientras se buscan los síntomas de la falla.

## 3.5 Circuitos de carga y su mantención

### Introducción

Toda máquina  con un sistema de arranque del motor tiene también un sistema de carga. El sistema de carga tiene dos funciones: recargar las baterías que se usan para hacer girar el motor y suministrar corriente a todos los sistemas eléctricos durante el funcionamiento de la máquina.

Más adelante veremos los componentes de un sistema de carga típico.

El alternador es el componente clave del sistema. Convierte la energía mecánica rotatoria del motor en energía eléctrica, para cargar las baterías y operar los dispositivos eléctricos. Un regulador de voltaje interno dentro del alternador controla la salida del alternador.

El interruptor del alternador protege al circuito del alternador y a las baterías de un flujo de corriente excesivo en caso de un mal funcionamiento.

Usualmente se instala un conector entre el interruptor del alternador y el alternador para facilitar el mantenimiento.

El niazo de cables conduce la energía eléctrica del alternador hacia las baterías y hacia todas las otras cargas eléctricas en la máquina.

El conjunto del motor de arranque no es un componente activo del sistema de carga. Sin embargo, proporciona típicamente importantes conexiones del positivo y del negativo a tierra de la batería que son necesarias para que el alternador funcione.

Dos baterías de 12 voltios conectadas en serie para 24 voltios, almacenan la energía eléctrica que produce el alternador.

El interruptor de desconexión de la batería permite desconectar manualmente las baterías del circuito cuando no se requiere ninguna energía. Cuanto este interruptor está en la posición de DESCONEXIÓN (OFF), el sistema de carga no puede cargar las baterías, y las baterías quedan protegidas contra cualquier descarga involuntaria.

Estos técnicos están usando un diagrama esquemático para rastrear el circuito de carga. En esta sección usted usará un Esquema de circuito de carga simplificado para explorar fallas en el circuito y practicar sus habilidades en la localización de averías.

## El circuito de carga

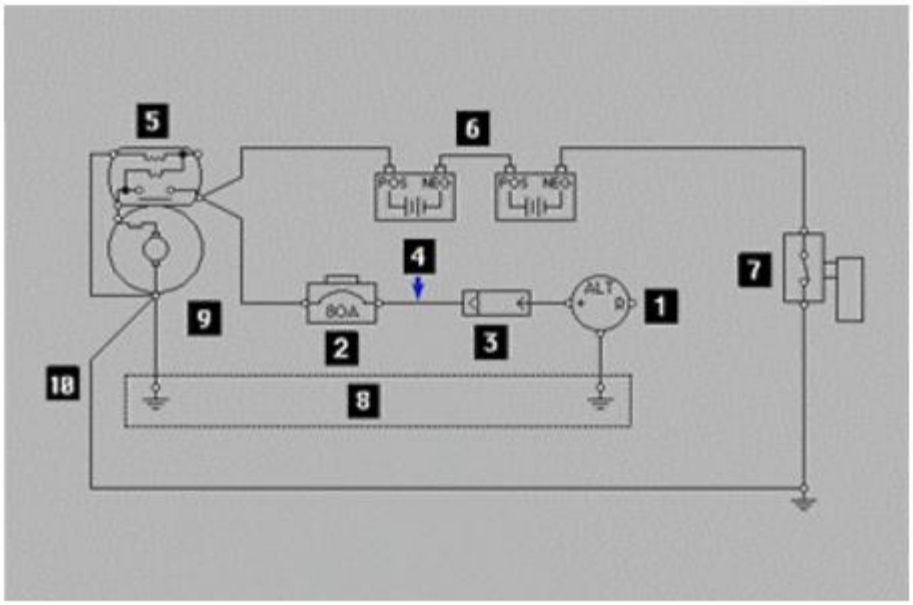



**Figura 159**

Circuito simplificado de carga (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Este es un circuito simplificado. Al igual que el que usted ya vio, este modelo de sistema de carga incluye los siguientes componentes:

1 El alternador proporciona suficiente corriente para todas las cargas continuas durante el funcionamiento de la máquina, y proporciona corriente de carga a la batería. El alternador auto limita la corriente.
El regulador de voltaje integral establece el nivel de voltaje de carga del sistema eléctrico. El nivel estándar para los modelos de máquinas hasta 1990 es de 27,5 voltios CC más/menos 1 voltio. Este nivel estándar fue cambiado a mediados de 1991 a 28,0 voltios CC, más/menos 1 voltio. Los reguladores de alternador en algunas máquinas de 1991 cumplen con el nuevo estándar, pero aún tornará algún tiempo antes de que todas las máquinas sean cambiadas.

2 El interruptor del alternador protege a las baterías de la extracción excesiva de corriente en caso de un cortocircuito a tierra dentro del alternador o entre el interruptor del alternador y el alternador. También protege a los cables de la máquina de una posible sobrecarga en el caso de que alguien instalara un alternador de sobre medida para proveer energía a accesorios no autorizados.

3 El conector proporciona una vía conveniente para desconectar al alternador del resto del circuito, bien sea para localizar una avería o para reemplazar el alternador.

4 Los mazos de cables y los cables distribuyen energía a través de todo el circuito.
5 El conjunto del motor de arranque, aunque es parte de un sistema diferente, provee al sistema de carga con importantes conexiones de la batería.
6 Las dos baterías de 12 voltios proporcionan energía para hacer girar al motor de la máquina.
7 El interruptor de desconexión de la batería desconecta del terminal negativo de la batería a todos los circuitos eléctricos, incluyendo el circuito de carga. Cuando el interruptor está en la posición de DESCONEXIÓN (OFF), el alternador no puede cargar las baterías, y estas no pueden ser descargadas por una carga eléctrica involuntaria o una falla en el circuito de la máquina.
8 El bloque del motor sirve de tierra para el alternador y a veces para otros circuitos del motor. El bloque del motor está normalmente conectado al borne a tierra del motor de arranque a través del cable a tierra del motor, lo cual completa la vía a tierra de retorno del alternador hacia la tierra del bastidor de la máquina y el borne negativo de la batería.
9 El cable a tierra del motor es una parte esencial del circuito de carga. Si se quita, el alternador puede aún funcionar, pero la vía a tierra de carga se produciría entonces a través de los cojinetes principales del motor, y a través de la transmisión y otros engranajes al bastidor de la máquina. Si faltara un cable a tierra esto no sería bueno para las superficies de los cojinetes y a menudo da lugar a fallas en el cojinete o el engranaje.
10 El cable a tierra del motor de arranque conecta el borne a tierra del motor de arranque (y el bloque del motor) con la tierra del bastidor de la máquina.

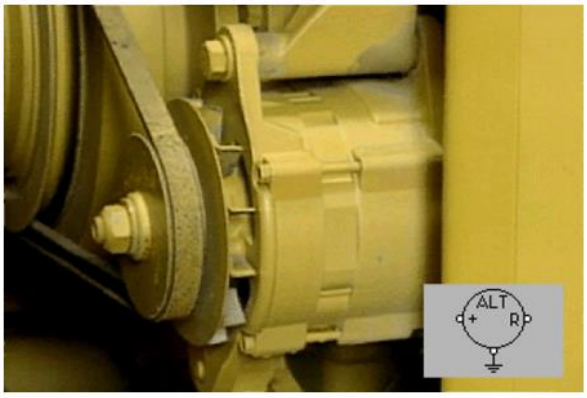



**Figura 160**

Alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

**El alternador:**

- Tiene un regulador de voltaje integral y una fuga de corriente de la batería extremadamente baja mientras la máquina está inactiva.
- Tiene capacidad para conducir el 100% de la carga eléctrica de la máquina, por lo que proporciona una mayor vida útil a la batería y un giro de arranque más confiable.
- Algunos modelos de alternador no tienen escobillas, con lo cual se minimiza la posibilidad de problemas en las conexiones y se elimina el desgaste de las escobillas.

## Disyuntor del alternador

**El disyuntor del alternador:**

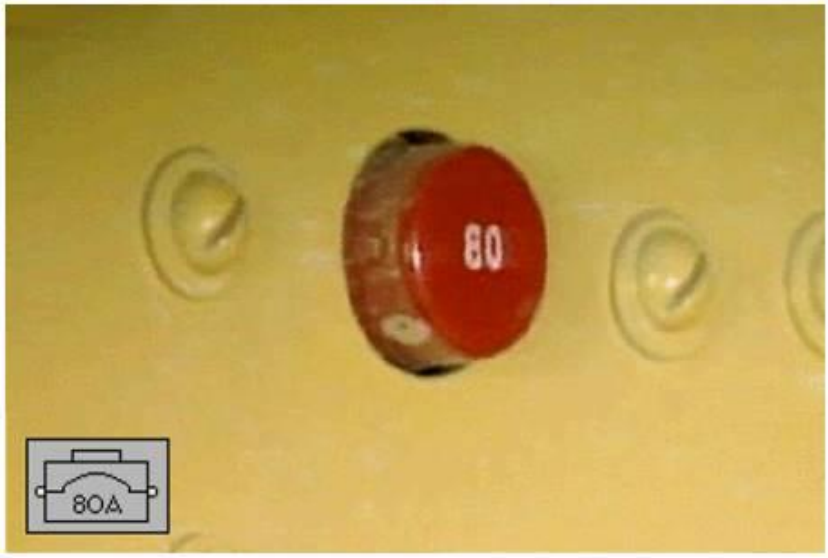



**Figura 161**

Disyuntor del alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Está hecho a la medida del régimen de corriente de salida del alternador.
- Protege el aislante del cable de los daños debidos a un cortocircuito o a un cortocircuito a tierra.
- Incluye una función de sobrecarga térmica que permite corrientes transitorias superiores al régimen de corriente sin que se dispare.
- Incluye una función de reposición para poder reincorporar las máquinas al trabajo más rápidamente.

**Conector**

El conector

- Permite localizar las averías y dar servicio al sistema eléctrico con facilidad y seguridad.
- Igualmente permite reemplazar fácilmente el alternador sin necesidad de cortar y empalmar los cables.

**Cables**

**Con los cables:**

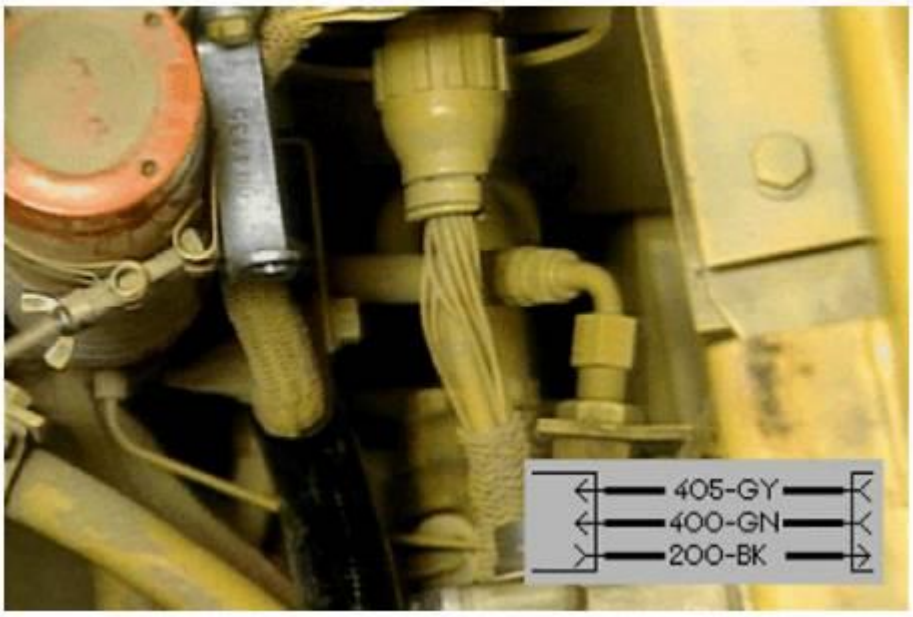



**Figura 162**

Cables y conectores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- El calibre del cable se selecciona con una capacidad de corriente que excede la del fusible o la del disyuntor que protege el cable. Los cortocircuitos disparan el disyuntor o queman el fusible antes de que el cable se queme.
- Los cables están protegidos contra la abrasión con nailon trenzado. Esto reduce las posibilidades de que se produzca un cortocircuito. El nailon trenzado es resistente a todos los líquidos comúnmente usados en el motor y en la máquina por encima de los límites de temperatura de funcionamiento esperados.
  Los mazos de cables reducen los puntos de abrasión del cable del mazo (una posible fuente de incendios) y controlan el recorrido mediante:
- Eslabones de cadenas y envoltura de anclaje (recorrido general).
- Abrazaderas empernadas (recorrido general).

- Conductos de acero (recorrido del cable de la batería).

Los niazos de cables facilitan la localización de averías mediante el empleo de los números del circuito estampados en caliente sobre el aislante del cable, los cuales relacionan cada cable del niazo con el diagrama eléctrico.

Los circuitos:

- Usan cables de arranque y cables de tierra de un calibre que se corresponde con los requisitos de corriente de un motor y de un motor de arranque particulares.
- Usan el bloque del motor corno conductor desde el cable de tierra del alternador hasta el cable de tierra del motor.

## 3.6 Motor de arranque

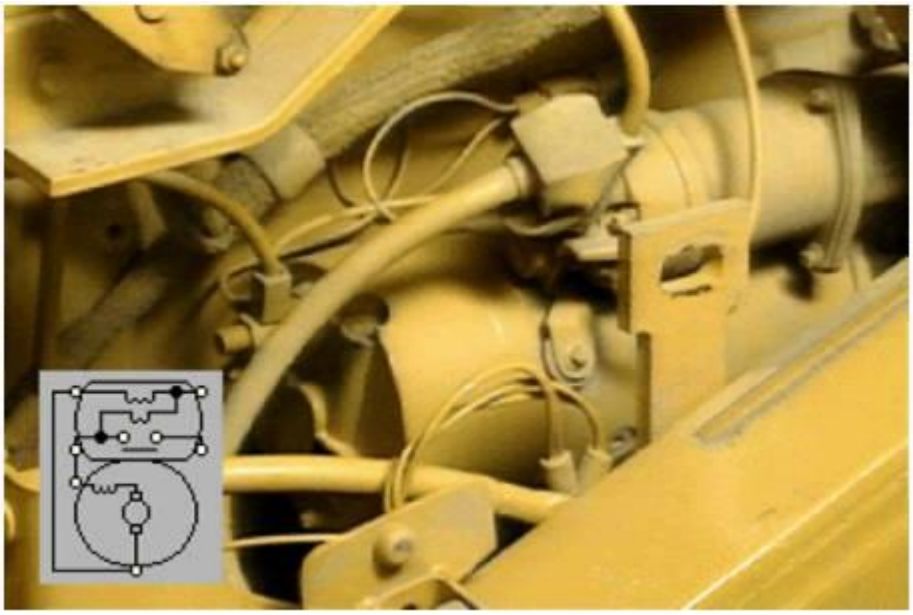


**Figura 163**

Motor de arranque y su bobina de inducción. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Tiene el tamaño necesario para proveer suficiente velocidad al motor para arrancarlo a las temperaturas extremas de la aplicación.
- Está diseñado para resistir los abusos del operador y las fallas del sistema (por ejemplo, sobregiro).

- Por lo general está conectado a tierra mediante un largo cable a tierra, en oposición a una superficie que funcione como tierra, para asegurar una buena conexión a tierra.

**Baterías**

Las baterías que no requieren ningún mantenimiento:

- Nunca necesitan agua.
- Brindan una gran potencia de giro, una alta capacidad de reserva y una mayor duración durante períodos de inactividad.
- Tienen una gran resistencia al daño debido a la vibración, a los impactos de la carretera o a los cambios bruscos de temperatura.
- Tienen una cubierta sellada al calor para evitar la contaminación y aumentar la resistencia.

Las baterías que no requieren ningún mantenimiento:

- Usan una caja de polipropileno de peso ligero y alta resistencia al impacto.
- Usan placas de piorno de alta densidad y grano fino, con separadores de PVC (cloruro de polivinilo) o de polietileno para una mejor resistencia a las vibraciones.
- Toleran inclinaciones de 45 grados sin que se derrame el electrólito, lo cual permite su empleo en aplicaciones en terrenos irregulares.

Las baterías que no requieren ningún mantenimiento tienen:

- Una correa de plancha centrada y conectores de distribución directa que proporcionan la vía eléctrica más corta para obtener la potencia de arranque máxima.
- Incluyen un respiradero arresta llamas integrado, para reducir la posibilidad de explosión causada por una chispa producida externamente.

**Interruptor de desconexión de la batería**

El interruptor de desconexión de la batería:

- Asegura todos los sistemas eléctricos y el vehículo contra una operación no autorizada.
- El interruptor de desconexión alarga la duración de la batería, debido a que las cargas parásitas o accesorias se pueden desconectar durante largos períodos de inactividad del vehículo.
- Permite desconectar totalmente la energía de la batería de la máquina.
- Facilita una localización de averías y un mantenimiento seguro del sistema eléctrico, mediante el empleo del conveniente punto de desconexión

**Funcionamiento normal del circuito de carga**

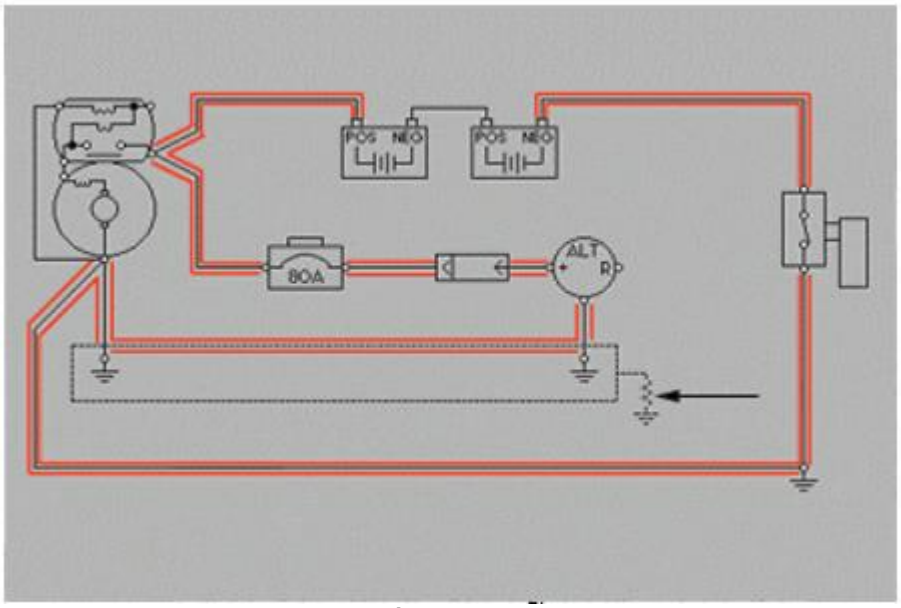



**Figura 164**

**Circuito de carga y su funcionamiento. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Esta sección explica cómo los componentes del sistema de carga están conectados entre sí y cómo el sistema normalmente carga las baterías y suministra la energía a la máquina.

Los componentes del circuito de carga están conectados en serie. Aunque no sea evidente, existe una vía adicional de retorno a tierra en paralelo para la corriente de carga a través de los cojinetes principales del motor (flecha). Es importante conocer esta vía para poder localizar algunas fallas, como verá más adelante.

Cuando el motor no está funcionando no fluye ninguna corriente por el circuito de carga.

Cuando se arranca la máquina, las baterías suministran la corriente para poner en marcha el motor.

Una vez que arranca el motor y comienza a funcionar el alternador, la corriente de carga fluye a través de las baterías en dirección opuesta a la corriente suministrada por las baterías durante la puesta en marcha del motor.

Ahora es el alternador, y no las baterías, el que suministra la corriente que necesita el sistema. La corriente fluye del alternador para cargar las baterías y para suministrar la corriente a todos los demás sistemas eléctricos de la máquina que la necesitan.

**El alternador produce corriente continua**

El alternador produce corriente continua (CC) en tres etapas.

**Etapa 1: Generación de corriente alterna (CA) trifásica**

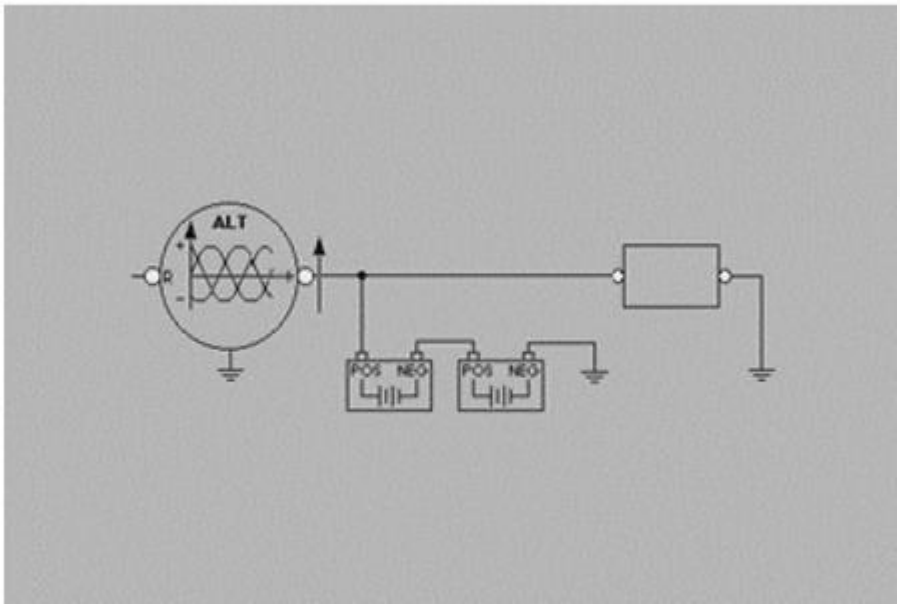



**Figura 165**

**Alternador generando corriente trifásica. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

La rotación del eje del alternador genera corriente alterna (CA). En el alternador hay tres fuentes de CA, cada una de las cuales produce una "fase de corriente". Cada fase es de 120 grados, o de un tercio del ciclo completo de alternación, con respecto a las otras.

**Etapa 2: Rectificación de la corriente alterna (CA) trifásica a corriente continua (CC) pulsatoria.**

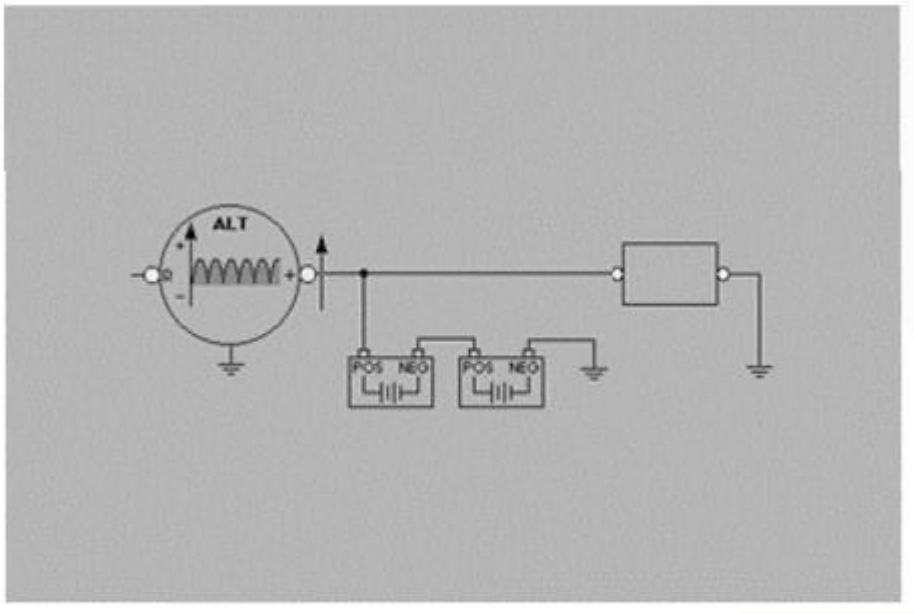


**Figura 166**

Rectificación de la corriente alterna trifásica a corriente continua pulsatoria. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

La CA trifásica pasa a través del conjunto del diodo que se encuentra dentro del alternador para convertir la CA trifásica en CC "pulsatoria" (corriente continua con una variación rítmica en el voltaje máximo). Esto tiene lugar mediante los diodos del alternador que reorientan los impulsos negativos de la CA y los convierten en impulsos positivos.

## Etapa 3: Regulación del voltaje de salida para limitarlo a un valor preestablecido

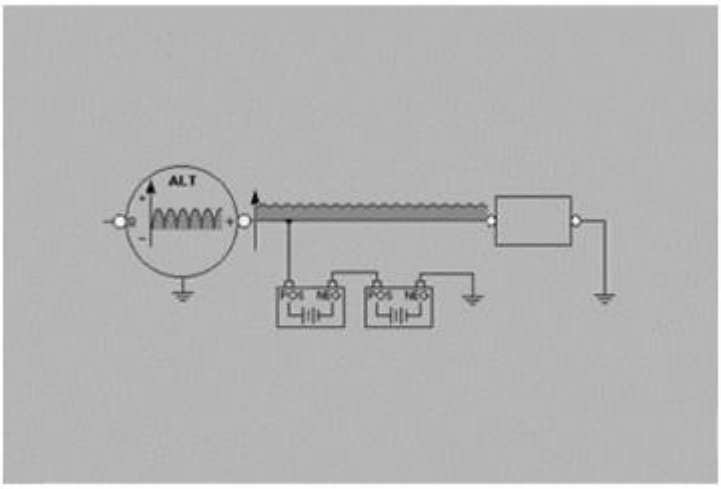



**Figura 167**

Un regulador de voltaje regula la onda a un valor pre – establecido. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Un regulador de voltaje situado dentro del alternador limita la salida del alternador a un voltaje preestablecido. La energía proveniente de las baterías reduce la variación rítmica del voltaje, variación que queda en menos de 0,2 voltios en un sistema de 24 voltios.

Estas son las tres etapas de la producción de corriente continua (CC) a partir de la salida de CA de un alternador.

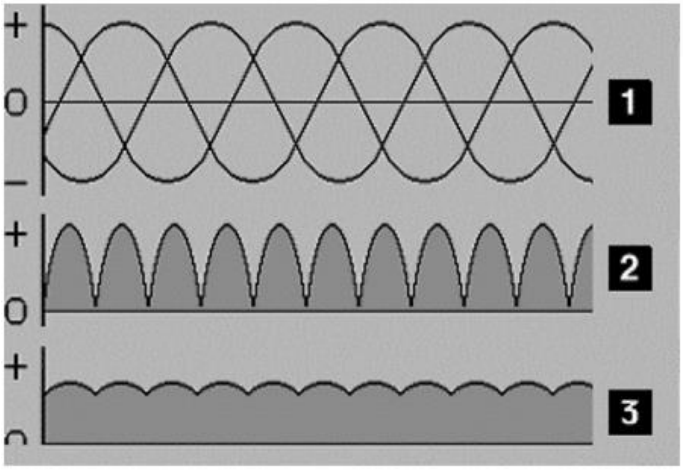



**Figura 168**

Representación gráfica de la rectificación de la corriente trifásica alterna hasta llegar a una corriente continua (o de valor medio) (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

1 CA trifásica
2 CC pulsatoria
3 CC pulsatoria regulada

Cuando se alcanza la tercera etapa, ya es corriente continua a la que le quedan muy pocas pulsaciones. Esta corriente suministra energía para cargar las baterías y hacer funcionar todo el sistema eléctrico de la máquina.

**El regulador de voltaje mantiene el nivel de voltaje en el sistema**

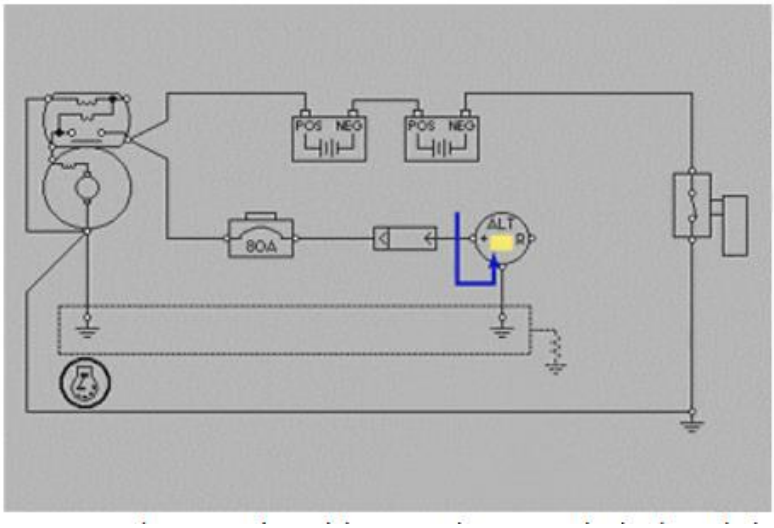



**Figura 169**

Representación esquemática del circuito de carga incluido el regulador de voltaje. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

El regulador de voltaje (flecha) mantiene el nivel de voltaje en el sistema mediante la variación del ciclo de trabajo de la corriente de campo en el alternador. Un coeficiente alto entre los períodos ACTIVO (ON) e INACTIVO (OFF) aumenta el voltaje de salida, mientras que un coeficiente bajo entre los períodos ACTIVO (ON) e INACTIVO (OFF) reduce el voltaje de salida.

**Verificación del funcionamiento normal**

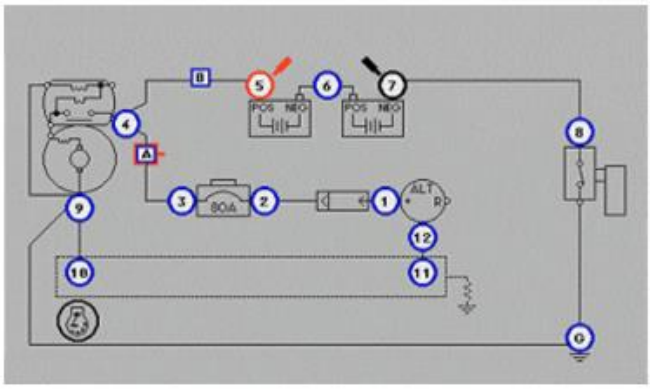



**Figura 170**

Verificación del funcionamiento normal. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Usted puede verificar el funcionamiento normal del circuito de carga haciendo mediciones con el DMM y con el amperímetro de mordaza, para luego comparar las lecturas con las especificaciones.

**Medición del voltaje de carga**

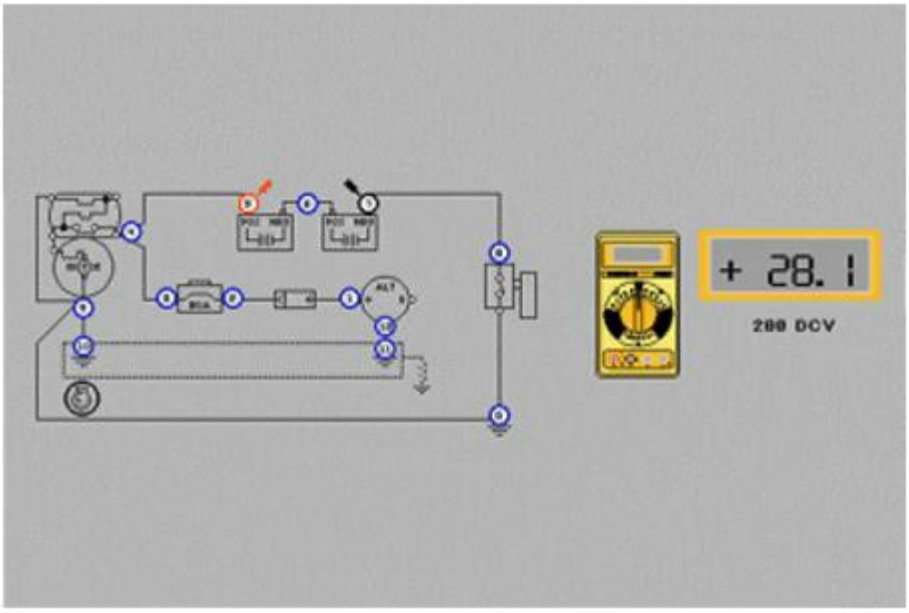



**Figura 171**

**Figura 40. Medición del voltaje de carga. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Cuando mida el voltaje de carga con un DMM, coloque las sondas en los bornes de la batería. Para un sistema de 24 voltios, el voltaje de carga con el motor funcionando por encima del vacío en baja debe ser de 27,5 + 1,0 voltios o 28,0 + 1,0 voltios para los sistemas que se ajustan a las normas de 1991.

**Comprobación de la corriente de salida**

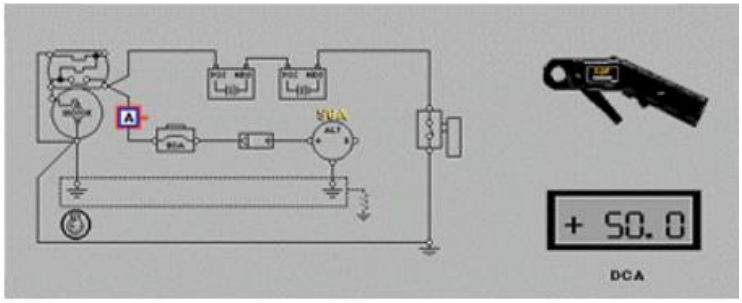



**Figura 172**

**Medición de la corriente en circuito de carga. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Para comprobar la corriente de salida del alternador, haga girar el motor durante 30 segundos con el sistema de combustible desactivado, espere 2 minutos y entonces vuelva a girar el motor otros 30 segundos, también sin combustible. A continuación arranque el motor y mida la corriente de salida inicial del alternador con el motor

funcionando en vacío en alta. La corriente de carga debe corresponder a las especificaciones del alternador.

**Normas de corriente y voltaje**

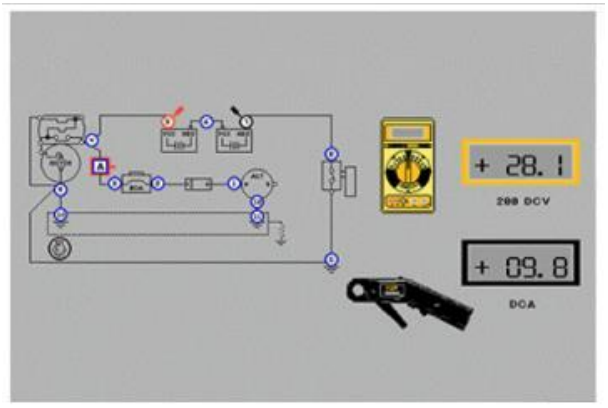



**Figura 173**

**Figura 42. Medición que debe dar en corriente y voltaje con el vehículo en funcionamiento. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Por último, observe el DMM y el amperímetro de mordaza mientras funciona el motor en alta en vacío durante unos 10 minutos. La corriente de carga debe disminuir progresivamente hasta 10 amperios o menos y el voltaje de salida debe ser:

- Para los sistemas de 12V: 14,0 ± 0,5 V.
- Para los sistemas de 24V: 27,5 ± 1,0 V; 28,0 ± 1,0 V (normas de 1991).

**Monitoreo del funcionamiento del sistema de carga**

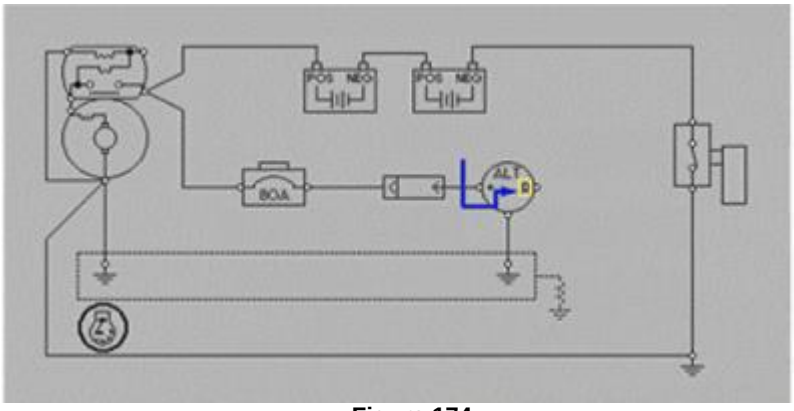



**Figura 174**

**Como monitorear el sistema de carga. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Además de saber cómo probar el alternador, es importante conocer las advertencias del alternador en el Sistema de Monitoreo Electrónico (EMS). El EMS monitorea el funcionamiento del sistema de carga mediante la detección de la salida del terminal R

(flecha) del alternador. Esta salida se toma como una muestra a partir de una fase de la salida del alternador y refleja tanto el nivel como la frecuencia.

El voltaje en el terminal R del alternador es una onda rectangular. La base de la onda está en cero voltios y el pico está en el voltaje de salida del alternador.

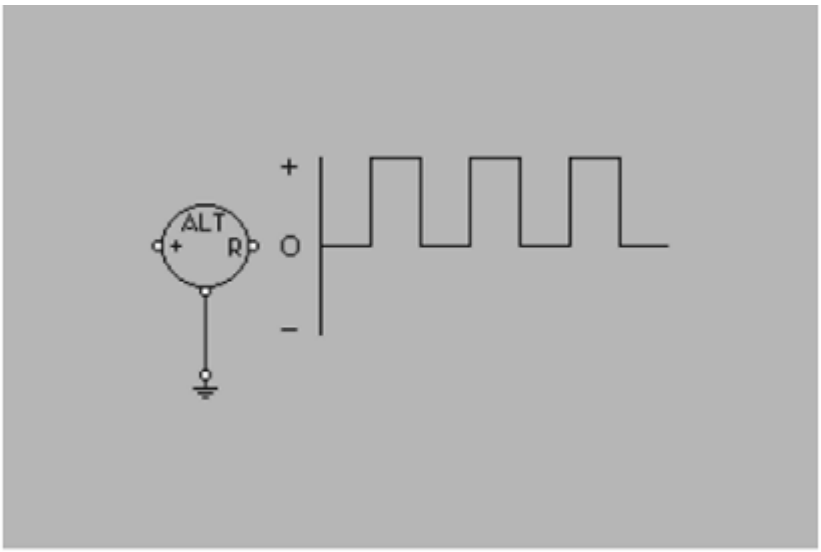



**Figura 175**

**Figura 44. Onda cuadrada de frecuencia del alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

La onda rectangular tiene un ciclo de trabajo del 50%, lo que significa que la parte plana de la onda se demora la mitad del tiempo en el voltaje de salida y la otra mitad en cero voltios.

Corno resultado, cuando el DMM se coloca en el terminal R para hacer una lectura de voltaje, leerá el 50 % del voltaje de salida. Por ejemplo, si el voltaje de salida del alternador es de 28,0 voltios de CC, el voltaje en el terminal R será corno promedio de 14,0 voltios de CC.

La frecuencia de salida en ciclos por segundo en el terminal R, o en hertz, depende del número de bornes del alternador y de las RPM.

Los alternadores utilizan 12, 14 16 polos dependiendo de la carga eléctrica esperada. Todas sus poleas giran a 2,3 veces de la velocidad del motor. La frecuencia de salida del terminal R puede calcularse de este modo para todos los modelos corno se explica a continuación:

F(Hz) = RPM del alternador X número de polos/í 20

Por ejemplo, cuando las RPM del motor 600, la frecuencia de la salida del terminal R de un alternador de 12 polos es:

**F= (600x2.3 x 12)/120= 138 Hz**

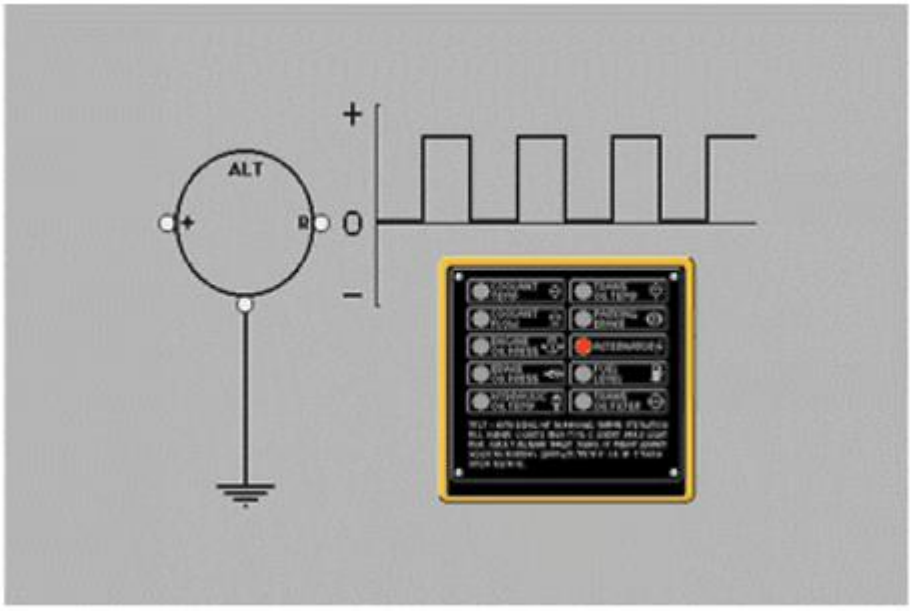



**Figura 176**

**Figura 45. Medición de la frecuencia en forma de onda. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Si la frecuencia en el terminal R cae por debajo de los 94 Hz, el circuito detector EMS se disparará y se iluminarán los diodos luminosos (LED) de advertencia del alternador. Una onda rectangular de un promedio de 5 voltios de CC es necesaria para que el EMS pueda medir la frecuencia de la señal. No obstante, el voltaje mínimo normal en R está bien por encima de esto, siendo el promedio de CC de 13,25 voltios para un sistema de 24 voltios, o un promedio de CC de 6,75 voltios para un sistema de 12 voltios.

No todas las advertencias del alternador EMS son el resultado de una falla. Algunas máquinas sólo poseen un mínimo de accesorios y necesitan de un alternador solamente para recargar las baterías. Una vez que las baterías están completamente cargadas, el alternador puede pararse, ocasionando que el EMS envíe una señal de falla en el alternador. Esto, no obstante, no es una falla sino el funcionamiento normal de la máquina.

Cuando el operador de la máquina observa la advertencia de un alternador EMS, usualmente existe un problema. El problema puede ser debido a una falla mecánica (correa de transmisión rota o que está patinando, polea floja, cojinetes desgastados) o una falla eléctrica (motor de arranque o devanado de campo en cortocircuito o con una interrupción del circuito, una conexión a tierra con una interrupción del circuito, un diodo en cortocircuito o con una interrupción del circuito, falla en el regulador de voltaje).

Cuando el diodo luminoso (LED) del alternador en el panel del EMS parpadea indicando una advertencia, usted debe determinar la causa de dicha advertencia. Comience por medir el voltaje en la salida del terminal R y estimar la frecuencia de la señal. Recuerde que la señal debe tener al menos un promedio de 5 voltios para que sea reconocida por el EMS, y al menos 94 Hertz para que sea aceptada corno normal por el EMS.

Cuando se esté midiendo la salida en el terminal R, puede ser que al principio le parezca correcto utilizar un ajuste de CA en el DMM. Pero esos ajustes de CA están calibrados para ondas sinusoidales, no para ondas rectangulares.

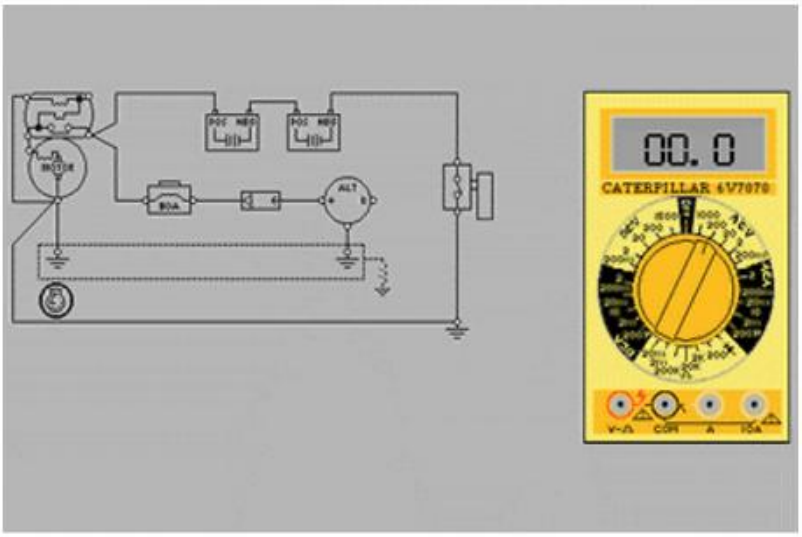



**Figura 177**

**Medición con el multímetro.(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

En su lugar, utilice los ajustes de CC en el DMM para medir la salida del terminal R. Las gamas de CC dan las lecturas del voltaje promedio. Esto nos dará exactamente la mitad del voltaje del sistema con una señal de ciclo de funcionamiento de un 50%.

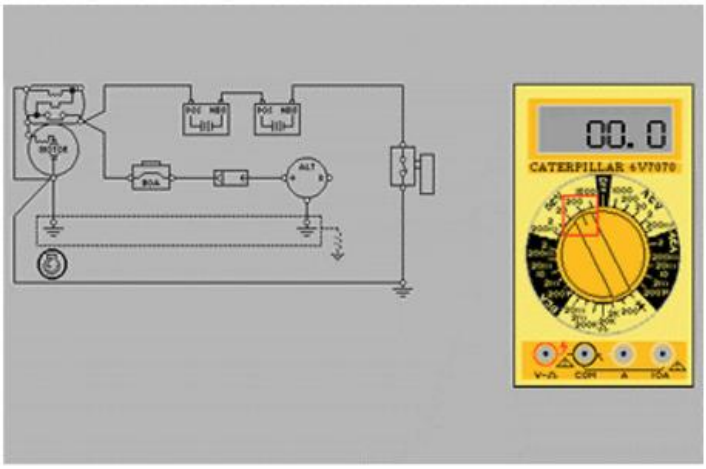



**Figura 178**

**Figura 47. Indicación sobre la escala de trabajo con cual se debe realizar la medición. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Si el voltaje medido en el terminal R es igual a la mitad del voltaje de salida y el alternador está girando sin patinar por razones mecánicas, es probable que el alternador esté dentro de las especificaciones, al menos en relación con lo que el EMS es capaz de determinar. Es probable que el problema esté en el mismo sistema del EMS.

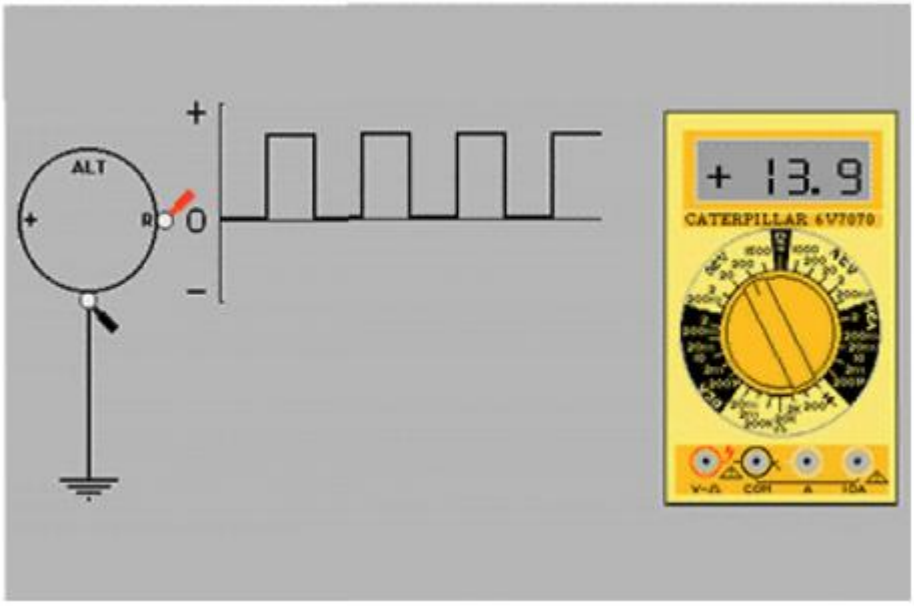



**Figura 179**

**Medición de la frecuencia. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Usted también debe estar atento a que algunas fallas en los alternadores no conllevan a una advertencia del EMS. Por ejemplo, una falla en una de las dos fases no probadas en el terminal R puede limitar el total de corriente de salida y no afectar el voltaje o la forma de onda en el terminal R. El EMS puede continuar entonces mostrando un estado normal del alternador independientemente de la falla.

## Otros problemas

Si usted sospecha que existe un problema en el alternador, pero:

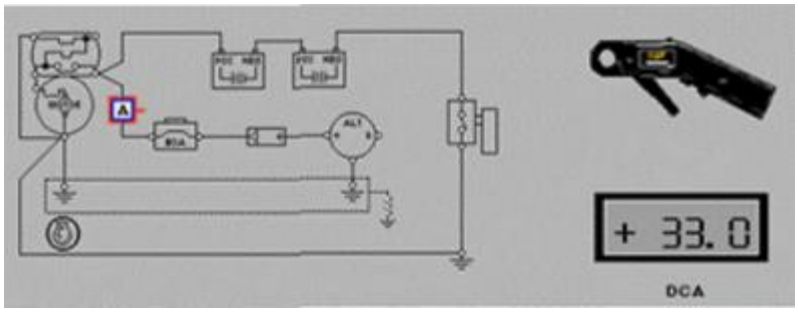



**Figura 180**

**Medición de amperaje. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- No existe advertencia del EMS.
- El voltaje es normal en el terminal R,

Y no hay evidencia de problemas cuando lo inspecciona.

Compruebe entonces el alternador para determinar la salida de corriente total como se describe con anterioridad. Si ha ocurrido una falla parcial del alternador, probablemente la lectura del amperímetro sea menor que la capacidad nominal máxima de la corriente de salida.

Recuerde también que pueden ocurrir resistencias involuntarias en el sistema de carga, así como en cualquier otro lugar. Si ello sucede, dichas resistencias reducirán la eficiencia del sistema. Compruebe para asegurarse que las caídas de voltaje a través de los interruptores, contactos, cables, alambres y conexiones en el circuito durante la carga no sobrepasan el máximo permitido.

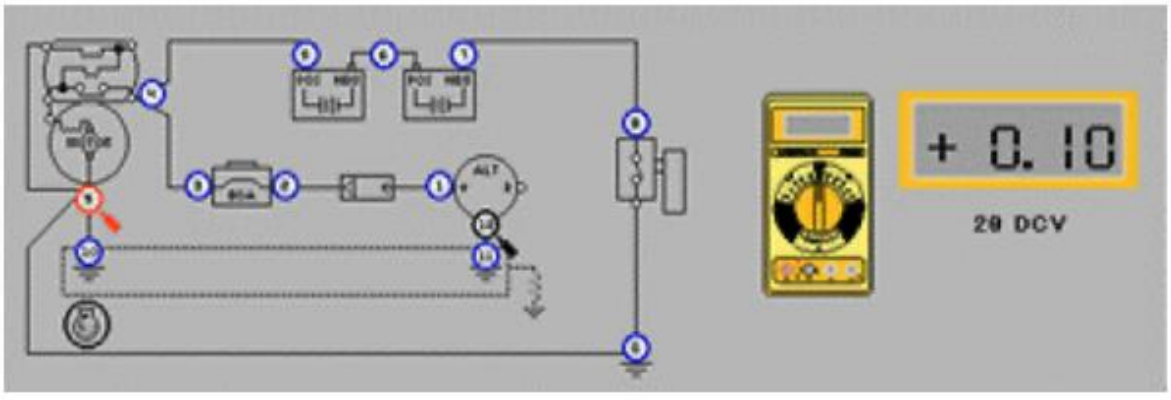



**Figura 181**

**Medición de voltaje entre el arranque y el alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

**Mediciones de voltaje en el circuito de carga**

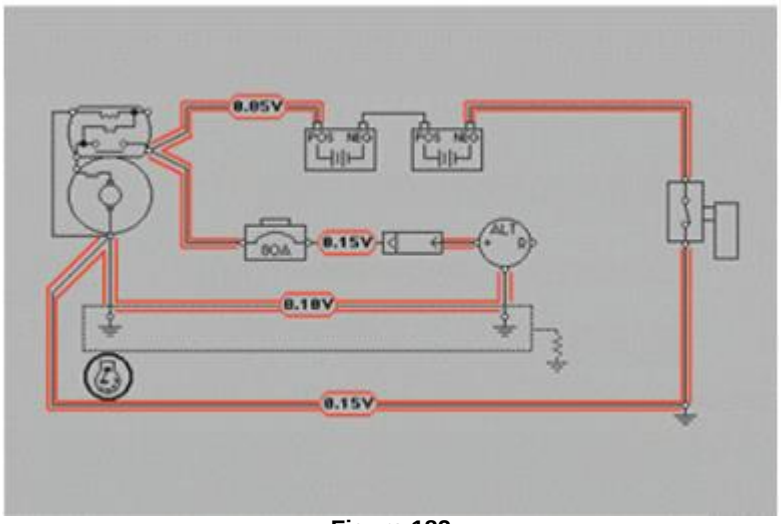



**Figura 182**

**Caídas de voltaje máximas que debería arrojar en distintos puntos de medición. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Estas son las caídas de voltaje máximas permitidas en un circuito de carga de 24 voltios durante la carga con el alternador suministrando su capacidad nominal de corriente de salida y el motor funcionando a su capacidad nominal de RPM. Las caídas de voltaje máximas permitidas en un circuito de carga de 12 voltios son exactamente la mitad de los valores aquí mostrados.

## 3.7 Análisis del sistema de carga

### Síntomas

Una observación detallada del sistema de carga le permitirá detectar problemas potenciales con anticipación y tomar medidas para evitarlos.

Una reparación antes de que se produzca la falla es usualmente más conveniente y menos costosa que esperar hasta que la falla ocurra. El daño es a menudo menos severo, y usted puede escoger el momento para realizar el trabajo y evitar la paralización de una máquina durante las horas de trabajo.

Todas estas condiciones pueden ser síntomas posibles de una falla en el sistema de carga:

- Giro lento o ningún giro, luces muy débiles o apagadas.
- Electrólito bajo (excepto cuando no requiere ningún mantenimiento).

- Conector u otro componente quemado, ennegrecido, o corroído.
- Fallas del disyuntor del alternador.
- Observación visual y ruidos en el alternador, correa y polea.
- Diodos luminosos (LED) de advertencia del alternador EMS iluminados.

El giro lento o ningún giro o las luces muy débiles o apagadas pueden deberse a baterías descargadas producto de una falla en el sistema de carga. Las causas posibles de la falla incluyen las siguientes:

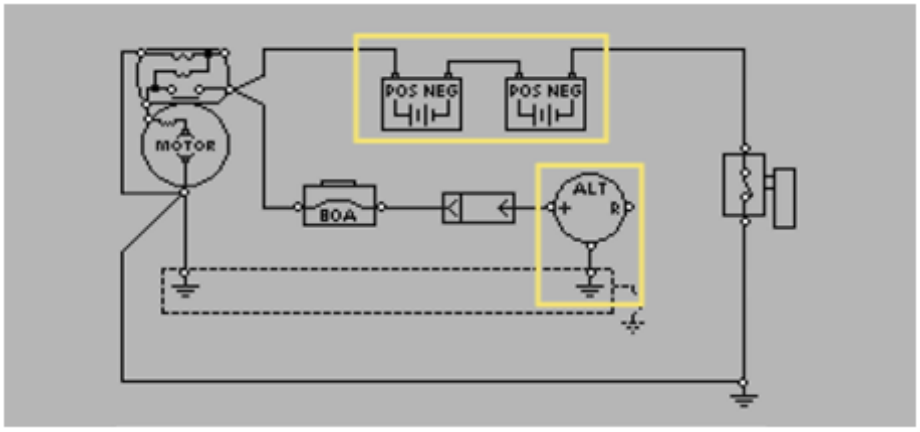



**Figura 183**

**Figura 52. Lugares a revisa en caso de falla. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Correa de transmisión del alternador rota o que patina.
- Uno o varios diodos rectificadores dentro del alternador en cortocircuito o con interrupción del circuito
- Falla del regulador de voltaje.
- Cables en cortocircuito o con interrupción en el circuito de campo del alternador.
- Cables en cortocircuito o con interrupción en el circuito (de salida) del estator del alternador.

El giro lento o ningún giro o luces muy débiles o apagadas (debido a una falla en el alternador) pueden ser causados también por:

- Ausencia de un cable a tierra entre el terminal a tierra del motor de arranque y el bloque del motor.
- Una interrupción o una interrupción intermitente en cualquier parte del circuito de carga.
- Una resistencia alta por ejemplo, la corrosión en los terminales de la batería.

- Una polea de transmisión del alternador floja o una polea equivocada (sobre medida) instalada.
- Baterías que no pueden aceptar una carga debido a una falla interna.

**Electrólito bajo**

El nivel de electrólito (agua/ácido) bajo en todas las celdas de la batería (no sólo en una o dos) es causado por lo regular por un voltaje de carga excesivo (por encima de los 30,0 voltios de CC). El agua se descompone (se hidroliza) en oxígeno e hidrógeno gaseoso.

La sobrecarga puede ocasionar también la deformación de las placas de la batería. Si hacen contacto con las placas contiguas, la chispa resultante puede encender el gas de hidrógeno que se ha formado durante la carga y ocasionar que la batería explote.

El funcionamiento a altas temperaturas y baja humedad puede contribuir a la evaporación del electrólito. Este tipo de fuga ocurre mucho más lentamente que la que se produce debido a la sobrecarga.

**Conector u otro componente quemado, ennegrecido, o corroído**

Las superficies que calzan entre sí en un interruptor, conector, o conexión pueden desarrollar problemas diversos que interfieren con el funcionamiento del circuito. Las superficies corroídas, quemadas, ennegrecidas o fundidas pueden resultar en resistencia alta, interrupción del circuito, o cortocircuitos.

La corrosión puede ser causada por las condiciones atmosféricas (sal, neblina acida) metales no similares en contacto, o productos químicos cáusticos utilizados en la limpieza.

Las superficies quemadas pueden comenzar como superficies desgastadas que desarrollan resistencia y calor. Más a menudo, las superficies quemadas o la formación de arcos son el resultado de alto voltaje momentáneo que puede deberse a una falla del regulador de voltaje o a "descarga de la carga".

La descarga de la carga ocurre cuando un alternador se desconecta de improviso de su carga eléctrica mientras está en funcionamiento. Un breve pero muy alto "aumento repentino" de voltaje (sobre 150 voltios) puede traer corno resultado el daño irreparable de los componentes del sistema.

La descarga de la carga puede ser causada por una conexión floja o por abrir el interruptor de desconexión de la batería durante la carga.

El daño se incrementa de acuerdo con la cantidad de corriente que esté fluyendo en el momento en que ocurre la interrupción. También se incrementa si la carga es inductiva (motores eléctricos, solenoides, etc.).

**Fallas del disyuntor del alternador**

Un disyuntor del alternador disparado (abierto) indica una falla en el circuito de carga. La falla más probable es un cortocircuito a tierra en el alternador o a lo largo del cable de salida del alternador.

Si se reposiciona el disyuntor, la falla puede ser intermitente y podría ocurrir de nuevo. O la falla puede que se haya producido cuando una herramienta tocó el cable de salida del alternador y tierra a la vez.

Si no se reposiciona el disyuntor, es probable que aún exista la condición que causó que el disyuntor se disparara. O quizá, la sobre corriente que disparó el disyuntor también causó daño y dio lugar a que el disyuntor no se reposicionara.

Es posible que una sobre corriente sea tan fuerte que el disyuntor quede soldado en un estado "cerrado" y no pueda en lo sucesivo volver a abrir el circuito. Puede que en la parte exterior del disyuntor exista o no evidencia visual del daño (empolladuras).

Los cables, los componentes y el disyuntor pueden dañarse simultáneamente. Si sólo se daña el disyuntor la primera vez que ocurre un cortocircuito, es probable que los cables y los componentes involucrados se dañen la próxima vez porque el disyuntor ya no ofrece protección.

Afortunadamente, este tipo de falla en el disyuntor sucede muy raramente.

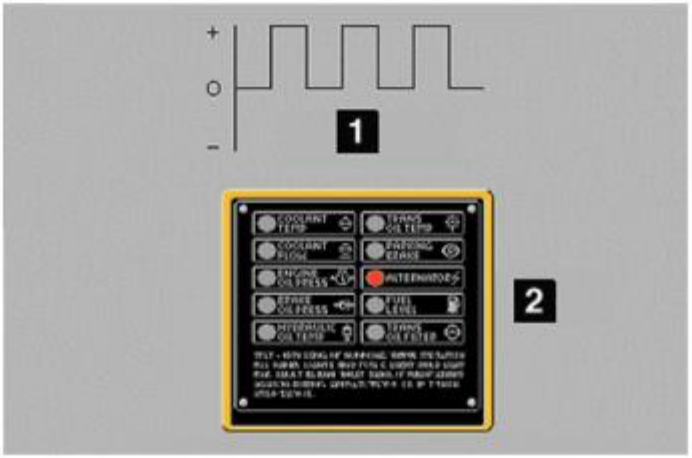
**Alternador, correa y polea - ruidos y observaciones visuales**

Estar alerta a las indicaciones visuales y audibles puede proporcionarle advertencias anticipadas de cualquier problema en el alternador. Algunos aspectos de los que se debe estar al tanto incluyen:

- Correa de transmisión floja o equivocada.
- Desgaste y rajaduras en la parte interior de la correa.
- Cojinetes del alternador seco o desgastado por completo.
- Polea floja o equivocada.
- Cable dañado o conexiones flojas.
- Alternador dañado o sobrecalentado.

**Síntomas - diodos luminosos (LED) de advertencia del alternador EMS iluminados**

El Sistema de Monitoreo Electrónico (EMS) monitorea el funcionamiento normal del sistema de carga mediante la detección de la salida en el terminal R (1) del alternador.




Cuando se detecta un problema, el diodo luminoso #8 en el panel del EMS (2) se ilumina. El origen del problema puede ser lo mismo mecánico que eléctrico.

**Figura 184**

**Indicación de falla en el alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

También es posible, pero improbable, que el propio sistema del EMS haya fallado.

Para determinar el tipo de problema, mida el voltaje en el terminal R. El mínimo debe ser de: 94 Hz y 13,25 voltios de CC (promedio) para un sistema de 24 voltios, o de 94 Hz y 6,75 voltios de CC para un sistema de 12 voltios.

## Fallas

Los problemas en el sistema de carga pueden ser ocasionados por una falla de interrupción del circuito, resistencia, cortocircuito, o un cortocircuito a tierra en el alternador.

Las consecuencias de cada una de estas fallas eléctricas pueden demostrarse en el mismo circuito de carga de muestra ya utilizado para describir el funcionamiento normal.

## Interrupción del circuito

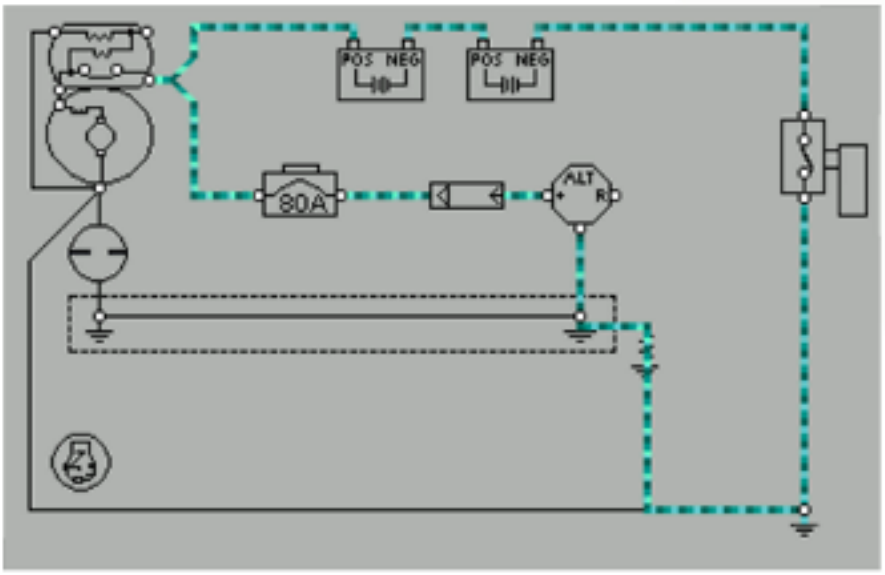



**Figura 185**

**Circuito con salida a tierra no deseada. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Una interrupción en esta parte del circuito reorienta la corriente de carga desde el cable a tierra del motor, su vía a tierra normal, a una vía a tierra indeseable a través de los cojinetes principales del motor. Esto da lugar a que los cojinetes se dañen y debe evitarse. El cable a tierra del motor es una parte esencial del circuito de carga, debido a que evita ese daño.

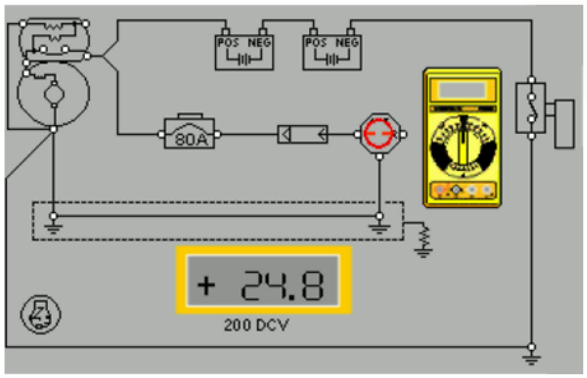



**Figura 186**

**Interrupción del circuito en el regulador de voltaje. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Aquí, una interrupción del circuito en el regulador de voltaje ha cortado la corriente al devanado del campo del alternador. Esto evita por completo que el alternador pueda

generar alguna salida. Una interrupción en el devanado de campo tendría el mismo efecto. Una interrupción en una fase de los devanados de salida reduciría la corriente de salida, pero los devanados de las otras dos fases podrían seguir funcionando todavía.

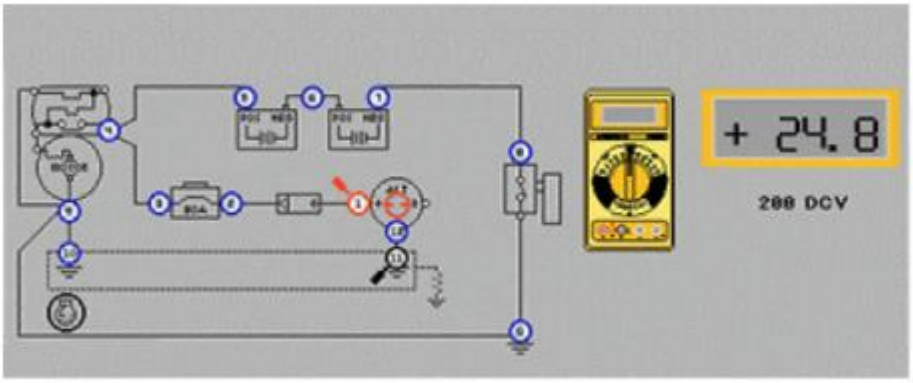



**Figura 187**

**Medición del voltaje que está entregando el alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Cuando las baterías han recibido carga en alta en vacío por lo menos durante 10 minutos, la lectura de voltaje desde el terminal de salida del alternador hasta el terminal de tierra debe ser 27.5 ± 1.0 voltios de CC, o 28.0 ± 1.0 voltios de CC para los sistemas conformados a los estándares de 1991. Con una interrupción del circuito en el regulador que evite que el alternador funcione, el voltaje del sistema cae al mismo nivel de la batería (en este caso 24.8).

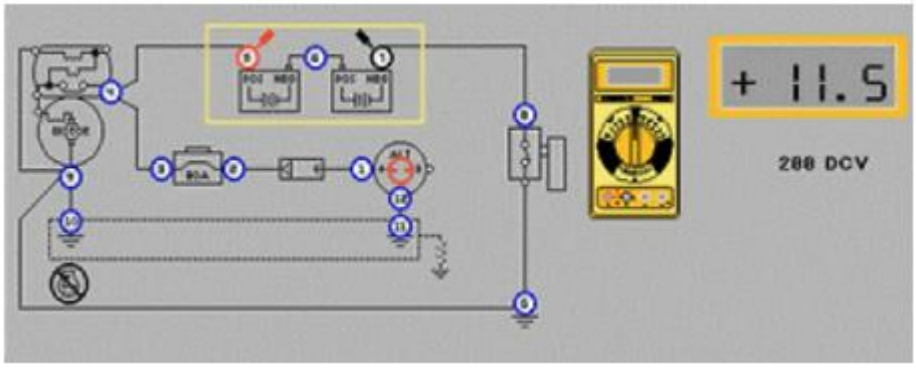



**Figura 188**

**Disminución de la carga de las baterías por no carga del alternador. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Cuando el alternador falla, las baterías no se recargan. Por lo tanto, la carga de la batería disminuye cada vez que se le coloca una carga. En algún momento las baterías

se descargarán hasta un punto en que no podrán girar el motor o hacer funcionar los accesorios.

**Resistencia**

Una resistencia imprevista (como la que produce la corrosión en un terminal de cable) en serie con la carga prevista (baterías y accesorios) le roba la energía al sistema de carga y produce una caída de voltaje a través de la resistencia, que deja menos voltaje para el sistema. El bajo voltaje del sistema da lugar a que haya menos energía disponible (W = Exí), debido a que el voltaje de salida del alternador y la corriente están limitados.

Una resistencia que produzca una caída de voltaje mayor de 1 voltio en un sistema de 24 voltios trae por resultado mayor tiempo de carga de la batería, y puede evitar también que las baterías lleguen a alcanzar un estado de carga plena. La resistencia puede que no se deba por completo a un componente, pero puede que sea la suma de todas las caídas de voltaje en el circuito

**Cortocircuito.**

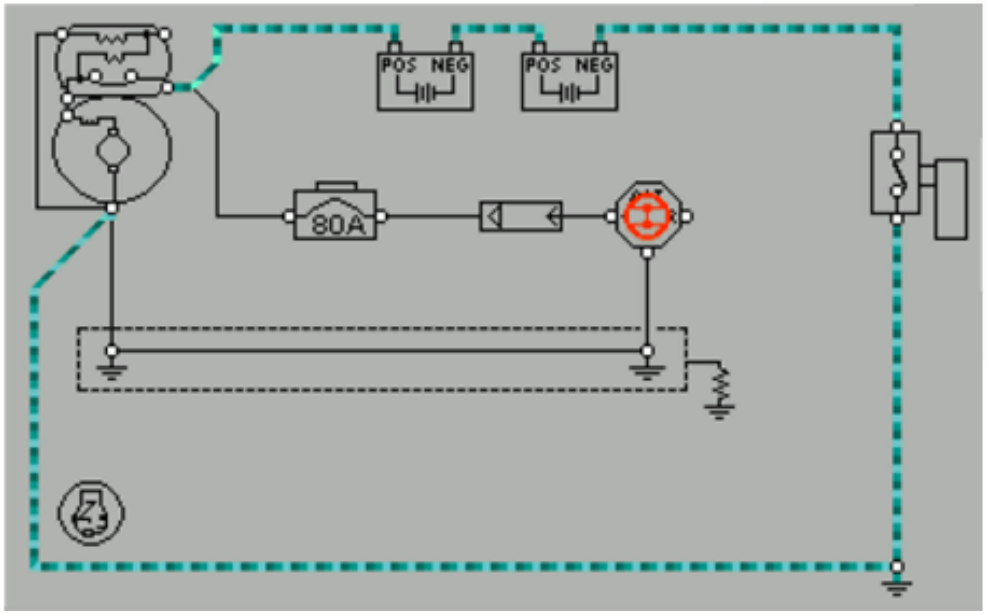



**Figura 189**

**Corto circuito en el regulador de voltaje. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Un cortocircuito en este regulador de voltaje ha provocado corriente de campo completa (3 4 amperios) en el alternador. Debido a que las baterías fueron completamente cargadas y tienen una alta resistencia interna, el voltaje ha aumentado a más de 30 voltios, pero la corriente de carga es sólo de 15 a 20 amperios. La mayoría de la

corriente va al agua de la batería hidrolizada (convierte el agua en oxígeno e hidrógeno-gaseosos) la cual entonces se evapora.

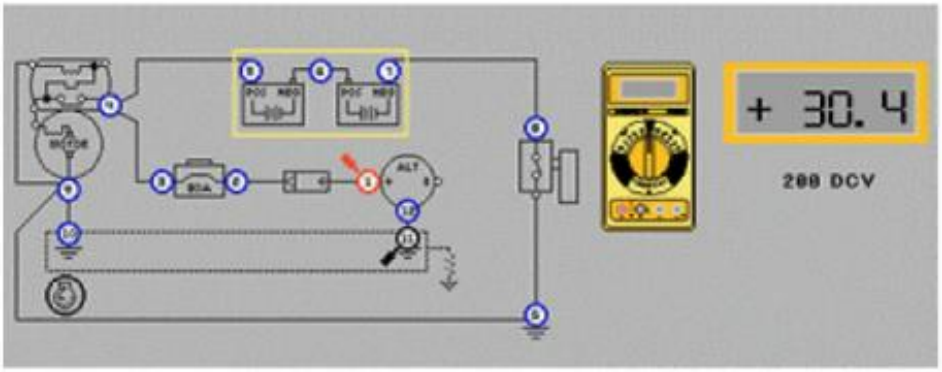



**Figura 190**

**Alternador está entregando un voltaje mayor a la norma. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

El voltaje alto es una advertencia de que se está produciendo una sobrecarga en las baterías. Investigue si observa que el voltaje de carga está por encima de la especificación. Si el voltaje está sobre 30, se debe resolver el problema inmediatamente para evitar posibles daños a las baterías (placas de la batería deformadas, chispas internas, explosión) y al regulador de voltaje.

## Corto circuito a tierra

Un corto circuito a tierra de 0,3 ohmios o menos en un sistema de 24 voltios entre el alternador y el disyuntor del alternador puede hacer que se dispare un disyuntor de 80 amperios (para proteger las baterías). Disyuntores de otras capacidades se dispararán a resistencias diferentes. La salida nominal total del alternador se desviará hacia el cortocircuito a tierra.

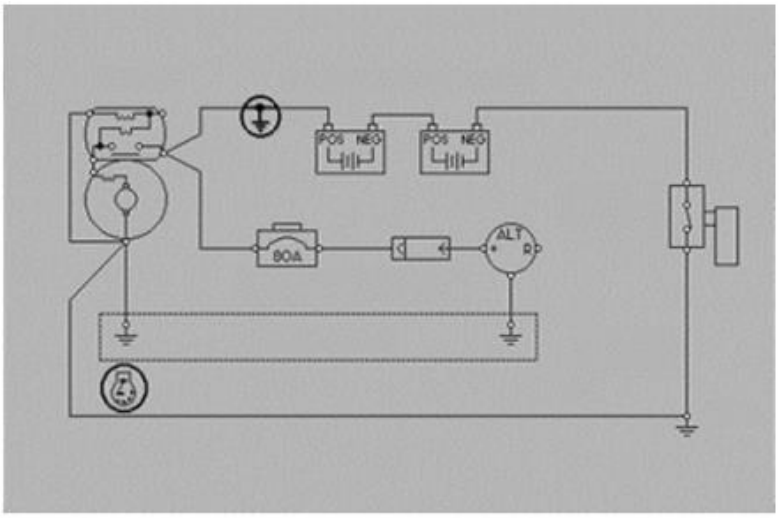



**Figura 191**

**Circuito de carga con un corto circuito a tierra. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Un cortocircuito a tierra en cualquier cable fijado al borne positivo de la batería pone en cortocircuito a las baterías, las que pueden suministrar corrientes muy altas. La resistencia baja se define aquí como menos de 2,0 ohmios. Un cortocircuito a tierra de menos de 0,5 ohmios puede fundir el cable y quemar el aislante. Un cortocircuito a tierra con resistencia alta (2,0 ohmios o más) incrementará la carga del alternador, y con el motor en desconexión (off), descargará las baterías.

## Procedimiento de comprobación del circuito de carga

Esta sección describe el procedimiento de comprobación del circuito de carga . Usted puede utilizarlo para determinar si el sistema de carga está funcionando correctamente o no, y si no está funcionando correctamente, qué reparaciones son necesarias.

La comprobación del circuito de carga mide el voltaje y la corriente de salida del alternador bajo condiciones específicas. Existen cinco pasos para realizar la comprobación del circuito de carga:

### Paso 1

- Desconecte todos los accesorios eléctricos. Entonces, si las baterías no están todavía bajas de carga, descárguelas parcialmente.
- Conecte el DMM y el amperímetro de mordaza al circuito de carga.
- Arranque el motor (si es necesario arránquelo con cables de empalme), llévelo de inmediato a RPM altas con el motor en funcionamiento en vacío y observe la corriente y el voltaje de salida inicial del alternador.
- Haga funcionar el motor en vacío en alta mientras monitorea el voltaje y la corriente de salida del alternador.
- Conecte todos los accesorios eléctricos y observe el voltaje de carga.
- Desconecte todos los accesorios eléctricos.

Entonces, si el voltaje de circuito abierto de cada batería es mayor de 12,4 voltios:

- Con el combustible cortado, gire o intente girar el motor por 30 segundos.
- Espere 2 minutos para que se enfríe el motor de arranque.
- Si el motor giró normalmente los primeros 30 segundos, gire el motor 30 segundos por segunda vez.
- Deje enfriar el motor de arranque por 2 minutos.

### Paso 2

- Ajuste el DMM a 200 voltios de CC.
- Conecte el cable rojo del DMM al terminal de salida positivo del alternador.
- Conecte el cable negro del DMM al terminal de tierra del alternador.
- Ajuste el amperímetro de mordaza a CC y coloque en cero el amperímetro.
- Coloque e amperímetro alrededor del cable de salida del alternador a 6" por lo menos del alternador para evitar interferencia electromagnética desde el alternador.

**Paso 3**

- Arranque el motor (utilice cables de empalme de ser necesario).
- Lleve el motor directamente a vacío en alta y observe de inmediato la corriente y el voltaje de carga inicial.

La corriente debe ser igual a la salida nominal completa del alternador por un corto tiempo y entonces debe comenzar a disminuir. Si las baterías tienen la carga completa, la corriente en vacío en alta se incrementará.

| Corriente | Tensión | | |
|---|---|---|---|
| | Por debajo de las especificaciones | Tensión de acuerdo a las especificaciones | Porencima de las especificaciones |
| Responde a las especificaciones en el arranque y se mantiene alta | Pruebe las baterías por SEHS7633, y pruebe de nuevo el alternador | Alternador bueno. Pruebe las baterías por SEHS7633 | Reparar el alternador (regulador en corte), pruebe las baterías por SEHS7633, verifique si existen daños. |
| Responde a las especificaciones en el arranque y se desacopla | Pruebe las baterías. Si están correctamente cargadas, repare el alternador (regulador defectuoso) | Correcto, continúe probando. Continúe al paso 5. | Repare el alternador (regulador defectuoso), pruebe las baterías por SEHS7633. |

**Tabla 2**

**La tabla muestra las lecturas de corriente y voltaje en el arranque y establece la respuesta adecuada para cada lectura. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Notas acerca de los resultados de la comprobación del arranque:

- La lectura de corriente de salida inicial debe realizarse inmediatamente después que las RPM del motor alcancen el vacío en alta. Unos pocos segundos de demora pueden disminuirla lectura.
- La corriente de salida del alternador debe estar dentro del 10% de la corriente nominal de salida mínima del alternador a las RPM específica del alternador. Si existe alguna duda de que el alternador que se está comprobando está funcionando a la capacidad nominal de RPM, puede hacer un estimado de las RPM del alternador utilizando la capacidad nominal de RPM del motor y el diámetro de las poleas del alternador utilizando la fórmula siguiente.
- RPM del Alternador = (Diámetro de la polea del cigüeñal dividido entre el diámetro de la polea del alternador) por la capacidad nominal de RPM del motor

- Las baterías deben haber sido descargadas parcialmente antes de la comprobación de acuerdo con las instrucciones. Si no han sido descargadas, es probable que no se alcance la capacidad nominal de corriente de salida.

| Sistemas de 24 Voltios | | | Sistemas de 12 Voltios | | |
|---|---|---|---|---|---|
| N/p | Régimen - Min. A/RPM | Tolerancia de Voltajes | N/p | Régimen - Min. A/RPM | Tolerancia d Voltajes |
| 8N8999 | 75 A-74/5000 | 27.5± 1.0 V | 9X6796 | 115A-107/5000 | 14.0± 0.5 V |
| 9G9538 | 50A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 9X9096 | 115A-107/5000 | 14.0± 0.5 V |
| 3T1888 | 50A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 9W1082 | 100A- 89/6000 | 14.0± 0.5 V |
| 6T7223 | 50A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 3E7872 | 85A- 77/5000 | 13.6± 1.0 V |
| 9G4574 | 35A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 7G7889 | 60A- 60/5000 | 13.6± 1.0 V |
| 7N9720 | 35A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 7T2876 | 55A- 55/5000 | 14.0± 0.5 V |
| 3T6352 | 35A-50/5000 | 27.5± 1.0 V | 8C5988 | 51A- 45/5000 | 14.2± 0.5 V |
| 6T1395 | 35A-50/5000 | 27.6± 1.0 V | 6T1396 | 51A- 45/5000 | 13.8± 0.5 V |
| 7T2095 | 35A-50/5000 | 27.6± 1.0 V | 7T2096 | 51A- 45/5000 | 13.8± 0.5 V |

**Tabla 3**

**Esta tabla de ejemplos de capacidades nominales típicas de los realternadores. Las especificaciones están dadas como ejemplos solamente. Consulte el manual correspondiente para conocer las especificaciones más recientes. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

**Paso 4**

- Continúe monitoreando el voltaje y la corriente de salida del alternador mientras está funcionando el motor a RPM de funcionamiento en vacío en alta por alrededor de 10 minutos.
- La corriente de carga después de 10 minutos debe ser de 10 amperios o menos, mientras el voltaje de carga debe estar dentro de los limites siguientes:

28,0 ± 1,0 voltios (sistemas de 24 voltios, 1991)

27,5 ± 1,0 voltios (sistemas de 24 voltios, 1990)

37,2 ± 1,0 voltios (todos los sistemas de 32 voltios)

14,0 ± 1,0 voltios (todos los sistemas de 12 voltios)

| Corriente | Tensión | | Respuesta |
|---|---|---|---|
| | Sistema de 24 V | Sistema de 12 V | |
| Responde a las especificaciones en el arranque y se mantiene alta | 29.5 V o más | 14.75 V o más | Detenga la prueba. Repare el alternador (regulador en corte), compruebe las baterías para detectar daños, pruébelas por SEHS7633. |
| | Por debajo de 29.5 V | Por debajo de 14.75 V | Verifique que los accesorios estén desconectados y que no haya cortocircuitos. Si todo está bien, proceda con el paso 4. |
| Responde a las especificaciones en el arranque y se desacopla | Por debajo de 29.5 V | Por debajo de 14.75 V | Correcto, continúe con las pruebas. Proceda con el paso 4. |
| Por debajo de las especificaciones | Por debajo de 27.5 V (1991) de 26.5 V (1998) | Por debajo de 13.75 V | Detenga las pruebas. Verifique la pérdida de una correa o polea propulsora. Si todo está bien, cambie el alternador |

**Tabla 4**

**La tabla presenta las respuestas adecuadas a lecturas diferentes después de 10 minutos de funcionamiento en vacío en alta. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Notas acerca de los resultados de la prueba "10 minutos de funcionamiento en alta en vacío

- El periodo de prueba de 10 minutos es un estimado del tiempo necesario para que la corriente de carga caiga por debajo de los 10 amperios y que el voltaje de carga se nivele. Si el sistema de carga está en óptimas condiciones puede que no sean necesarios los 10 minutos completos para alcanzar estas condiciones. Por Otro lado, en las baterías descargadas por completo es posible que se necesiten más de 10 minutos para que se estabilicen el voltaje y la corriente.
- Un voltaje de carga creciente que parece estar por encima de las especificaciones puede indicar una falla en el regulador de voltaje y requerir un período de prueba más largo para confirmarlo.
- Las especificaciones individuales del sistema pueden variar según la tolerancia del regulador de voltaje y la temperatura ambiente.

**Paso 5**

- Conecte todos los accesorios eléctricos y observe el voltaje de carga. Si el voltaje de carga se mantiene dentro de las especificaciones, el sistema de carga está bien.
- Si el voltaje de carga cae por debajo de las especificaciones, busque la causa. Las causas posibles incluyen:

- Muchos accesorios
- Baterías descargadas por completo
- Un cortocircuito

## Circuitos de arranque y su mantención

### Introducción

Toda máquina accionada por un motor diésel o de encendido por chispa tiene un sistema de arranque para hacer girar el motor de la máquina. Los tipos de sistemas de arranque que aquí se describen convierten la energía eléctrica de la batería en energía mecánica en el motor de arranque.

Si se presenta un problema en el sistema de arranque, ¡el operador debe llamar a un técnico de servicio inmediatamente!

Veamos los componentes del sistema de arranque  con detenimiento.

El interruptor de desconexión de la batería desconecta todos los circuitos eléctricos, incluyendo el circuito de arranque, del terminal negativo de la batería. Cuando este interruptor está desconectado, no llega energía a ningún circuito de la máquina.

Las dos baterías en serie de 12 voltios dan energía al motor de arranque y establecen un voltaje nominal del sistema de 24 voltios.

El interruptor de circuito limita la cantidad de corriente que puede fluir a través del circuito. Esto protege los cables y componentes del circuito en caso de un cortocircuito a tierra.

La llave de contacto permite que el operador encienda el motor a través del relé de arranque.

El relé de arranque permite que la relativamente poca corriente que fluye a través de la llave de contacto y la bobina del relé de arranque, controle la corriente moderada necesaria para activar el solenoide del motor de arranque. El relé también proporciona el paso de corriente más corto posible al solenoide de arranque.

Por su parte, el solenoide del motor de arranque permite que la corriente moderada que fluye a través de él controle la alta corriente necesaria para hacer girar el motor de

arranque. Primeramente, el solenoide del motor de arranque conecta al engranaje del piñón de arranque con el volante del motor, una vez conectado el engranaje del piñón, la corriente fluye a través del motor de arranque.

El motor de arranque hace girar el motor a una velocidad suficiente para que se encienda.

El conectar proporciona la conexión necesaria entre el mazo de cables y los componentes.

El mazo de cables conecta los diversos componentes eléctricos

## El circuito de arranque

Este es el circuito de arranque simplificado. Al igual que los componentes que ya usted vio, los componentes en este modelo de circuito de arranque realizan las siguientes funciones:

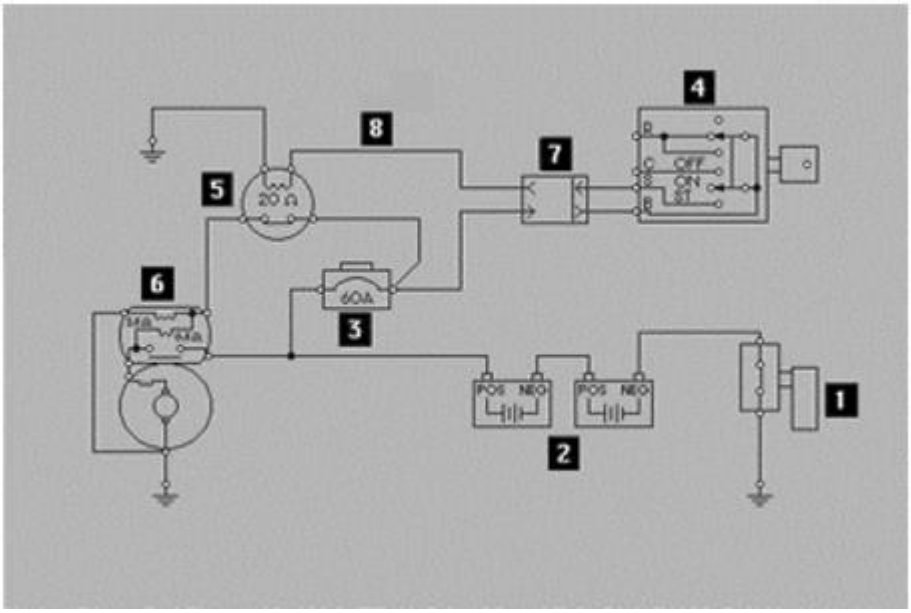



**Figura 192**

**Circuito de arranque de un vehículo. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

**1)** El interruptor de desconexión de la batería le permite desconectar manualmente las baterías de todos los circuitos de la máquina cuando no es necesaria ninguna energía. En la posición de desconexión (off), todos los circuitos están abiertos y no pueden tornar corriente de la batería.

**2)** Dos baterías de 12 voltios, conectadas en serie, establecen un voltaje nominal del sistema de 24 voltios y suministran corriente a los circuitos. Se proporcionan vías eléctricas paralelas a la llave de contacto, al relé de arranque y al motor de

arranque. El circuito de arranque sitúa una alta demanda en las baterías cuando hace girar el motor.

**3)** Un interruptor de circuito limita la cantidad de corriente que fluye a través de los circuitos de control del motor de arranque. Esto protege al mazo de cables y a otros componentes en caso de un cortocircuito.

**4)** La llave de contacto es un interruptor manual capaz de activar dos circuitos a la vez. Cuando se gira hacia el centro o la posición de conectado (ON), el interruptor activa el circuito principal de potencia. Cuando se gira hacia el final o posición de arranque (START), el interruptor también permitirá que la corriente fluya a través de la bobina del relé de arranque.

**5)** Cuando el relé de arranque es activado por la corriente que fluye a través de la bobina de él, los contactos del relé de arranque se cierran y permiten que la corriente fluya a través de las bobinas del solenoide de arranque.

**6)** El solenoide de arranque está montado en el motor de arranque. Juntos conforman el conjunto de arranque. Primeramente, el solenoide conecta el engranaje del piñón de arranque con el volante del motor y entonces permite que la corriente fin-ya a través del motor de arranque para hacer girar el motor.

El motor de arranque que es un potente motor eléctrico cuya única función es hacer girar el motor. Requiere de alta corriente para poder desarrollar la potencia necesaria que lleve al motor a la velocidad de encendido. El motor comparte una conexión a tierra con el solenoide de arranque.

**7)** Un conectar cierra el circuito entre la llave de contacto en la cabina del operador, y el relé de arranque junto con el disyuntor en el compartimiento del motor. Los conectares se usan normalmente entre la cabina y el motor para facilitar su ensamblaje en la fábrica así como su mantenimiento en el terreno.

**8)** Los niazos de cables trazan la vía de la electricidad y la conducen a los componentes del circuito.

**9)**

**Interruptor de desconexión de la batería**

El interruptor de desconexión de la batería:

- Facilita la localización de averías en el sistema eléctrico así como su mantenimiento al proporcionar un punto de desconexión adecuado.
- Impide que la máquina y todo el sistema eléctrico se operen sin autorización.
- Elimina la descarga lenta de la batería provocada por un equipo eléctrico. Cuando la máquina se va a guardar por más de un mes, el interruptor de desconexión debe estar abierto.

- Es un método rápido y adecuado de desactivar el sistema eléctrico de la máquina en caso de algún tipo de fallas en el sistema.

**Baterías**

Las baterías que no requieren mantenimiento proporcionan;

- Intervalos de mantenimiento mucho más largos (1000 horas las baterías de piorno originales eran de 100 horas).
- Alto amperaje de giro en frío (CCA) e índices de capacidad de reserva.
- Cubierta sellada para prevenir la contaminación y aumentar la resistencia de la caja.
- Caja de polipropileno muy ligera capaz de resistir fuertes impactos.
- Separadores de polietileno o PVC que resisten mejor la vibración y ofrecen mayor protección contra los cortocircuitos entre placas, que los separadores de papel.
- Placas ancladas en su base a la batería para resistir mejor la vibración.

**Disyuntor**

El disyuntor:

- Protege los cables de daños debido a corriente excesiva, y minimiza el tiempo improductivo corno los costos de mantenimiento.
- El disyuntor tolera altas corrientes transitorias asociadas con el encendido del motor eléctrico.
- Elimina la necesidad de reemplazar fusibles y posibles errores
- Aumenta la confiabilidad en el sistema de energía y disminuye su complejidad.
- Restablece el funcionamiento productivo de la máquina con más rapidez que los fusibles, mediante la función de reposición.
- Disminuye la posibilidad de tener que cambiar el valor de la protección contra la sobre corriente, como sucede cuando se reemplaza un fusible por otro que tiene una capacidad incorrecta.

## Llave de contacto

La llave de contacto:

- Se usa para controlar el relé de arranque para un arranque con llave adecuado.
- Impide que la máquina se opere sin autorización.
- Tiene una terminal de control que está en posición de conexión fon") cuando la llave de contacto está en posición de desconexión ("off"). Esto se utiliza por algunos controles electrónicos que necesitan conocer en qué posición está la llave de contacto.
- Proporciona una desconexión ("off") del motor conveniente por parte del operador en las máquinas equipadas con parada electrónica del motor, sistema de extinción de incendios, o inyección por unidad electrónica (EUI).

## Relé de arranque

El relé de arranque proporciona:

**Figura 193**

**Relé de arranque. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Arranque de llave fácil y conveniente.
- También proporciona larga vida útil de la llave de contacto al utilizar baja corriente para darle energía a la bobina del relé, para controlar la corriente moderada que requiere el solenoide de arranque.
- También facilita la localización de averías y el mantenimiento a través de diseños comunes.

## 3.8 Motor de arranque

El motor y el solenoide de arranque:

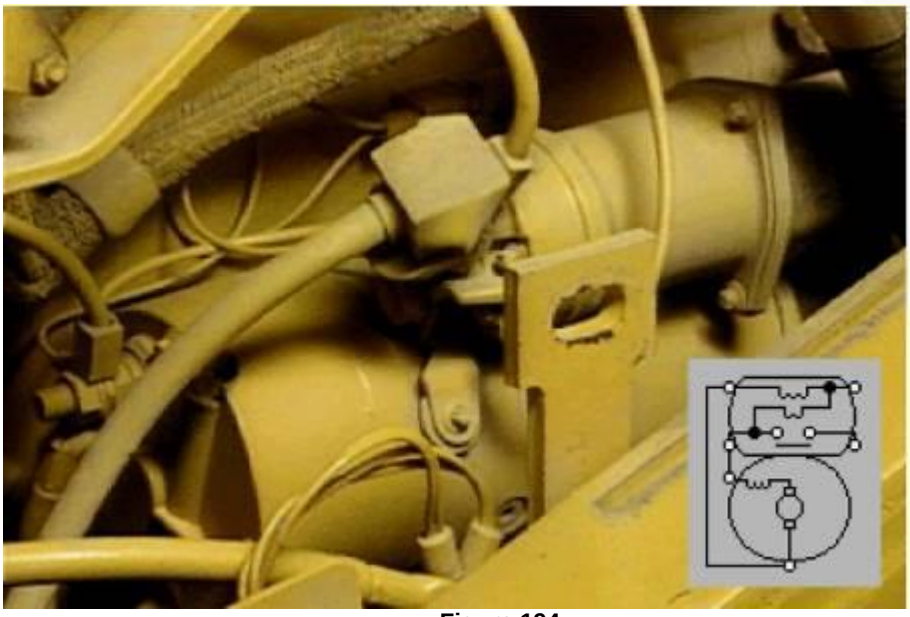


**Figura 194**

**Motor de arranque (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Tienen capacidad para proporcionar suficiente velocidad al motor para arrancarlo aun en temperaturas extremas.
- El motor y el solenoide de arranque están diseñados para el servicio pesado y son capaces de soportar las rigurosas condiciones de trabajo típicas de los equipos pesados.
- Están típicamente conectados a tierra con un borne y un cable separados en lugar de una caja a tierra, lo cual asegura una buena conexión a tierra.

### Conector

Los conectores proporcionan:

- Rápida localización de averías y mantenimiento del sistema eléctrico a través de convenientes puntos de desconexión.
- Procedimientos de ensamblaje de la máquina más lógicos y fáciles.
- También está probada la protección de los contactos y enchufes de los conectores contra el fango, aceite y otros contaminantes.

## Mazos de cables

El calibre del cable se selecciona de acuerdo con la capacidad nominal del fusible asociado o del disyuntor. Con ello se evita la destrucción del cable o del aislador debido a una sobre corriente antes de que se queme el fusible o el disyuntor se dispare.

Los mazos de cables proporcionan además la ventaja de la malla de nailon trenzado que protege a los cables de la abrasión, y reduce la posibilidad de cortocircuitos. La malla y e aislador son resistentes a todos los fluidos del motor como los del vehículo en todos los rangos de temperaturas de operación.

Una ventaja adicional de los mazos de cables es:

- Los puntos de desgaste de los mazos disminuyen gracias a un tendido de los mazos bien diseñado y un uso efectivo de los eslabones de cadena, la envoltura de atadura y las presillas empernadas para el tendido general y un conducto de acero para el tendido del cable de la batería.
- Los mazos de cables también contribuyen a que el mantenimiento y la localización de averías se realicen con más rapidez y facilidad. Los números de los circuitos están estampados con calor en el aislamiento del cable, lo que combinado con el color del cable, relacionan cada mazo de cables con el diagrama eléctrico, mantenimiento a través de diseños comunes.

## Funcionamiento normal del circuito de arranque

Esta lección explica corno funcionan normalmente juntos los componentes del sistema de arranque para hacer girar al motor.

Con la llave de contacto en la posición de DESCONEXIÓN (OFF), no puede fluir corriente alguna en el circuito.

Cuando la llave de contacto está en la posición de CONEXIÓN (ON), proporciona energía al resto de los sistemas eléctricos de la máquina que no se muestran aquí. Pero ello no hace que el motor arranque.

El arranque se produce cuando la llave de contacto se coloca en la posición de ARRANQUE (START). Primero, la corriente fluye desde las baterías a través de la bobina del relé de arranque y regresa a las baterías.

La corriente que pasa a través de la bobina del relé de arranque produce un campo magnético que atrae al inducido del relé, cerrando los contactos del relé. La corriente puede fluir entonces desde las baterías a través de las bobinas del solenoide de arranque y regresar a las baterías.

En el momento en que se cierra e relé de arranque, ambas bobinas reciben voltaje en el punto de prueba 8. En ese instante fluyen cerca de 46 amperios a través de las bobinas

del solenoide de arranque. Unos 6 amperios fluyen a través de la bobina de retención de corriente directamente a tierra. Cerca de 40 amperios fluyen a tierra a través de la bobina tomacorriente a través del enrollado del motor de arranque.

Estas corrientes producen un campo magnético alrededor del solenoide de arranque, el que mueve al piñón de arranque para engancharse al volante del motor y al mismo tiempo cierra los contactos del solenoide de arranque. Esto conecta directamente al motor de arranque a las baterías y al voltaje en ambos extremos de la bobina tomacorriente. La corriente continua fluyendo a través de la bobina de retención de corriente para conservar el campo magnético y mantener los contactos cerrados durante el giro.

A partir de este momento la corriente puede fluir a través del motor de arranque desde las baterías, y comienza el giro del motor. El giro continuará hasta que se corta la energía al conjunto del motor de arranque al colocar el interruptor de arranque en la posición de CONEXIÓN (ON).

A través de esta secuencia de acción, este circuito de arranque permite que fluya a través de la llave de contacto, una corriente de cerca de 1 amperio para controlar una corriente de giro de 400 a 1200 amperios a través del motor de arranque.

Este es el flujo normal de corriente en el circuito de arranque durante el giro del motor.

Observe que este circuito de arranque es en realidad un circuito en serie-paralelo con cuatro vías de corriente. Cada vía de corriente, o circuito, comienza en el POSITIVO (POS) de la batería (punto de prueba 1) y regresa al NEGATIVO (NEG) (punto de prueba 14) de la batería. ¿Puede usted seguirles la pista?

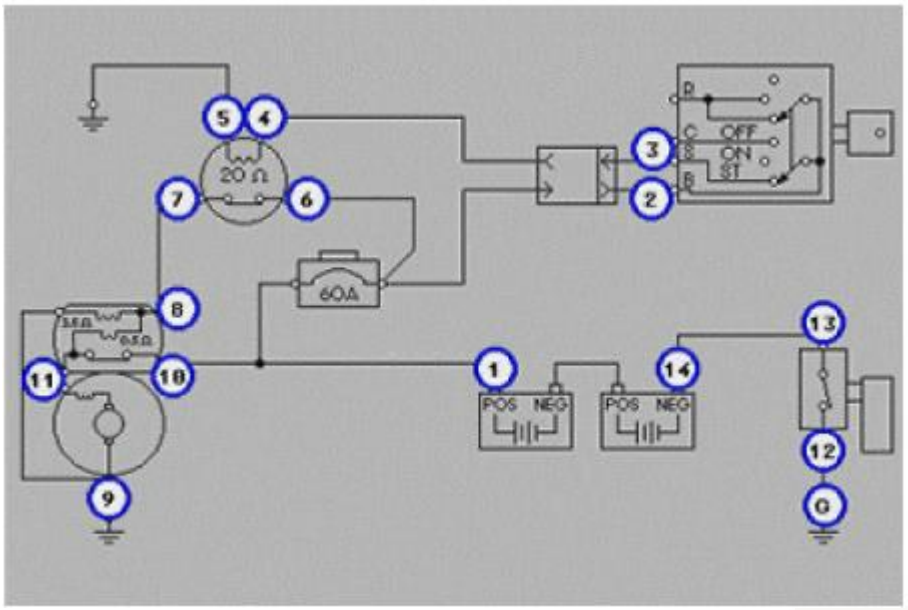



**Figura 195**

**Los puntos de prueba 1, 2, 3,4, 5, G, 12, 13 y 14 constituyen uno de los circuitos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

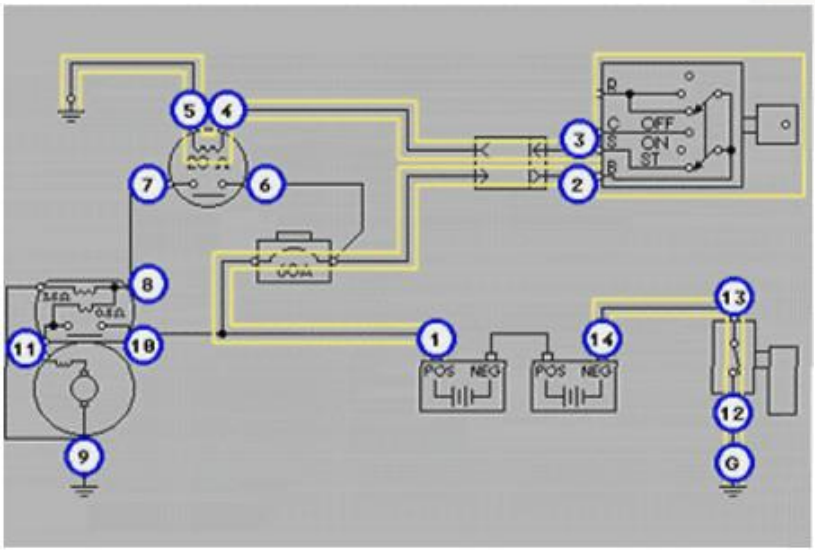
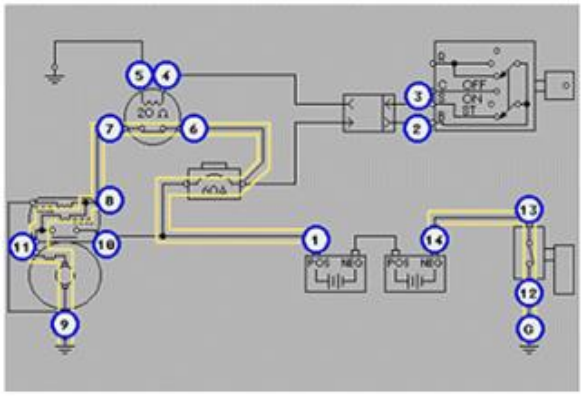



**Figura 196**

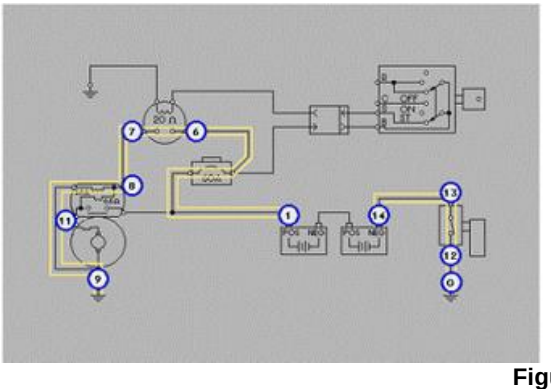
**Representación del circuito de prueba. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**




Los puntos de prueba 1, 6, 7, 8, 11, 9, G, 12, 13 y 14 forman un segundo circuito.

**Figura 197**

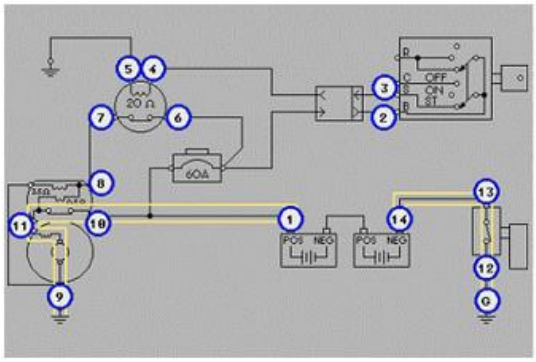
**Circuito con sus puntos de prueba. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**



Los puntos de prueba 1, 6, 7, 8, 9, G, 12, 13 y 14 forman un tercer circuito.

**Figura 198**

Figura 67. Circuito y sus puntos de prueba. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)



Los puntos de prueba 1, 10, 11, 9, G, 12, 13 y 14 forman un cuarto circuito.

**Figura 199**

Figura 68. Circuito y sus puntos de prueba. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Cuando la llave de contacto se coloca en la posición de ARRANQUE (START), el relé de arranque se cierra con un "chasquido" (click) que puede escucharse si no es ahogado por otro sonido. El solenoide de arranque hace su propio sonido característico cuando el piñón de arranque se engancha con el volante, y los contactos del solenoide se cierran.

Si el motor arranca normalmente, puede que usted no escuche esos sonidos sobre el ruido del motor. Pero ahora observe y escuche en la medida en que hacernos la acción más lenta para que los pueda escuchar.

Durante el funcionamiento normal usted puede escuchar al motor cuando gira y arranca. Pero puede que no le sea posible escuchar los "chasquidos" (clicks) del relé y del solenoide de arranque enganchándose. Estos sonidos están por lo general ahogados por el ruido del motor. Aun en condiciones anormales, cuando el motor no

gira, puede ser que no distinga el chasquido del relé de arranque del que produce el solenoide de arranque.

Si usted puede escuchar el chasquido del relé de arranque durante el funcionamiento anormal, es debido a que está colocado cerca de la llave de contacto. No obstante, en todas las máquinas esto no sucede así.

Además de utilizar los sonidos, usted puede comprobar también el flujo normal de corriente utilizando el DMM y el amperímetro de mordaza. Esto le permitirá confirmar que:

- Los componentes y las conexiones no están provocando una caída de voltaje excesiva
- Las baterías están dentro de las especificaciones.

**Mediciones de voltaje en el circuito de arranque**

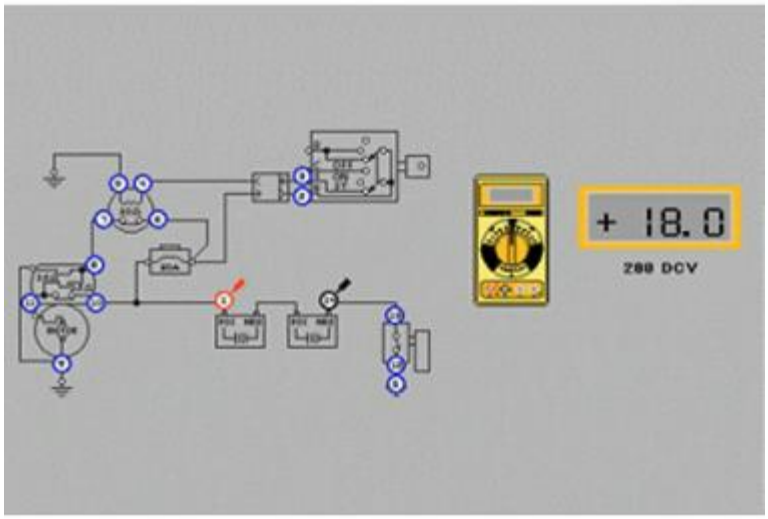



**Figura 200**

**Medición del voltaje en las baterías. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Durante el giro o mientras se produce el intento de giro, el voltaje a través de los bornes de la batería variará dependiendo de la temperatura ambiente, la temperatura del motor, la viscosidad del aceite del motor, el estado de la batería, el estado de los cables y las conexiones, y por último de la condición mecánica del motor. El voltaje durante el giro debe leerse de 16 a 20 voltios en un sistema de 24 voltios a 27 grados centígrados (80 grados Fahrenheit).

## Voltaje del sistema durante el giro

El voltaje de giro varía considerablemente con la temperatura ambiente debido a la capacidad reducida de la batería a temperaturas muy frías. Utilice esta tabla para interpretar las lecturas de voltaje del sistema durante el giro.

**VOLTAJE DEL SISTEMA TIPICO DURANTE EL GIRO**

| TEMPERATURA AMBIENTE | SISTEMA DE 24 VOLTIOS | SISTEMA DE 12 VOLTIOS |
|---|---|---|
| 27°C (80°F) | DE 16 A 20 VOLTIOS | DE 8 A 10 VOLTIOS |
| 16°C (60°F) | DE 15 A 19 VOLTIOS | DE 7,5 A 9 VOLTIOS |
| 2°C (35°F) | DE 14 A 18 VOLTIOS | DE 7 A 9 VOLTIOS |
| -12°C (10°F) | DE 13 A 17 VOLTIOS | DE 6,5 A 8,5 VOLTIOS |
| -23°C (-10°F) | DE 12 A 16 VOLTIOS | DE 6 A 8 VOLTIOS |

**Figura 201**

## Caídas de voltaje

Durante el giro o el intento de giro, las caídas de voltaje a través de los interruptores, contactos, cables, alambres y conexiones en el circuito no deben sobrepasar el mínimo permitido. En circuitos que extraen mucha corriente, aun una pequeña resistencia puede dar lugar a una pérdida de energía significativa.

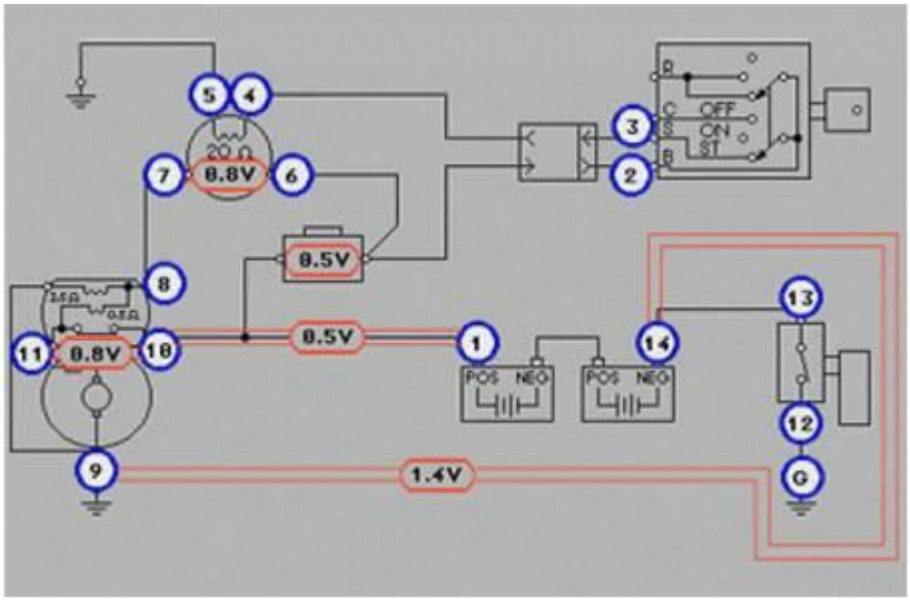



**Figura 202**

**Caídas de voltaje en distintos puntos. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Estas son las caídas de voltaje máximas permisibles en un circuito de arranque de 24 voltios durante el giro o el intento de giro. Las caídas de voltaje máximas permisibles para los sistemas de arranque de 12 voltios son exactamente la mitad de las caídas de voltaje aquí mostradas.

**Mediciones de corriente en el circuito de arranque.**

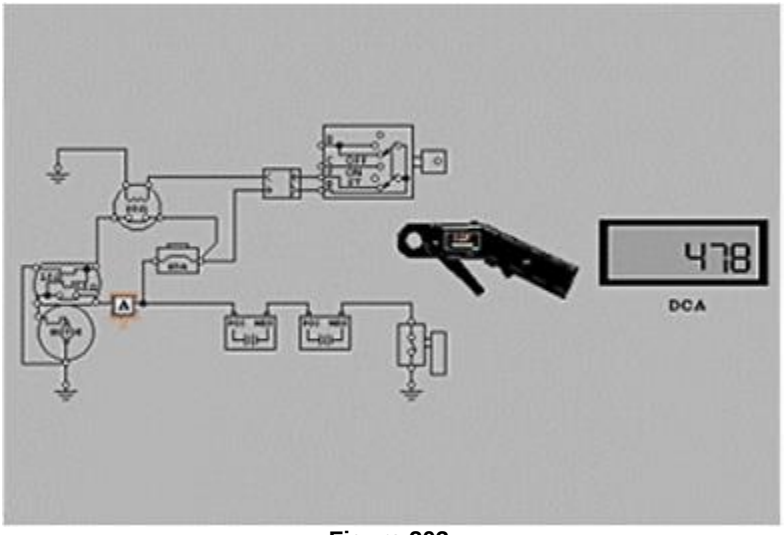



**Figura 203**

**Medición de corriente. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Durante el giro o el intento de giro, usted puede utilizar el amperímetro de mordaza para medir la corriente entre el terminal positivo de la batería y el motor de arranque. La extracción de corriente máxima permisible para un sistema de arranque de 24 voltios es de alrededor de 750 amperios, el valor exacto depende del tamaño del motor y de la capacidad nominal del motor de arranque. La corriente máxima permisible para un sistema de arranque de 12 voltios es de alrededor de 1200 amperios.

**Análisis del sistema de arranque.**

**Sonido - ausencia de sonido**

Mientras intenta hacer girar el motor, puede que escuche ciertos sonidos que indiquen que puede existir un problema en el circuito de arranque.

La ausencia de sonido cuando la llave está en la posición de ARRANQUE (START) es uno de los sonidos que le indican que puede existir un problema en el circuito de arranque.

No se escucha ningún sonido cuando la llave de contacto se coloca en la posición de ARRANQUE (START). Esta ausencia de sonido puede ser un indicio que:

- La bobina del relé de arranque está en mal estado.
- El relé de arranque no está recibiendo energía.
- Causas posibles de que el relé de arranque no esté recibiendo energía:
- Las baterías estén descargadas o con muy poca carga.
- Hay un circuito abierto debido a que:
    - El interruptor de desconexión de la batería tiene un circuito abierto.
    - El disyuntor tiene un circuito abierto.
    - Un cable de la batería está desconectado del borne.
    - Hay un conector desconectado.
    - Hay una falla en la llave de contacto.

**Sonido - un solo chasquido (click)**

Si el relé del arranque emite un chasquido (click) cuando la llave está en la posición de arranque (start) y no se escucha ningún otro sonido, puede que exista un problema en el circuito de arranque.

Cuando el relé de arranque emite un chasquido (click) con la llave en la posición de arranque (START), pero no se escucha ningún otro sonido. Nos sonido indica que existe un problema en una de las áreas siguientes:

- Contactos del relé de arranque.
- Solenoide de arranque.
- Motor de arranque
- Cables y conexiones
- Baterías (con poca carga)
- Contacto del tope de la corona con el piñón
- Motor o transmisión (atascados).

**Sonido - chirrido o chasquido repetido**

Puede existir un problema con el circuito de arranque si se escucha un chirrido o un chasquido repetido con la llave en la posición de arranque (start).

Un chasquido repetido o "chirrido" con la llave en la posición de arranque. Indica que el solenoide de arranque está recibiendo energía, pero puede que exista

- Una bobina de retención de corriente del solenoide de arranque con un circuito abierto.

- Bajo voltaje en el motor de arranque debido a poca carga en la batería.
- Una alta resistencia en el circuito (contactos o conexiones deficientes). Sonido - giro lento y respuesta demorada

Puede existir un problema con el circuito de arranque si el giro del motor es lento y de respuesta demorada.

Cuando el giro del motor es lento o tiene una respuesta demorada, el problema pudiera ser que:

- El motor de arranque tuviera:
    - Las escobillas o el inducido en mal estado.
    - Los devanados en cortocircuito parcial.
- estuviera atascado mecánicamente.
- El problema también pudiera ser de bajo voltaje en el motor de arranque debido a:
    - Baterías parcialmente descargadas.
- alta resistencia en el circuito.
- Otra posibilidad sería la existencia de un problema mecánico en el motor que ocasione un arrastre excesivo.
- Esta condición puede ser causada también por la combinación de aceite del motor de alta viscosidad y bajas temperaturas.

**Sonido - chirrido o choque**

Mientras se intenta el giro del motor, otro sonido que le indica que puede existir un problema con el circuito de arranque es un sonido de chirrido o choque entre los dientes del engranaje del piñón y los dientes de la corona. Este sonido puede indicar que:

- Se ha instalado una pieza incorrecta (posiblemente el piñón).
- Un espacio producido por un desajuste del piñón que ocasiona un enganche parcial del piñón con la corona.
- Montajes del motor de arranque sueltos o un piñón o una corona muy gastados.

**Sonidos**

Volvamos de nuevo a los sonidos que sugieren la existencia de un problema en el circuito de arranque. Algunos apuntan a un componente específico, mientras que otros tienen más de una causa posible.

- No se escucha ningún sonido cuando la llave está en la posición de ARRANQUE (START).

- El relé de arranque produce un chasquido cuando la llave está en la posición de ARRANQUE (START), pero no se escucha ningún otro sonido.
- Se oye un chirrido o chasquido repetido con la llave en la posición de ARRANQUE (START).
- El giro del motor es lento o tiene una respuesta demorada.
- Un sonido de chirrido o de choque entre los dientes del engranaje del piñón y la corona mientras se intenta el giro del motor.

## Análisis del sistema de arranque - fallas

Los problemas en los sistemas de arranque puede que se deban a una interrupción del circuito involuntaria, una resistencia en serie, un cortocircuito, o un cortocircuito a tierra en el circuito.

Los efectos de estas fallas pueden demostrarse en el mismo ejemplo de circuito de arranque ya utilizado para describir el funcionamiento normal.

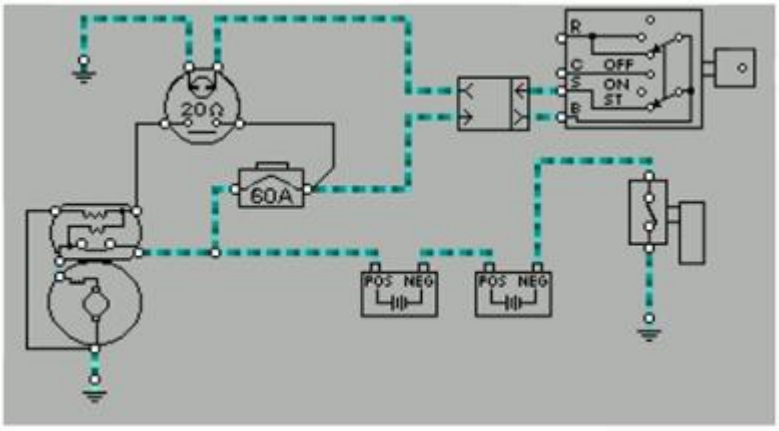



**Figura 204**

**Flujo de corriente del circuito de arranque. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

## Interrupción del circuito

En este ejemplo hay una INTERRUPCIÓN DEL CIRCUITO (OPEN) en la bobina del relé de arranque. Corno resultado, dejó de fluir la corriente en todo el circuito. Sin corriente, el relé y el solenoide de arranque no pueden cerrar y el motor de arranque no puede funcionar. Por lo tanto, el sistema no puede generar ningún sonido en absoluto con la llave en la posición de ARRANQUE (START).

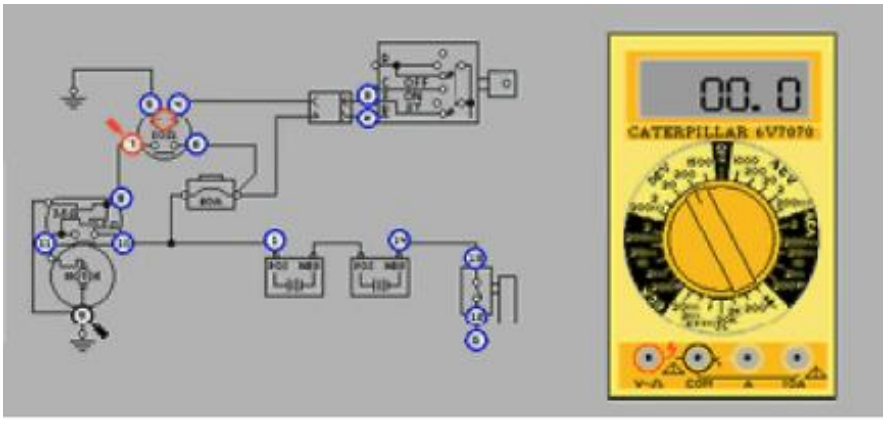



**Figura 205**

**Medición de voltajes en el relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Con el relé de arranque cerrado, el voltaje entre los puntos de prueba 7 y 9 (tierra) mientras se produce el giro debe ser de alrededor de 16 a 20 voltios. Con la bobina del relé de arranque abierta, el voltaje entre esos dos puntos debe ser de O (cero) voltios, en tanto los contactos del relé abierto aislarán las bobinas del solenoide del

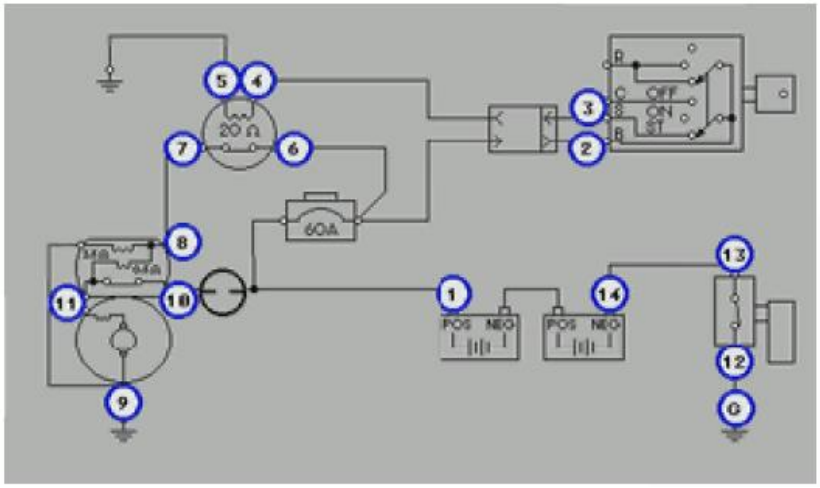



**Figura 206**

**Figura 74. Interrupción en un cable del circuito de arranque. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

**Voltaje del sistema.**

Aquí, se ha producido una interrupción en el cable del circuito del motor de arranque, justo a la derecha del punto de prueba 10. Con esta falla, cuando la llave de contacto se coloque en la posición de ARRANQUE (START) habrá un "chasquido" (click) audible desde el relé y el solenoide de arranque, pero el motor no efectuará el giro.

## Resistencia

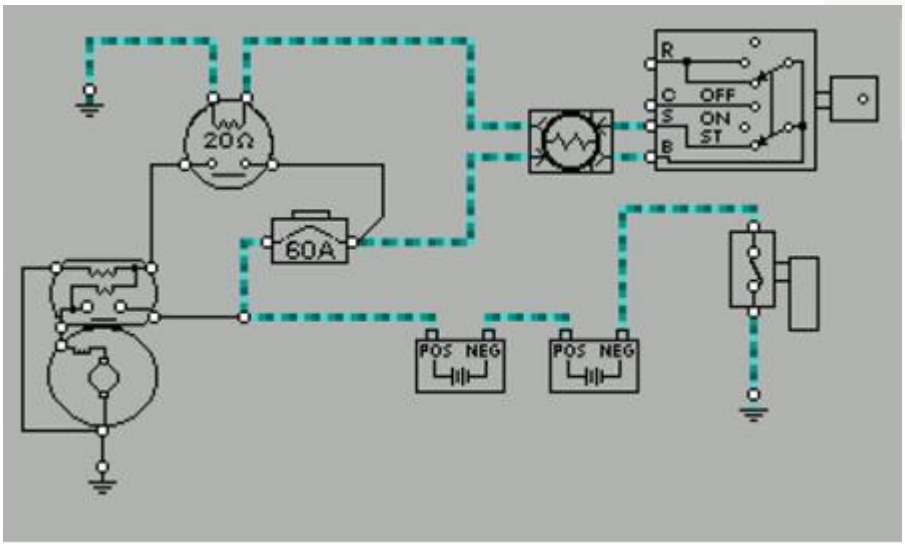



**Figura 207**

**Circuito de corriente hacia el relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

En este circuito, debido a la corrosión, ha ocurrido una falla de resistencia en el conector. En tanto cae el voltaje de la batería durante el giro, la falla disminuye la corriente en el cable que va a la bobina del relé de arranque, hasta el punto que la bobina no puede continuar sosteniendo los contactos. Cuando estos se abren, la bobina del solenoide pierde energía, los contactos del solenoide se abren, y el motor de arranque detiene el giro del motor.

Una resistencia de 72 ohmios entre la espiga y el enchufe en el conector, reduce el flujo de corriente a través de la bobina del relé de arranque desde los 1.0 amperios normales hasta 0,25 amperios. La resistencia hace que caiga el voltaje en la bobina (punto de prueba 5) a 5,0 voltios, y la bobina del relé no puede sostener por más tiempo los contactos. Como resultado, la vía de voltaje a las bobinas del solenoide se interrumpe y los contactos del solenoide se abren.

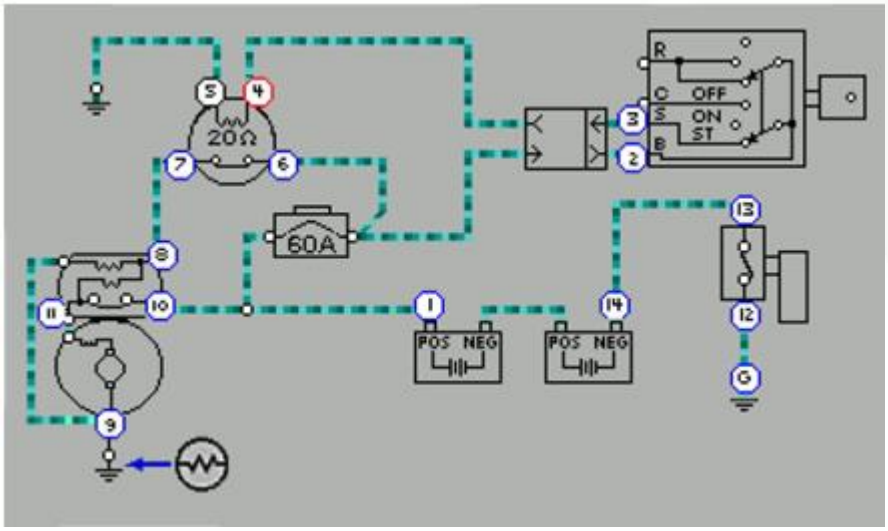



**Figura 208**

**Circuito con flujo completo de corriente y falla por salida a tierra antes del motor de arranque. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Otro ejemplo: Una falla de resistencia ocurre entre los puntos de prueba 9 (espárrago de tierra del motor de arranque) y tierra, y da lugar a que el motor gire con más lentitud de lo normal. Este es un problema común que puede ocasionarse por la corrosión, una conexión floja en uno o más lugares, o un daño físico. La resistencia incrementada aquí puede disminuir la velocidad o detener el giro por completo.

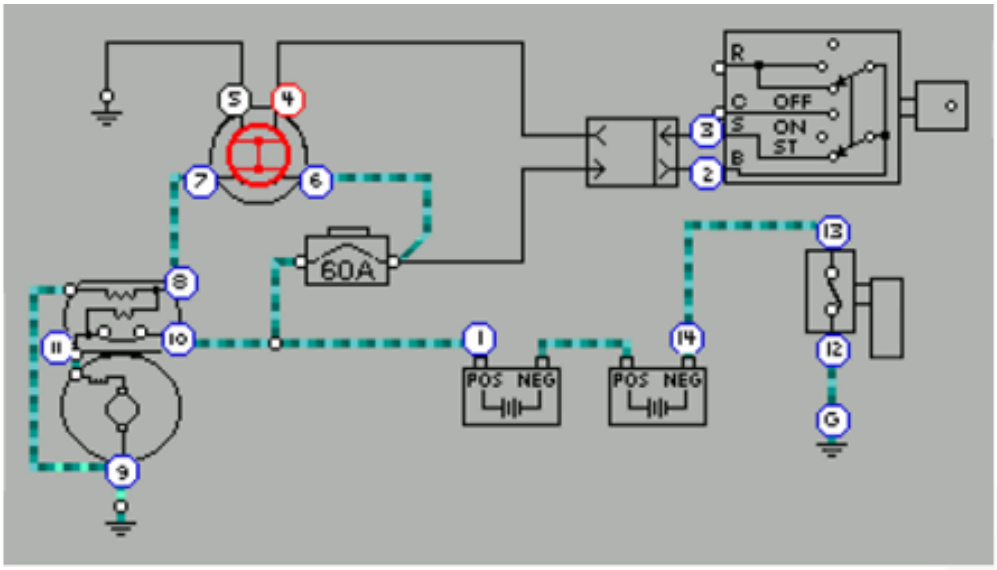



**Figura 209**

**Corto circuito por soldadura entre los contactos del relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

## Cortocircuito

Un cortocircuito en este circuito ha creado una vía de corriente involuntaria a través de los contactos del relé de arranque. Esto permite que la corriente fluya a la bobina de retención de corriente aunque se perciba que la bobina del relé de arranque está desactivada. Corno resultado, el motor de arranque continuará funcionando sin importar si la llave de contacto está en la posición de DESCONEXIÓN (OFF)o de CONEXIÓN (ON).

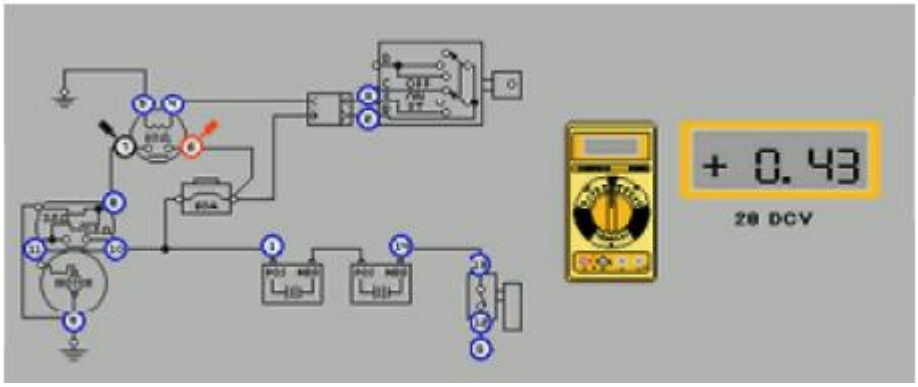



**Figura 210**

**Medición de los contactos del relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Normalmente, cuando la llave de contacto se abre, los contactos del relé de arranque se abren también, debido a que no está pasando corriente a través de la bobina del relé de arranque, terminal POSITIVO de la batería al terminal de la BATERÍA del motor de arranque

Usted debe recibir entonces una lectura del DMM de 25,2 voltios entre los puntos de prueba 6 y 7. En este caso la lectura es de 0,43 voltios, debido a que los contactos del relé de arranque están en cortocircuito.

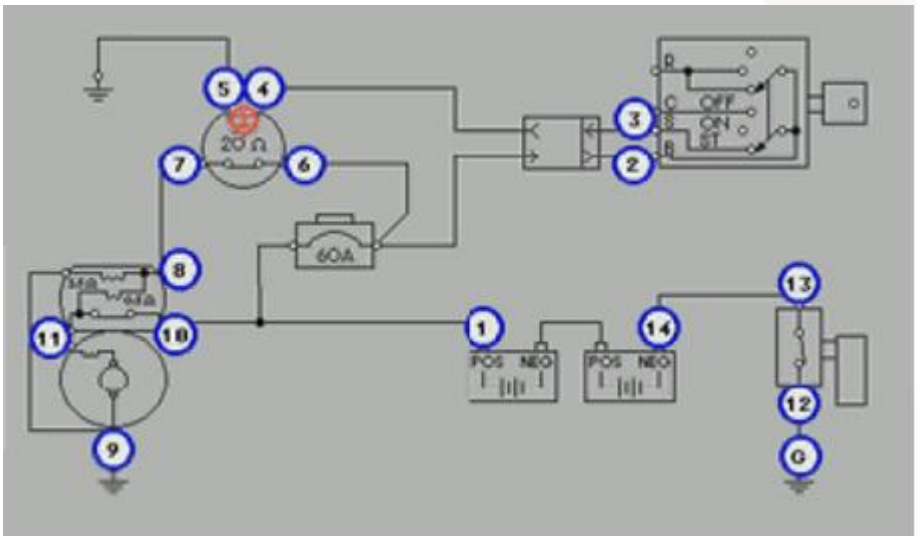



**Figura 211**

**Bobina del relé en corto circuito. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

En este circuito, la bobina del relé de arranque está en corto circuito. La llave de contacto está en la posición de arranque, pero los contactos del relé de arranque no pueden cerrar porque la bobina del relé de arranque ya no tiene la fuerza magnética necesaria. El cortocircuito crea también una vía para el regreso de la corriente a la batería, que dispara el disyuntor e inutiliza el circuito de arranque.

**Cortocircuito a tierra**

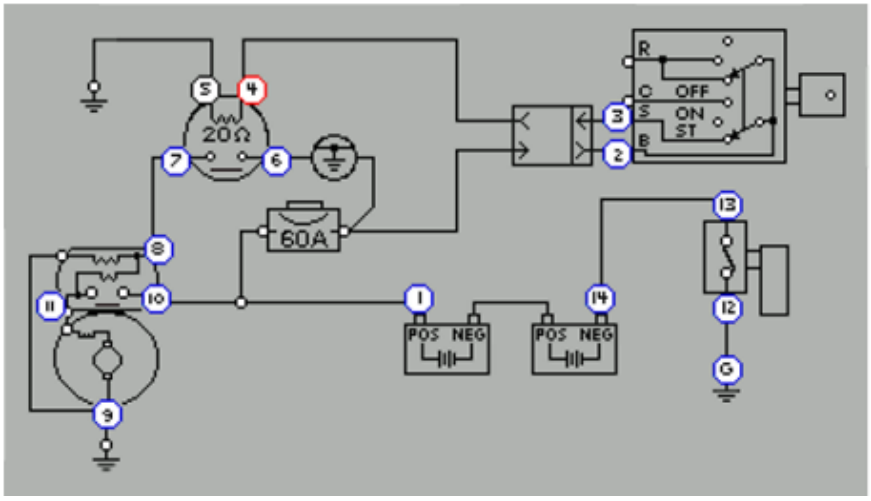



**Figura 212**

**Corto circuito a tierra entre el disyuntor y el relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

En este circuito, se ha producido un cortocircuito a tierra entre el disyuntor y los contactos del relé de arranque. Esta falla ha provocado que se dispare el disyuntor.

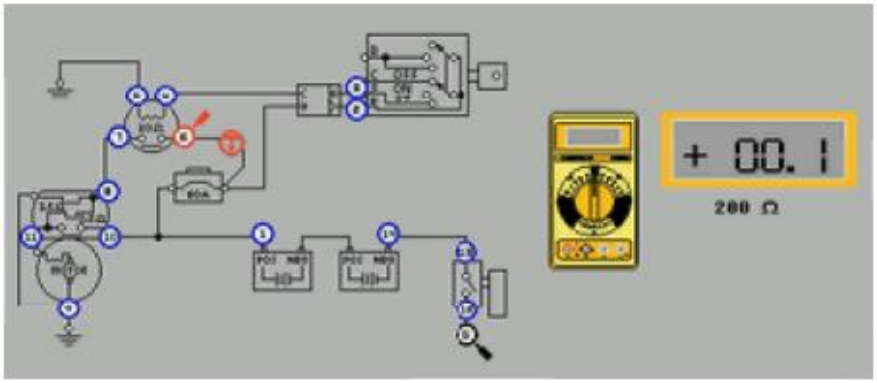



**Figura 213**

**Medición de la resistencia entre G y 6. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Con el interruptor de desconexión en la posición de DESCONEXIÓN (OFF) para realizar pruebas de resistencia, la lectura desde los puntos de prueba 6 al G (tierra) debe ser OL a causa de los contactos abiertos en el relé de arranque. No obstante, debido al cortocircuito a tierra entre el disyuntor y el punto de prueba 6, la resistencia entre el punto de prueba 6 y tierra está cerca de cero ohmios.

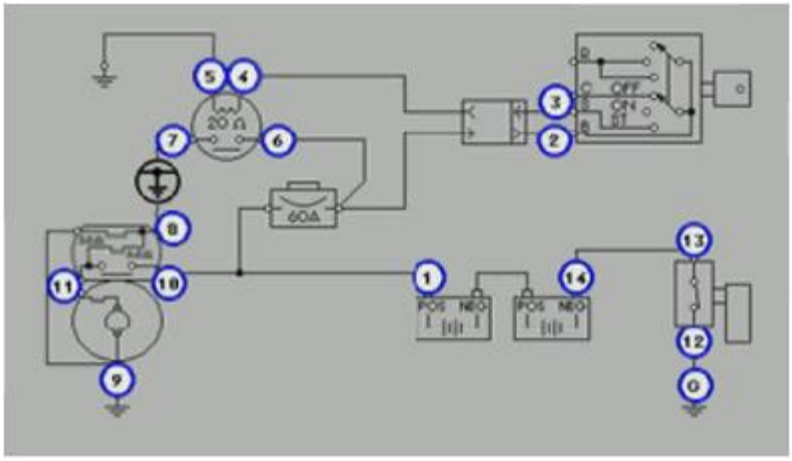



**Figura 214**

**Circuito a tierra entre el relé y el solenoide del arranque. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Este circuito tiene un cortocircuito a tierra entre los contactos del relé y del solenoide de arranque. Esta falla desvía la corriente de regreso directamente a las baterías desde el circuito del solenoide de arranque. Debido a la baja resistencia de este cortocircuito a tierra, el disyuntor se dispara y los contactos del relé de arranque se abren. El circuito de arranque está ahora inhabilitado por completo.

**Procedimiento para la comprobación del circuito de arranque**

La comprobación es una parte integral del diagnóstico de los problemas en el sistema de arranque.

Cuando el motor de arranque hace que el motor gire mucho más lento de lo habitual o no lo hace girar, hay tres comprobaciones que se utilizan comúnmente para aislar el problema:

- Medir el voltaje de la batería y la corriente del motor de arranque mientras el motor está girando o intenta girar.
- Medir la caída de voltaje a través del motor de arranque mientras el motor está girando o intenta girar.
- Comprobar la existencia de un atascamiento del motor u otros problemas mecánicos:

Prueba 1: Mida el voltaje de la batería y la corriente del motor de arranque mientras el motor está en giro:

Prepare el sistema para la medición:

- Ajuste el DMM a 200 VCC.
- Ajuste el DMM a la gama de 200 VCC.
- Conecte el cable negro de prueba al terminal NEGATIVO de la batería que conduce a tierra.
- Conecte el cable rojo de prueba al terminal POSITIVO de la batería.
- Instale un amperímetro de mordaza en el cable que va del terminal POSITIVO de la BATERÍA del motor de arranque.

Observe el voltaje de la batería y la corriente de giro mientras el motor está girando o intentando girar.

Si el voltaje de giro es menor que el voltaje de giro típico mínimo para el sistema, determine la causa del bajo voltaje de la batería. Las baterías bajas pueden estar dadas por una condición de la batería o por un motor de arranque en cortocircuito. Para informarse sobre el voltaje de giro típico mínimo en los sistemas de 12 y 24 voltios a varias temperaturas, revise la tabla en la próxima pantalla.

La capacidad de la batería disminuye en la medida en que la temperatura ambiente baja. Observe que el voltaje de giro típico mínimo para un sistema de 24 voltios, es de

15 voltios a una temperatura de 16 grados centígrados (60 grados Fahrenheit), y a -12 (menos 12) grados centígrados (10 grados Fahrenheit) es de 13 voltios.

Si la corriente de giro excede del valor máximo de la capacidad nominal de la corriente de giro del motor de arranque, suspenda la prueba y determine la causa. Las corrientes máximas típicas son de 750 amperios para un sistema de 24 voltios, y de 1200 a 1400 amperios para un sistema de 12 voltios. Si el voltaje y la corriente de giro son normales, realice la prueba 2.

Prueba 2: Mida la caída de voltaje en el motor de arranque mientras el motor está en giro.

Prepare el sistema para la medición:

- Ajuste el DMM a 200 VCC
- Conecte el cable rojo de prueba al espárrago "BATT (batería) del solenoide de arranque (NO en el terminal del cable).
- Conecte el cable negro de prueba al espárrago a tierra del motor de arranque (NO al terminal del cable).

Observe la caída de voltaje en el motor de arranque mientras el motor está en giro o intentando girar.

Si la caída de voltaje es mayor de 2 voltios por debajo del voltaje de giro de la batería determinada en la prueba 1, busque una caída de voltaje excesiva entre las baterías y el motor de arranque. Para informarse sobre la caída de voltaje máxima permitida en otros componentes del sistema de arranque, revise la tabla en la próxima pantalla.

CAÍDAS DE VOLTÁJE MAXIMAS PERMITIDAS MIENTRAS GIRA EL MOTOR

| UBICACIÓN | SISTEMA DE 24 VOLTIOS | SISTEMA DE 12 VOLTIOS |
|---|---|---|
| DEL BORNE NEG DE LA BAT AL BORNE NEG DEL MOTOR DE ARRANQUE | 1,4 VOLTIOS | 0,7 VOLTIOS |
| A TRAVÉS DEL INTERRUPTOR DE DESCONEXIÓN | 1,0 VOLTIOS | 0,5 VOLTIOS |
| A TRAVÉS DE LOS CONTACTOS DEL SOLENOIDE DEL ARRANQUE | 0,8 VOLTIOS | 0,4 VOLTIOS |

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Las caídas de voltaje mayores que las mostradas aquí son generalmente causadas por conexiones sueltas o corroídas, o por contactos de interruptores defectuosos.

Mientras el motor está en giro, la caída de voltaje máxima permitida del borne NEGATIVO de la batería al borne NEGATIVO del motor de arranque, es de 1,4 voltios en un sistema de 24 voltios y de 0,7 voltios en un sistema de 12 voltios.

La caída de voltaje máxima permitida mientras el motor está en giro en el interruptor de desconexión es de 1,0 voltios en un sistema de 24 voltios y de 0,5 voltios en un sistema de 12 voltios.

La caída de voltaje máxima permitida mientras el motor está en giro en el solenoide de arranque es de 0,8 voltios en un sistema de 24 voltios y de 0,4 voltios en un sistema de 12 voltios.

Si el voltaje de la batería y las caídas de voltaje del motor de arranque y de las conexiones de cables están dentro de las especificaciones, pero el motor no gira usando el motor de arranque, compruebe si hay problemas mecánicos que impiden que el cigüeñal gire realizando la prueba 3.

Prueba 3: Compruebe si el motor está atascado o existen problemas mecánicos

Trate de rotar el cigüeñal manualmente, con una herramienta de giro del motor.
Si el cigüeñal se resiste más de lo normal o no puede rotarlo en absoluto, es que el motor tiene un pistón atascado o existe algún otro problema mecánico que hay que reparar.

Si el cigüeñal rota libremente de forma manual pero aún gira débilmente con el motor de arranque, reemplace el motor de arranque.

## 3.9 Circuitos de luces y su mantención.

### Componentes del circuito de luces.

Cada máquina está equipada con un sistema de iluminación. Dependiendo del tipo de máquina, este sistema puede incluir reflectores, luces traseras, luces parpadeantes de alarma, luces del tablero, y luces indicadoras.

Observemos algunos de los componentes de un sistema de iluminación típico y cómo se conectan estos componentes entre sí.

El interruptor de desconexión de la batería le permite desconectar manualmente del circuito el terminal de las baterías cuando ello sea necesario.

Cuando el interruptor está en la posición de DESCONEXIÓN (OFF), se abren todos los circuitos y la corriente no puede ser extraída de la batería.

El motor de arranque recibe la energía de dos baterías de 12 voltios y establecen el voltaje normal del sistema.

Un interruptor disyuntor limita la cantidad de corriente que puede fluir a través del circuito.

El relé principal actúa como un interruptor abierto normalmente accionado por la corriente procedente de la llave de contacto.

Un fusible protege cada circuito de iluminación.

Se proporcionan uno o más interruptores para encender y apagar las luces.

Los mazos de cables dirigen la energía hacia las lámparas.

Un conectar que funciona para las dos lámparas facilita fabricar y dar mantenimiento al circuito.

Dos lámparas, conectadas en paralelo, utilizan la energía del circuito para producir luz.

**Circuito de iluminación.**

He aquí el circuito simplificado. Igual que el que acaba de ver, este sistema modelo de iluminación incluye los siguientes componentes:

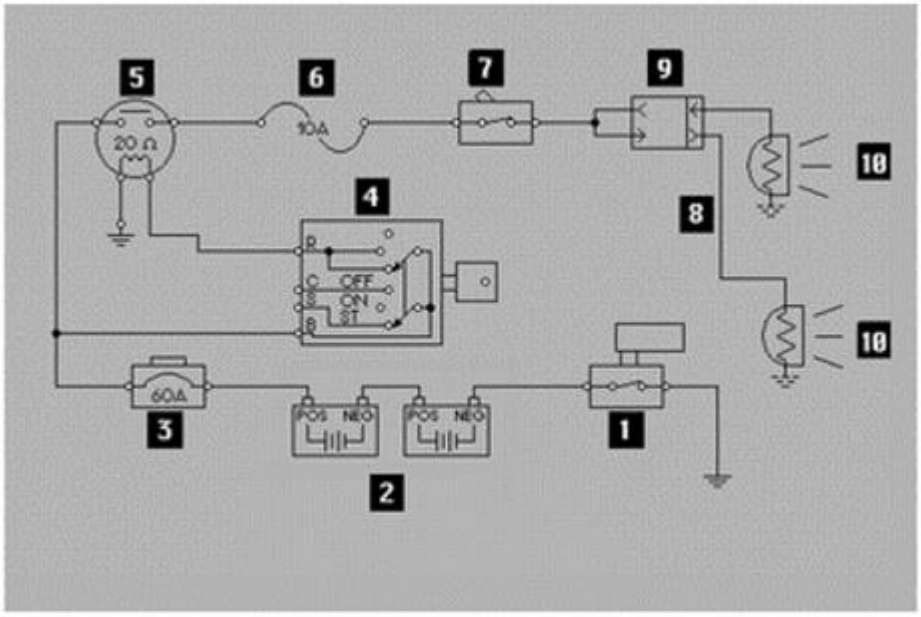



**Figura 215**

**Circuito simplificado de iluminación. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

1 El interruptor de desconexión de la batería, el cual abre la conexión del borne negativo de la batería a todos los circuitos eléctricos;
2 Baterías de 12 voltios, que proporcionan la energía al sistema de iluminación y establecen el voltaje normal del sistema;
3 Un disyuntor, que proporciona protección contra sobre corriente a los cables de distribución de energía;

4 Una llave de contacto;
5 Un relé que proporciona la ruta más corta para una corriente fuerte y la mantiene fluyendo a través de la llave de contacto;
6 Un fusible, que proporciona protección adicional a cada circuito en el sistema de iluminación;
7 El interruptor de las luces, que ofrece al operador el control de las luces;
8 Mazos de cables;
9 Un conector que dirige la energía hacia las luces; y
10 Dos reflectores.

**Interruptor de desconexión de la batería.**

El **interruptor de desconexión de la batería:**

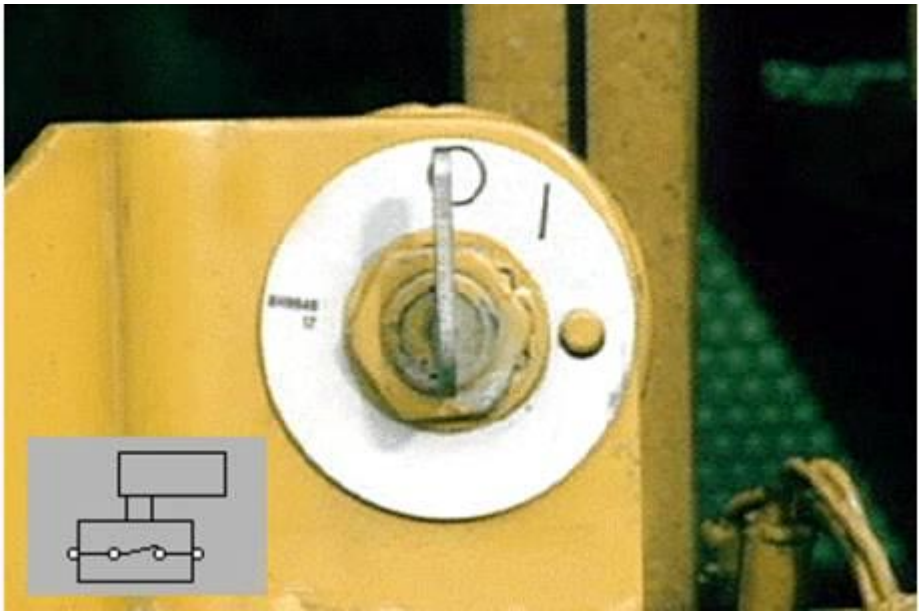


**Figura 216**

**Interruptor de desconexión de la batería. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Asegura todos los sistemas eléctricos y el vehículo contra una operación no autorizada
  - Alarga la duración de la batería, debido a que las cargas parásitas tales como la del regulador del alternador, están desconectadas durante el tiempo que el vehículo está inactivo.
  - El interruptor de desconexión de la batería:
  - Permite quitar rápidamente la energía de la batería a un motor de arranque que se pega para evitar daños a los mazos de cables e incendios en el vehículo

- Facilita una localización de fallas y un mantenimiento seguro del sistema eléctrico mediante el uso del útil punto de desconexión

**Baterías que no requieren de ningún mantenimiento.**

Las baterías que no requieren ningún mantenimiento proporcionan:

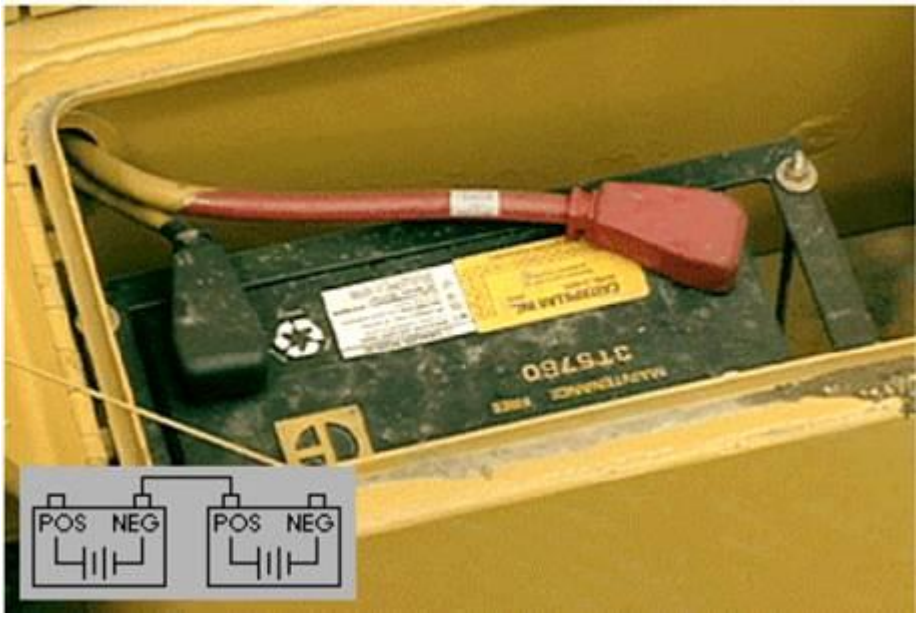



**Figura 217**

**Baterías en buenas condiciones. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Un alto amperaje de giro en frío (CCA) y regímenes de capacidad de reserva.
- Cubierta sellada con calor, para prevenir la contaminación e incrementar la resistencia de la caja.
- Caja de polipropileno de peso ligero y alta resistencia a los impactos.

Las baterías que no requieren ningún mantenimiento tienen:

- Separadores de PVC (cloruro de polivinilo) o de polietileno para una mejor resistencia a las vibraciones y una mejor protección contra los cortocircuitos que los separadores de papel.
- Elementos anclados, para una mayor resistencia a las vibraciones.
- Caja de mayor densidad, para una mayor resistencia a las vibraciones y ciclos profundos.
- Capacidad de inclinación de 45 grados, para ayudar a evitar los derrames causantes de corrosión durante las aplicaciones en terrenos irregulares.
- Las baterías que no requieren ningún mantenimiento tienen:

- Correa de plancha centrada y conectares de distribución directos que proporcionan la ruta eléctrica más corta para la potencia de arranque máxima.
- Rejilla de plomo troquelada resistente a los daños causados por el ataque de los ácidos, la sobrecarga y el desprendimiento excesivo de gases.
- Respiradero que reduce la posibilidad de explosión a partir de una chispa externa.

**Disyuntor**

El disyuntor:

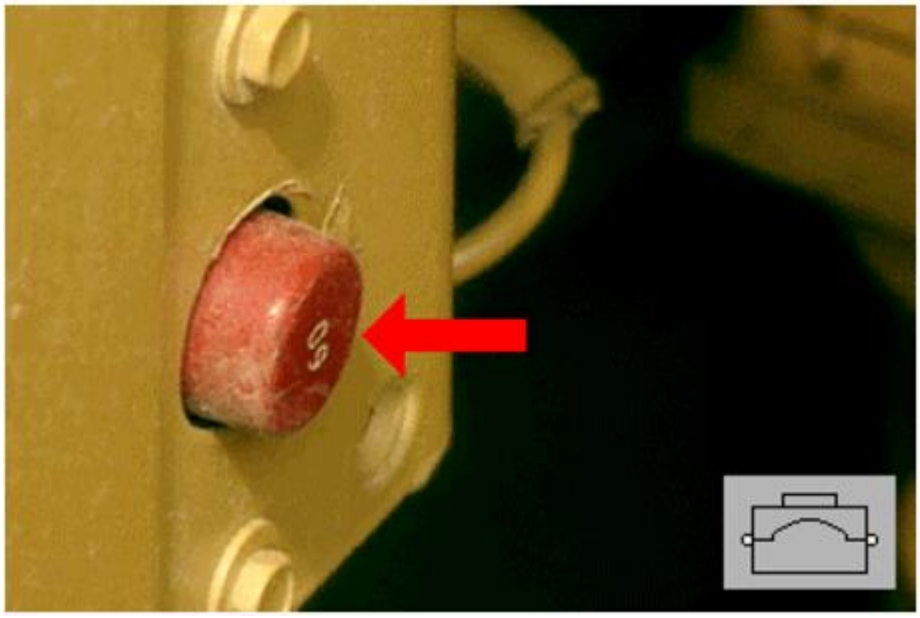


**Figura 218**

**Disyuntor (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Protege los cables del daño debido a altas corrientes, una causa directa de incendios.
- Tolera altas corrientes transitorias asociadas con arranques eléctricos del motor.
- Reemplaza diversos fusibles, para reducir la complejidad del sistema de energía y aumentar la contabilidad.
- Restablece al vehículo su funcionamiento productivo con más rapidez que los fusibles, mediante el empleo de una función de reposición.
- Disminuye la probabilidad de alteración del valor de protección contra sobre corriente, como sucede cuando se reemplaza un fusible con otro que tiene una capacidad incorrecta.
- Equilibra los requisitos de carga de la corriente, debido a la variedad de capacidades disponibles.

**Relé**

El relé  es más confiable que un interruptor debido a su rápida respuesta para abrir y cerrar el circuito.

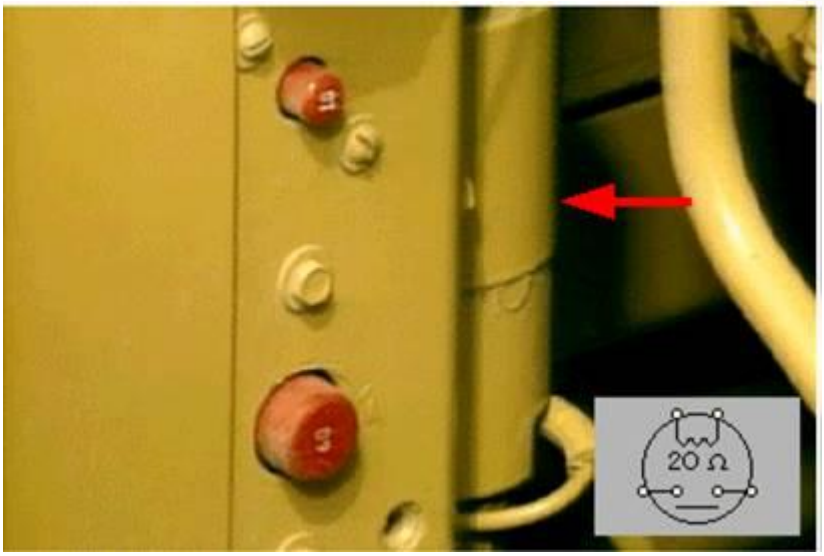



**Figura 219**

**Relé de interrupción de circuito. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Esta acción está relacionada con los requerimientos de carga empleados en un momento determinado.

## Fusible

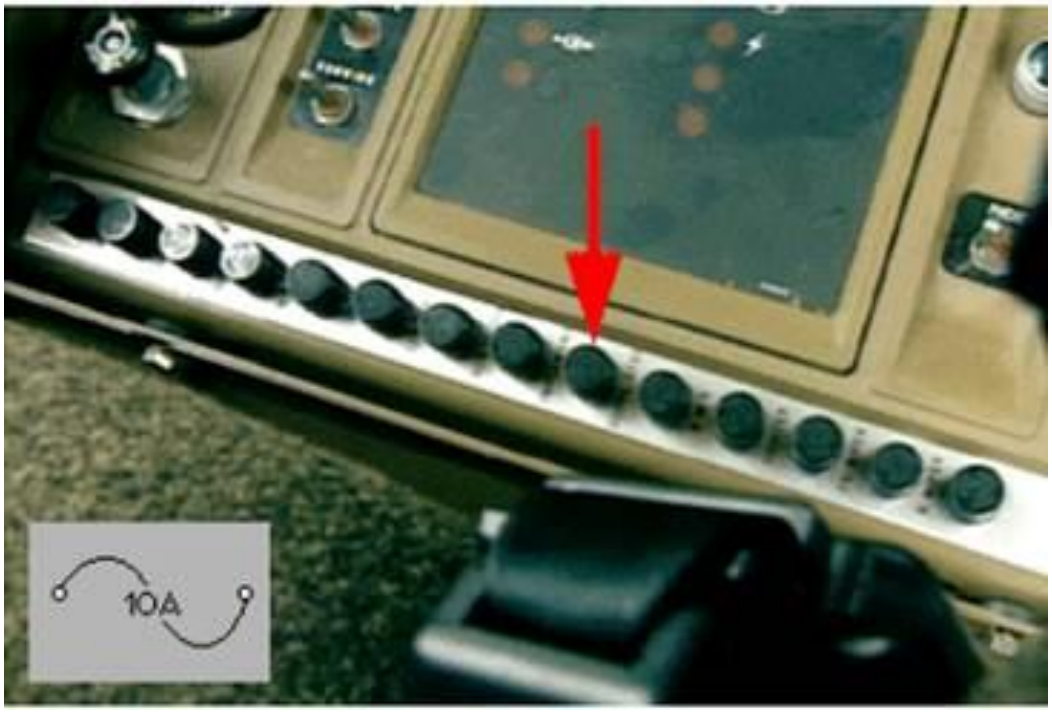



**Figura 220**

Sistemas de fusibles

El fusible:

- Protege contra sobre corriente, una causa directa de incendios.
- Protege contra daños en los cables causados por cortocircuitos directos a tierra.
- Su capacidad está de acuerdo con los requisitos de corriente para la carga suministrada por cada cable de distribución de energía.

## Interruptores

El interruptor brinda las siguientes ventajas:

**Figura 221**

**Interruptores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Servicio pesado por mucho más tiempo.
- Vida útil con un alto ciclo.
- Ambiental mente protegido.
- Uniformidad con otros sistemas, lo cual permite tener un inventario de piezas más reducido.

**Mazos de cables**

Los mazos de cable brindan:

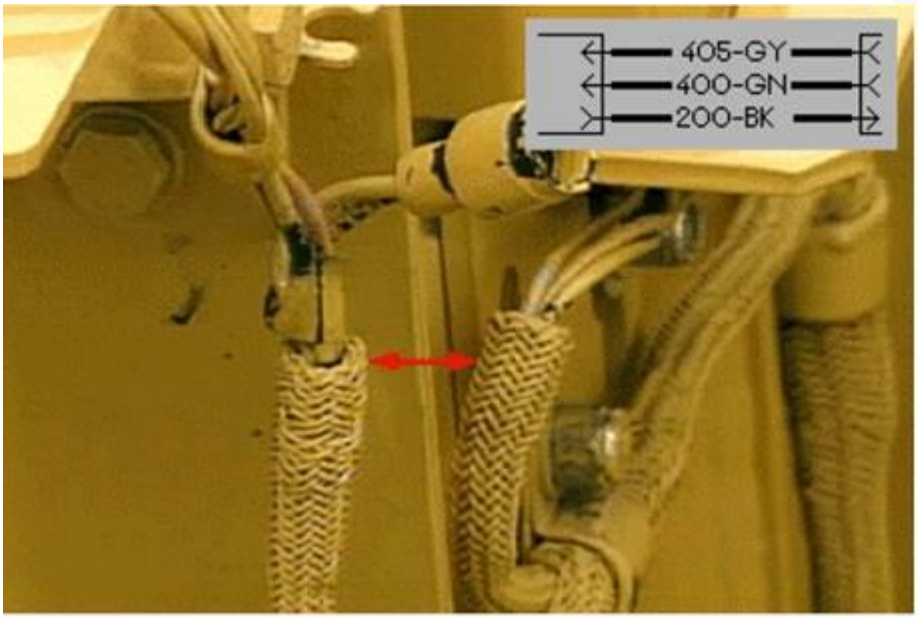



**Figura 222**

**Mazos de cables. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Selección del calibre del cable de acuerdo con la capacidad del fusible o del disyuntor principal que le suministra la energía.

Esta técnica evita que un cortocircuito a tierra destruya el aislamiento de un cable antes de que el fusible se queme o que el disyuntor se dispare.

Los mazos de cables tienen una cubierta de nailon trenzado que protege los cables contra la abrasión y reduce la posibilidad de cortocircuitos.

Este nailon trenzado es resistente a todos los líquidos del motor y del vehículo sobre la temperatura de funcionamiento del vehículo.

Los mazos de cables también brindan las siguientes ventajas:

- Reducción de los puntos de desgaste de los mazos de cables, una fuente potencial de incendios en el vehículo, mediante el control del recorrido con eslabones de cadena y envoltura de anclaje (recorrido general), abrazaderas empernadas (recorrido general) o conductos de acero (recorrido del cable de la batería).
- Mayor facilidad para la localización de averías y el mantenimiento mediante el empleo de los números del circuito estampados en caliente sobre el aislante del

cable, los cuales relacionan cada cable del mazo con el diagrama eléctrico, son otras ventajas de los mazos de cables.

## Conectores

Los conectores ofrecen convenientes puntos de desconexión para poder darle mantenimiento y localizar averías fácilmente y con seguridad en el sistema eléctrico.

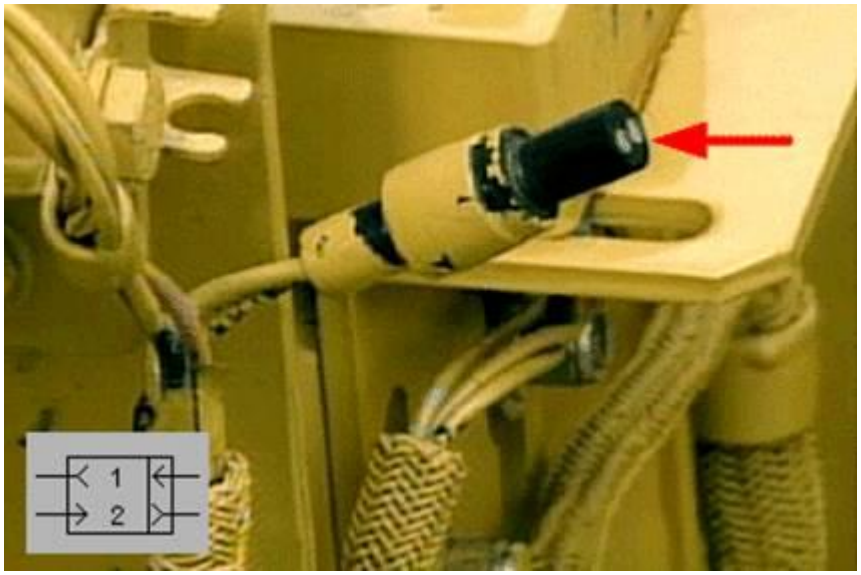



**Figura 223**

Conectores. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

**Reflectores de halógeno**

Los reflectores de halógeno  brindan las siguientes ventajas:

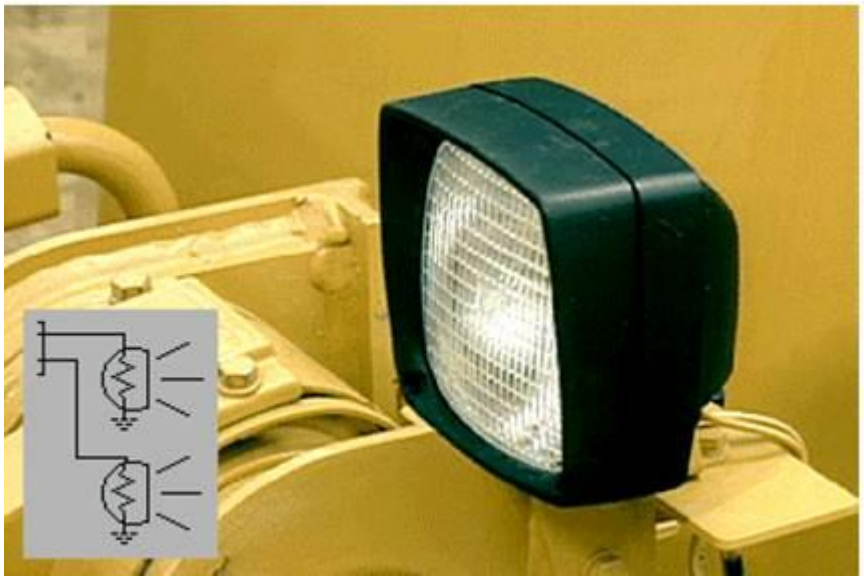


**Figura 224**

**Luces de alógeno. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Mayor eficiencia que las antiguas luces incandescentes, con 30 a un 35% más de luz a partir de la misma entrada de energía.
- Mayor visibilidad, producto de una salida de luz más blanca y brillante.
- Una salida constante a través de la bombilla durante toda su duración.
- La conveniencia de una bombilla pequeña, transportable y de bajo costo que sirve para todos los tamaños de reflectores.

## Llave de contacto

La llave de contacto  brinda las siguientes ventajas:

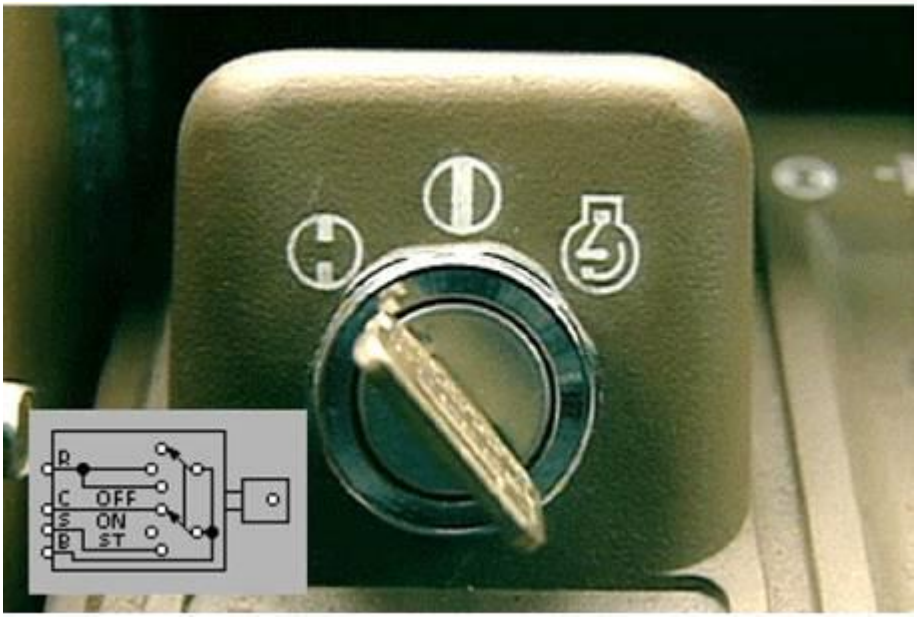



**Figura 225**

**Llave de contacto. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Alto régimen de corriente.
- Una terminal de control de 24 voltios para los controles electrónicos que necesitan saber la posición de la llave de contacto.
- Protección contra la operación no autorizada del vehículo.
- El operador puede efectuar la "desconexión" (off) del  motor en  las máquinas equipadas con módulos electrónicos de parada del motor.

**Operación normal del circuito de iluminación**

**Conexiones de los circuitos de iluminación**

Como sucede con muchos circuitos de iluminación de ., algunos componentes de este circuito están conectados en serie y otros en paralelo.

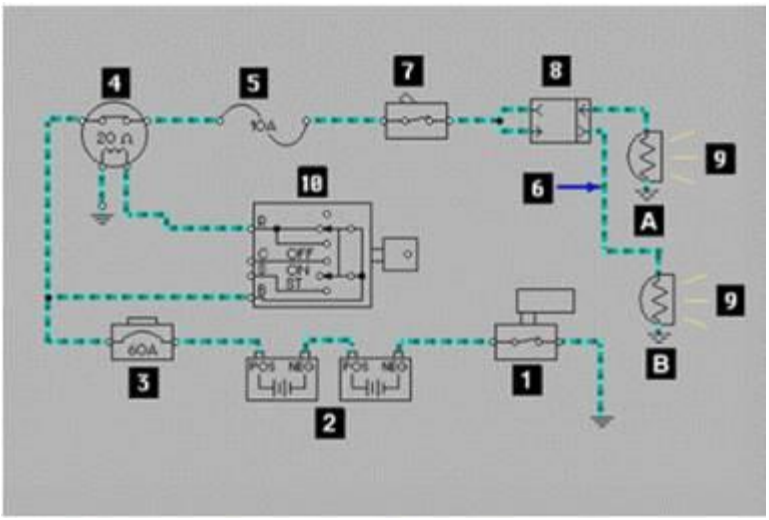



**Figura 226**

**Circuito esquemático del sistema de luces. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Las partes que conforman este circuito se identifican de la siguiente forma: interruptor de desconexión (1), baterías (2), disyuntor principal (3), relé principal (4), fusible (5), mazo de cables (6), interruptor de las luces (7), conector (8), reflectores (9) y llave de contacto (10).

## Conexión en serie

Estos componentes están conectados en serie. La corriente que fluye a través de ellos es una combinación de las corrientes que fluyen en las ramas en paralelo del circuito:

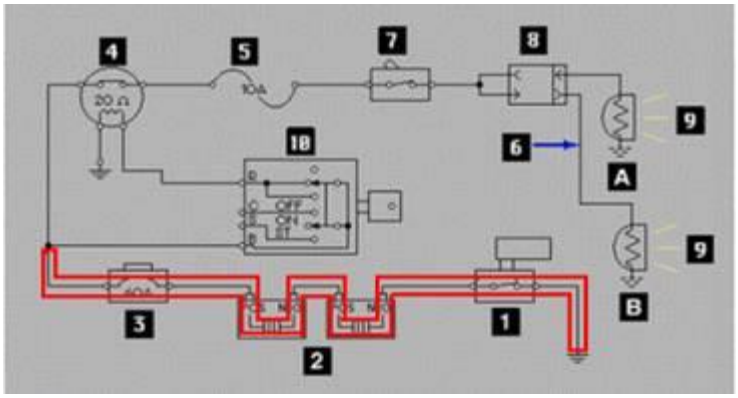



**Figura 227**

**Circuito conectado en serie. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

- Interruptor de desconexión
- Baterías
- Disyuntor principal

## Conexión en paralelo

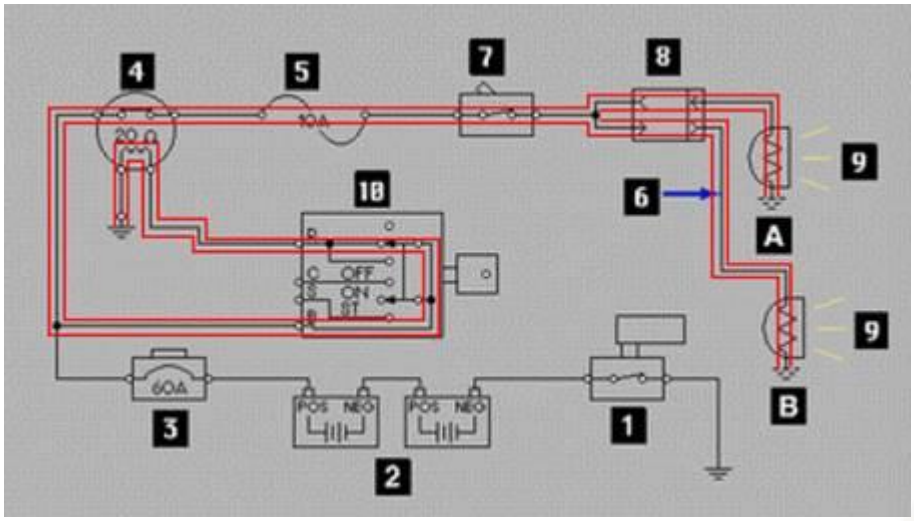



**Figura 228**

**Zona que se encuentra conectada en paralelo. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Estos componentes están conectados en paralelo. Dichos componentes ofrecen tres recorridos, o ramas, individuales a tierra para el flujo de la corriente. Cada rama

conduce una parte de la corriente total que fluye por el circuito. La suma de las corrientes de las ramas individuales es igual a la corriente que fluye por la parte del circuito que está conectada en serie.

- Relé principal
- Fusible
- Mazo de cables
- Interruptor de las luces
- Conector
- Reflectores
- Llave de contacto

## Flujo de electricidad

La corriente en este circuito de iluminación fluye desde el borne positivo de la batería a través de los componentes del circuito y tierra (bastidor de la máquina), hasta el borne negativo de la batería.

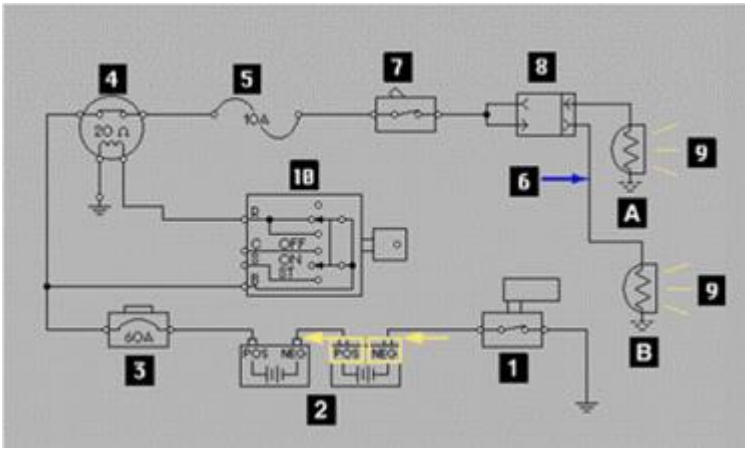



**Figura 229**

(Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Interruptor de desconexión
- Baterías
- Disyuntor principal
- Relé principal
- Fusible
- Mazo de cables
- Interruptor de las luces
- Conector
- Reflectores

- Llave de contacto

**Interruptores**

Para que cualquier corriente fluya por este circuito, los tres interruptores deben estar cerrados: el interruptor de desconexión de la batería, la llave de contacto y el interruptor de las luces. Si alguno de ellos está abierto, la corriente no fluirá.

El interruptor de desconexión de la batería controla la energía a todos los circuitos eléctricos en la máquina. Cuando está abierto, la corriente no puede fluir por el circuito de iluminación.

El relé principal controla la energía a todos los circuitos de las luces. Las máquinas que tienen varios circuitos de luces (reflectores, luces del techo, luces traseras/de parada) con frecuencia tienen interruptores individuales para controlar cada circuito. Sin embargo, a menos que el relé principal esté cerrado, la corriente no fluirá por ninguno de estos circuitos y ninguna de las luces se encenderá.

Este interruptor controla el flujo de corriente hacia los reflectores. En este circuito, aun cuando el interruptor de la llave de contacto y el de desconexión de la batería estén cerrados, no fluirá ninguna corriente a través de las bombillas a menos que el interruptor de las luces también esté cerrado.

Cuando los tres interruptores están cerrados, la corriente normalmente fluye tal como se muestra. El disyuntor principal, el relé principal, el fusible, el interruptor de las luces y los conductores de conexión forman un recorrido común. Después del interruptor de las luces, la corriente se separa en dos recorridos paralelos y fluye por los mazos de cables A y B, así como por los dos reflectores.

**Resistencia**

En condiciones normales, la cantidad de corriente que fluye por este circuito está limitada por la resistencia de los reflectores. La resistencia variará de acuerdo con la temperatura de los filamentos.

En este sistema de 24 voltios, la resistencia de estas luces mantiene la corriente total bien por debajo de los 10 amperios para los cuales está ajustado el fusible. Los demás componentes del circuito ofrecen poca o ninguna resistencia en condiciones normales de operación.

## Cortocircuito a tierra

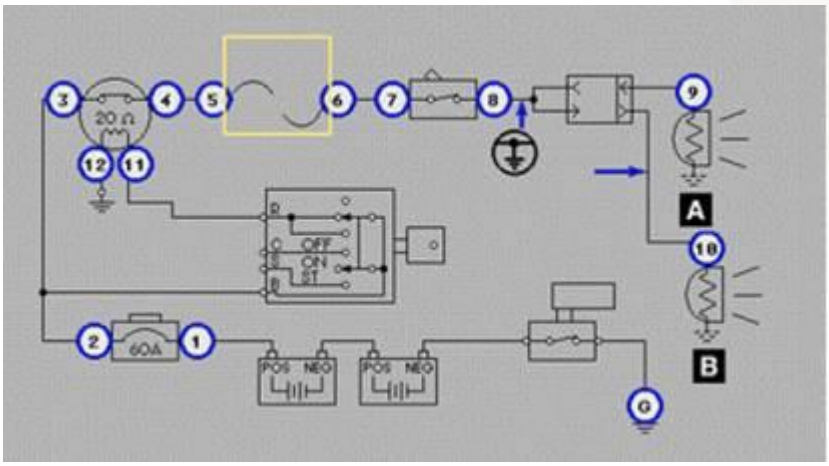



**Figura 230**

**Corto circuito a tierra. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Ciertos tipos de fallas en este circuito producirán un flujo de corriente mayor que lo normal. Aquí ocurrió un cortocircuito a tierra entre el interruptor de las luces y las luces. El fusible quemado realizó su función al evitar que continuara fluyendo una cantidad excesiva de corriente, lo cual hubiera dañado el circuito. Según la ubicación de la falla, el fusible o el disyuntor principal protegerán el circuito.

## Empleo del multímetro digital para encontrar las fallas

Puede utilizar el multímetro digital (DMM) para que lo ayude a determinar si el circuito de iluminación está funcionando normalmente.

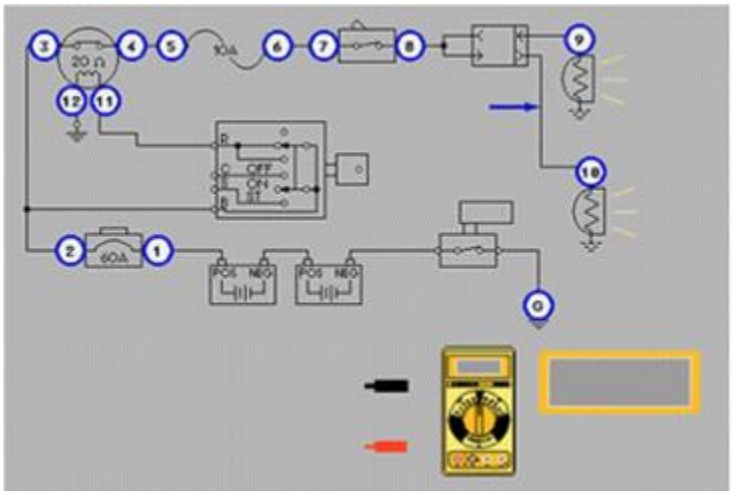


**Figura 231**

**Utilización del multímetro digital. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Para usar el DMM en este sentido, usted debe ser capaz de reconocer las lecturas normales y anormales del DMM.

## Caída de voltaje

Una de las mediciones más importantes que puede hacer es la de la caída de voltaje. Las mediciones de la caída de voltaje también a menudo requieren menos trabajo que otras mediciones:

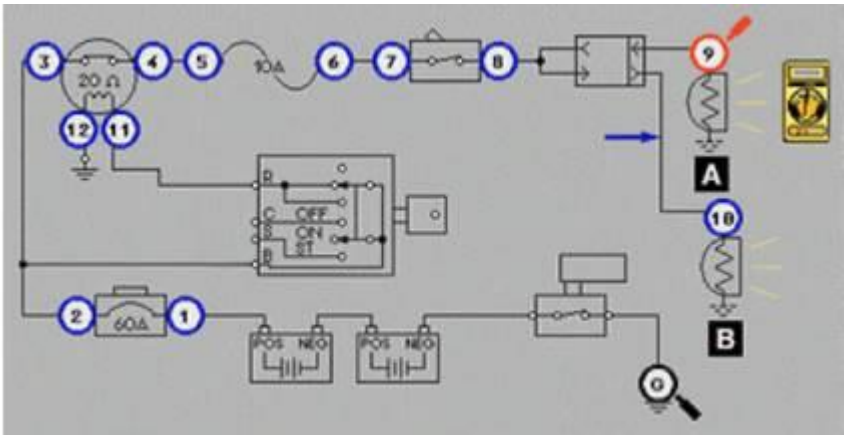



**Figura 232**

**Medición de caída de voltaje en la línea. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Por lo general pueden realizarse fácilmente en cualquier parte del circuito y no requieren que lo abra.

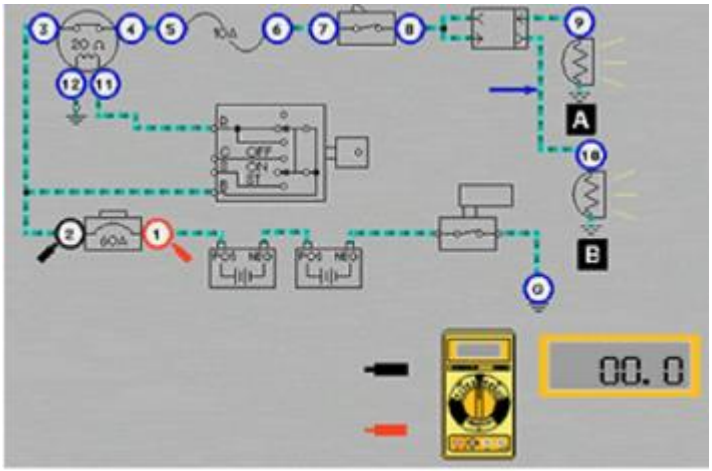



**Figura 233**

**Medición de la caída de voltaje entre los puntos 1 y 2. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Las lecturas de la caída de voltaje a través de los componentes en este circuito le informan si el circuito está funcionando normalmente o no.

La caída de voltaje es la diferencia en el potencial eléctrico, o voltaje, que resulta de la corriente que fluye por una resistencia. La caída de voltaje representa la pérdida de energía a través de una carga.

En este ejemplo, la caída de voltaje entre los puntos de prueba 1 y 2 es cero.

Una caída de voltaje de aproximadamente cero voltios a través del disyuntor principal con ambas luces encendidas indica que el funcionamiento del disyuntor es normal. La corriente fluye por el disyuntor, pero con poca o ninguna resistencia.

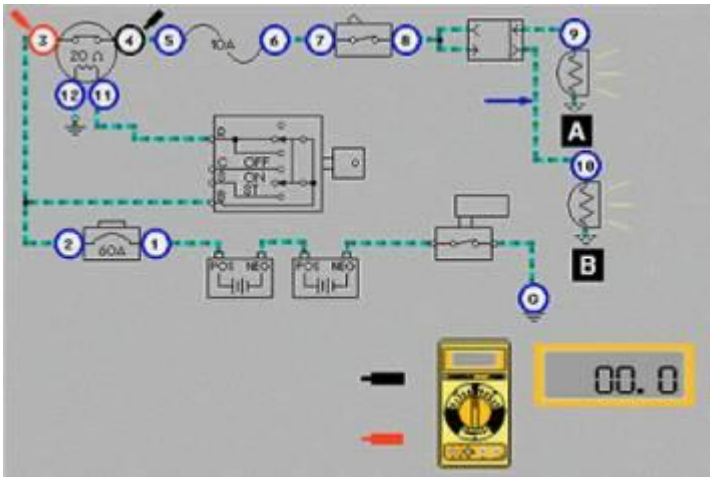



**Figura 234**

**Medición de caída de voltaje en el relé. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Del mismo modo, una caída de voltaje de alrededor de cero voltios a través del relé principal con todos los interruptores cerrados y ambas luces encendidas indica que el relé funciona normalmente.

La corriente fluye a través del relé y encuentra poca o ninguna resistencia.

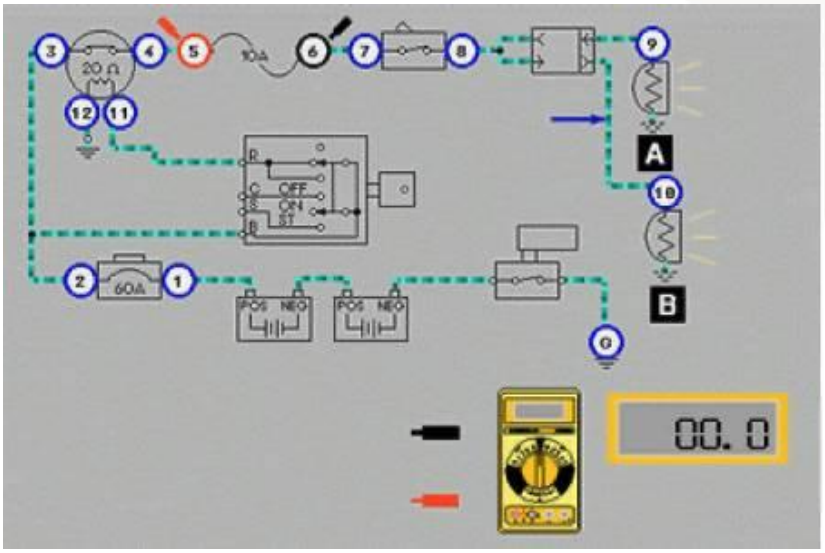



**Figura 235**

**Medición de caída de voltaje a través del fusible. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Una caída de voltaje de aproximadamente cero voltios a través del fusible con todos los interruptores cerrados indica un funcionamiento normal del mismo. La corriente fluye a través del fusible, pero encuentra poca o ninguna resistencia.

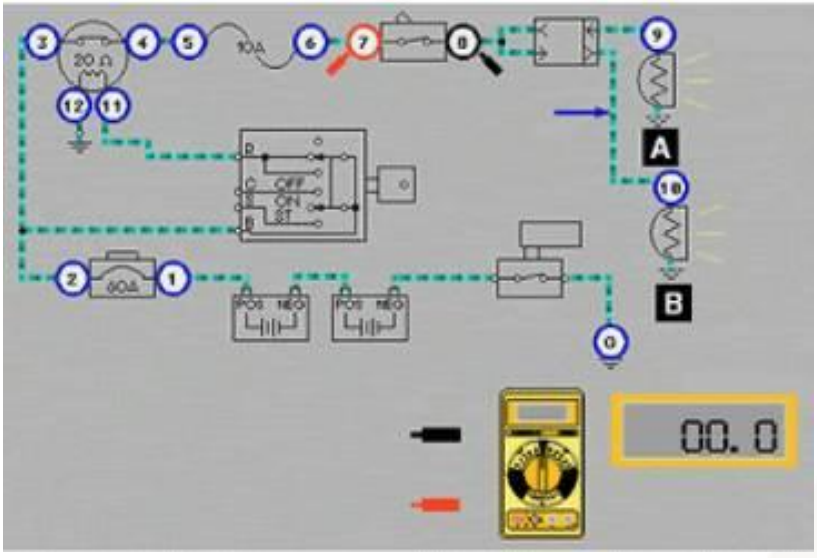



**Figura 236**

**Medición de caída de voltaje a través del interruptor. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Una caída de voltaje de aproximadamente cero voltios a través del interruptor de las luces con todos los interruptores cerrados indica un funcionamiento normal del mismo.

La corriente fluye a través del interruptor de las luces con poca o ninguna resistencia.

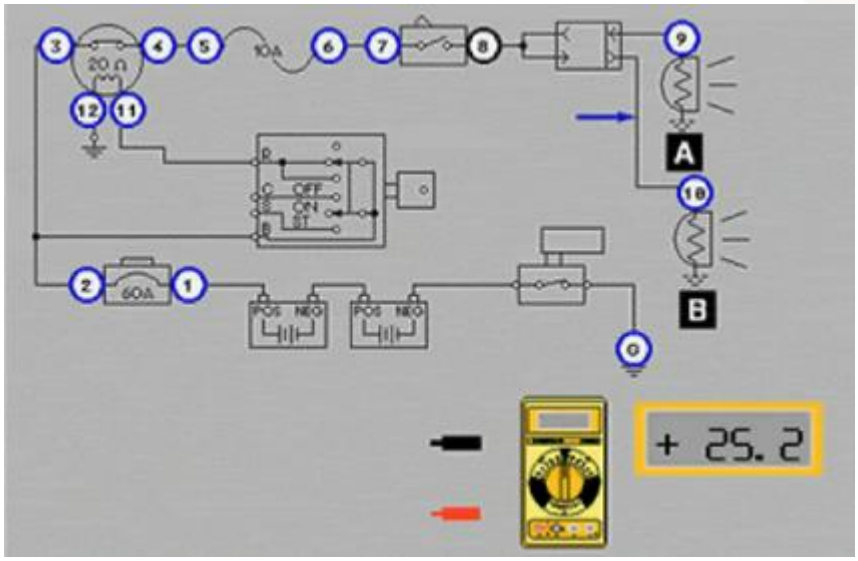



**Figura 237**

**Medición de caída de voltaje con el interruptor abierto. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Normalmente, con el interruptor en la posición de DESCONEXIÓN (OFF), existe un potencial de unos 24 voltios a través del interruptor abierto.

El mismo voltaje deberá existir a través de cualquier par de puntos de comprobación en los lados opuestos de una interrupción en este circuito.

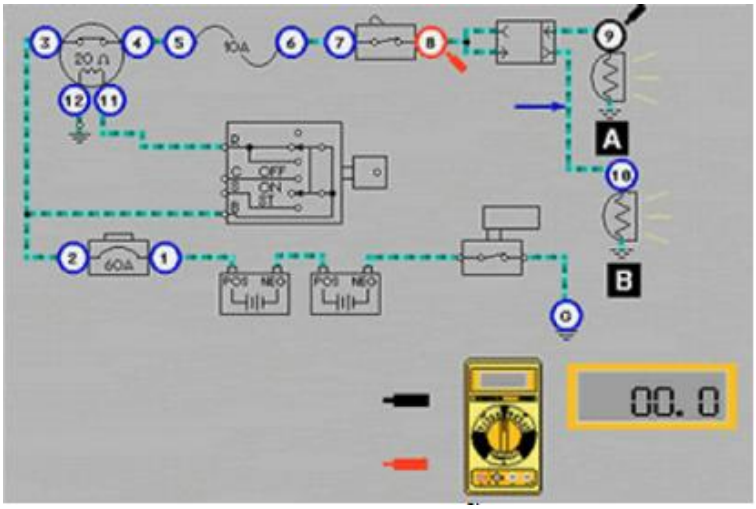



**Figura 238**

**Medición de caída de voltaje con interruptor cerrado. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

En este sistema de 24 voltios, una caída de voltaje de aproximadamente cero voltios a través de los mazos de cables A y B con ambas luces encendidas indica un funcionamiento normal.

La corriente fluye a través del mazo de cables y del conector con poca o ninguna resistencia.

**Mediciones de la corriente**

En comparación, las mediciones de la corriente son más difíciles y requieren que usted mida donde pueda convenientemente abrir el circuito -- por ejemplo, en el interruptor de las luces.

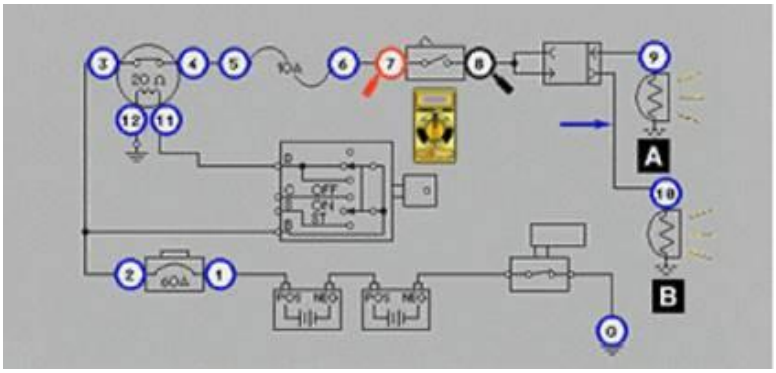



**Figura 239**

**Medición de corriente en el interruptor (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

**Mediciones de la resistencia**

Las mediciones de la resistencia tampoco son tan fáciles, y requieren que usted desconecte el circuito y aísle la parte que va a medir del resto de las partes del circuito.

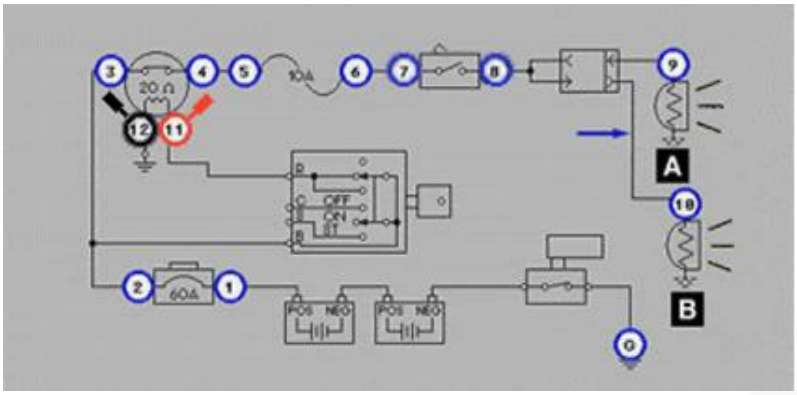



**Figura 240**

**Medición de la resistencia. (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

## 4. Mantenimiento Preventivo de Motores Diésel.

**Mantenimiento**
El servicio recomendado debe efectuarse siempre en el intervalo apropiado según se indique en el programa de Intervalos de Mantenimiento. El ambiente de operación real del motor también regula el programa de intervalos de mantenimiento. Por lo tanto, en condiciones de operación muy rigurosas, polvorientas, húmedas o de congelación, tal vez sean necesarios una lubricación y un mantenimiento más frecuentes de lo especificado en el programa de mantenimiento.

Los componentes del programa de mantenimiento están organizados para un programa de administración de mantenimiento preventivo. Si se sigue el programa de mantenimiento preventivo, no es necesario efectuar una afinación periódica. La puesta en práctica de un programa de administración de mantenimiento preventivo debe reducir al mínimo los costos de operación al evitar costos que son consecuencia de la reducción en el número de paradas inesperadas y de averías.

**Intervalos de mantenimiento**
Efectúe el mantenimiento de los componentes en múltiplos del intervalo original. Recomendamos copiar y mostrar los programas de mantenimiento cerca del motor como recordatorio. También recomendamos llevar un registro de mantenimiento como parte de los registros permanentes del motor.
Su concesionario o distribuidor autorizado puede ayudarle a ajustar su programa de mantenimiento para satisfacer las necesidades de su ambiente de operación.

**Soldadura en equipos con motores electrónicos.**
Es necesario seguir los procedimientos adecuados de soldadura para evitar daños en el Módulo de Control Electrónico (ECM) de los motores, en los sensores y en los componentes asociados. Siempre que sea posible, quite el componente de la unidad y después suelde el componente. Si no es posible quitar el componente, debe seguirse el siguiente procedimiento para soldar en una unidad equipada con un motor electrónico. El siguiente procedimiento se considera el procedimiento más seguro para soldar en un componente. Este procedimiento proporciona un riesgo mínimo de daños en los componentes electrónicos.

**Nota:**
**Realice la soldadura en áreas en las que no exista el peligro de producir explosiones.**

1. Pare el motor. Gire el interruptor de corriente a la posición DESCONECTADA.

2. Asegúrese de que el suministro de combustible al motor esté desconectado.

3. Desconecte el cable negativo de la batería. Si hay un interruptor general, abra el interruptor.

4. Desconecte todos los componentes electrónicos de los mazos de cables. Incluya los siguientes componentes:

- Componentes electrónicos de los equipos impulsados
- ECM
- Sensors (Sensores)
- Válvulas controladas electrónicamente
- Relés

**Atención**
No use los componentes eléctricos (ECM o sensores del ECM) ni los puntos de conexión a tierra de los componentes electrónicos para conectar a tierra el soldador.

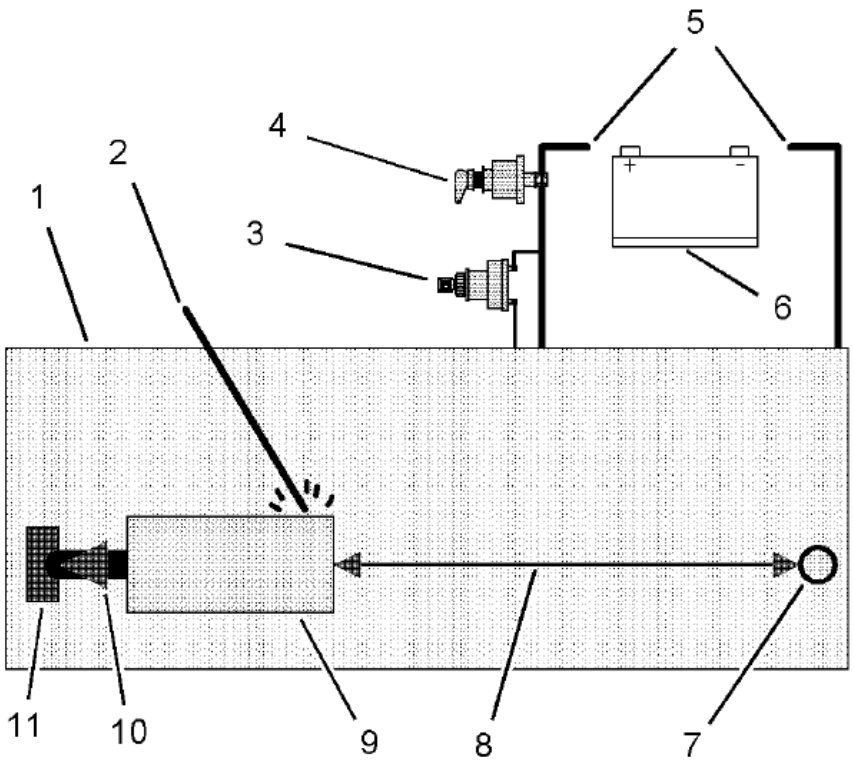



**Figura 241**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Utilice el ejemplo anterior. El flujo de corriente del soldador a la abrazadera de conexión a tierra del soldador no causará daños a ninguno de los componentes asociados.

(1) Motor
(2) Electrodo de soldadura
(3) Interruptor de llave en la posición DESCONECTADA (4) Interruptor general en la posición abierta
(5) Cables de batería desconectados
(6) Batería
(7) Componente eléctrico/electrónico
(8) Distancia mínima entre el componente que se está soldando y cualquier componente eléctrico/electrónico
(9) El componente que se está soldando
(1O) Trayectoria de corriente del soldador
(11) Abrazadera de conexión a tierra del soldador

**5. Conecte el cable de toma de tierra del soldador**

Directamente a la pieza se va a soldar. Coloque el cable de conexión a tierra lo más cerca posible a la soldadura para disminuir la posibilidad de ocasionar daños con la corriente que se usa para soldar a los siguientes componentes. Cojinetes, componentes hidráulicos, componentes eléctricos y correas de conexión a tierra.

**Nota:** Si los componentes eléctricos o electrónicos se usan como una conexión a tierra para el soldador o si están ubicados entre la conexión a tierra del soldador y la soldadura, el flujo de corriente del soldador puede dañar gravemente el componente.

6. Proteja el mazo de cables contra los residuos y el chisporroteo de soldadura.

7. Use las prácticas estándar de soldadura para soldar los materiales.

**Aplicación de servicio severo**

El servicio exigente hacer referencia a la aplicación de un motor que supera las normas actuales publicadas para ese motor. Algunos fabricantes mantienen normas para los siguientes parámetros del motor:

- Normas de rendimiento, como la gama de potencia, la gama de velocidades y el consumo de combustible
- Calidad del combustible
- Altitud de operación
- Intervalos de mantenimiento

- Selección y mantenimiento del aceite
- Tipo y mantenimiento del refrigerante
- Calidades ambientales
- Instalación
- Temperatura del fluido en el motor

Consulte las normas del motor o consulte a su distribuidor o a su concesionario para determinar si el motor está funcionando según los parámetros definidos.

La operación de servicio exigente puede acelerar el desgaste de los componentes. Los motores que operan en condiciones exigentes pueden necesitar intervalos de mantenimiento más frecuente para asegurar una máxima fiabilidad y para lograr una vida útil total.

Debido a las aplicaciones individuales, no es posible identificar todos los factores que pueden contribuir a la operación de servicio exigente. Consulte a su distribuidor o a su concesionario para obtener información sobre el mantenimiento especial que requiere el motor.

El entorno de operación, los procedimientos incorrectos de operación y los procedimientos incorrectos de mantenimiento pueden ser factores que contribuyen a una aplicación de servicio exigente.

**Factores ambientales**

**Temperaturas ambiente**

Es posible que el motor esté expuesto a la operación prolongada en entornos extremadamente fríos o calurosos. Los componentes de las válvulas pueden dañarse por la acumulación de carbono si el motor se arranca y se para frecuentemente a temperaturas frías. El aire de admisión caliente reduce el rendimiento del motor.

**Calidad del aire**

El motor puede estar expuesto a la operación prolongada en un entorno sucio o polvoriento, a menos que el equipo se limpie con regularidad. El lodo, la suciedad y el polvo pueden recubrir los componentes. Las tareas de mantenimiento pueden dificultarse. La acumulación de suciedad puede contener elementos químicos corrosivos.

**Acumulación**

Los compuestos, los elementos, los productos químicos corrosivos y la sal pueden dañar algunos componentes.

**Altitud**
Pueden surgir problemas cuando el motor se opera a altitudes superiores a los ajustes previstos para esa aplicación. Se deben realizar los ajustes necesarios.

**Procedimientos incorrectos de operación**

- Operación prolongada en baja en vacío
- Paradas frecuentes por recalentamiento
- Operación con cargas excesivas
- Operación a velocidades excesivas
- Operación en aplicaciones no previstas

**Procedimientos incorrectos de mantenimiento**

- Prolongación de los intervalos de mantenimiento
- Uso de combustible, lubricantes y refrigerantes/anticongelantes no recomendados

**Núcleo del pos enfriador- LIMPIAR/PROBAR (Pos enfriador de aire a aire)**

En muchas aplicaciones, el pos enfriador de aire a aire es instalado por el fabricante del camión. Para ver información relacionada con el pos enfriador consulte las especificaciones del fabricante.

**Núcleo del pos enfriador- INSPECCIONAR**

Nota: Ajuste la frecuencia de la limpieza de acuerdo con las condiciones ambientales.
Inspeccione el pos enfriador en cuanto a estos puntos: aletas dañadas, corrosión, suciedad, grasa, insectos, hojas, aceite and otras basuras. Limpie el pos enfriador, si es necesario. Para el pos enfriador de aire a aire, siga los mismos métodos que se utilizan para limpiar los radiadores.

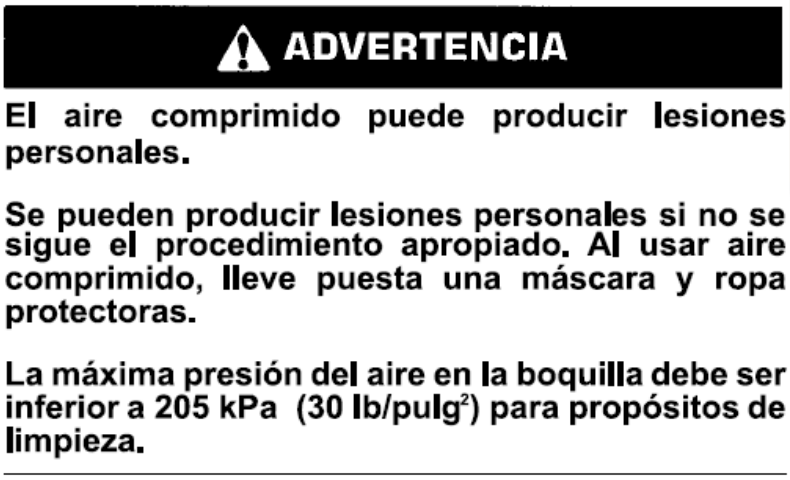



**Figura 242**

Después de la limpieza, arranque el motor y acelere el mismo hasta alcanzar las rpm de alta en vacío.
Esto ayudará a eliminar la basura y a secar el núcleo.
Pare el motor. Utilice una lámpara detrás del núcleo para inspeccionar la limpieza del mismo. Repita la limpieza si es necesario.
Inspeccione las aletas para ver si están dañadas. Si las aletas están dobladas, se pueden abrir utilizando un "peine".

**Nota:** Si se reparan o reemplazan las piezas del sistema pos enfriador, es altamente recomendable una prueba de fugas.

Inspeccione para ver si los siguientes artículos están en buenas condiciones: soldaduras, soportes de montaje, tuberías de aire, conexiones, abrazaderas and sellos. Haga las reparaciones que sean necesarias.

**Alternador- INSPECCIONAR**

Se recomienda una inspección programada del alternador. Inspeccione el alternador para ver si hay conexiones flojas y si se está cargando correctamente la batería. Compruebe el amperímetro durante la operación del motor {si tiene) para asegurar el funcionamiento correcto de las baterías y/ o el funcionamiento correcto del sistema eléctrico. Efectúe las reparaciones que sean necesarias.

Compruebe que el alternador y el cargador de baterías funcionan correctamente. Si se cargan correctamente las baterías, la lectura del amperímetro debe estar muy cerca de cero. Todas las baterías deben permanecer cargadas. Las baterías se deben mantener calientes, ya que la temperatura afecta la corriente de arranque. Si la batería está demasiado fría, no se podrá arrancar el motor. Cuando no se haga funcionar el motor durante períodos largos o si sólo se hace funcionar durante períodos cortos, es posible que las baterías no se carguen por completo. Una batería con una carga baja se congelará con más facilidad que una batería completamente cargada.

## Correas del alternador y del ventilador- Ejemplo de Reemplazo

1. Quite la protección que cubre el alternador. Para obtener información sobre el procedimiento correcto, consulte con el Fabricante de Equipo Original.

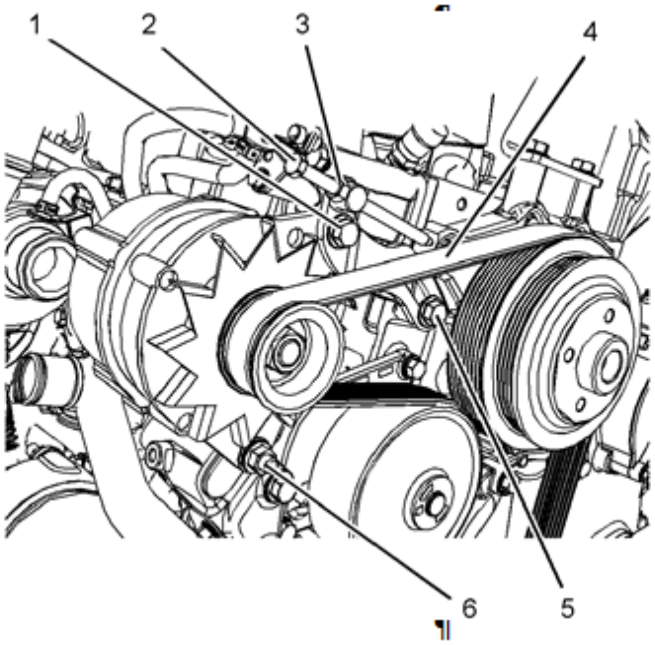



**Figura 243**

**Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

2. Afloje el perno (5) y afloje la tuerca y el perno 6. Además, afloje la tuerca y el perno (1).

3. Afloje la tuerca (3) y gire el tornillo (2) a la izquierda. Gire el tornillo (2) para producir un espacio libre y poder quitar la correa (4).

4. Quite la correa (4) y revise visualmente todas las poleas que la correa opera. Asegúrese de que todas las poleas estén limpias y sin daños. Asegúrese de que las poleas roten libremente. Reemplace los componentes dañados.

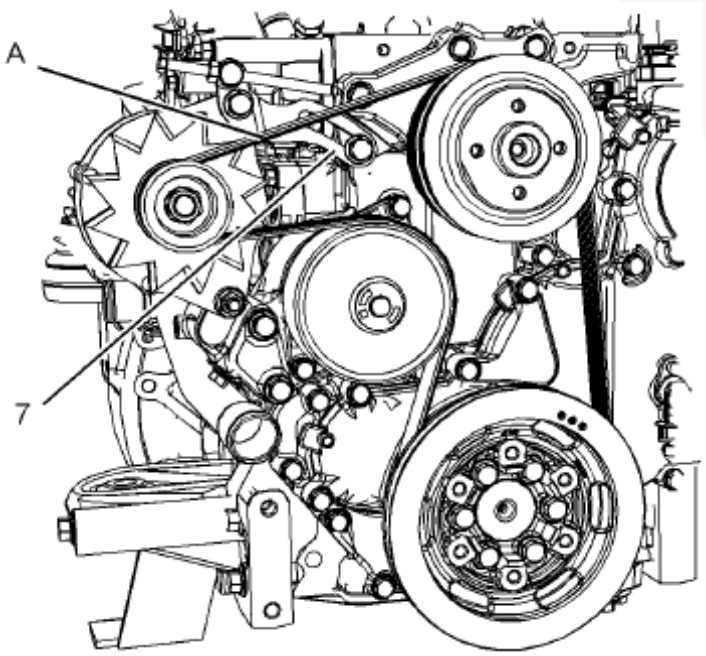



**Figura 244**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

5. Instale la correa nueva, use la configuración (A). Revise visualmente si la correa está alineada correctamente.
6. Gire el tornillo (2) hacia la derecha para tensionar la correa. Asegúrese de que el ajustador del eslabón (7) esté en la máxima extensión. (consulte figura anterior).
7. Ajuste el perno (5), la tuerca y el perno (6) y ajuste la tuerca y el perno (1). Apriete estas tuercas y estos pernos a un par de 50 N·m (371b-pie).
8. Gire el perno (2) dos vueltas completas hacia la izquierda y ajuste la tuerca (3) a un par de 30 N·m (221b-pie).
9. Instale la protección, consulte al fabricante de equipo original para obtener más información.

**Reemplazo de baterías:**

**Figura 245**

1. Gire el interruptor del motor a la posición DESCONECTADA. Quite todas las cargas eléctricas.
2. Apague los cargadores de batería. Desconecte todos los cargadores de batería.
3. Asegúrese de que el interruptor general esté en l posición DESCONECTADA.
4. Desconecte el cable NEGATIVO "-" del terminal NEGATIVO "-" de la batería.
5. Desconecte el cable POSITIVO "+" del terminal POSITIVO "+" de la batería.

**Nota:** Siempre recicle la batería. Nunca deseche u batería. Deseche las baterías usadas en una instalación de reciclaje apropiada.

6. Quite la batería usada.
7. Instale la batería nueva.

**Nota:**
**Antes de conectar los cables, asegúrese de que el interruptor general esté en la posición DESCONECTADA.**

8. Conecte el cable POSITIVO "+" en el terminal POSITIVO "+" de la batería.

9. Conecte el cable NEGATIVO "-" en el terminal NEGATIVO "-" de la batería.

10. Gire el interruptor general a la posición CONECTADA.

**Nivel del electrólito de la batería- COMPROBAR**

Cuando el motor no se opera durante largos períodos de tiempo, o cuando se opera durante períodos cortos solamente, es posible que las baterías no se recarguen por completo. Asegúrese de cargar completamente las baterías para impedir que se congelen. Si se cargan correctamente las baterías, la lectura del amperímetro debe estar muy cerca del cero cuando el motor esté en operación.

**Figura 246**

1. Quite las tapas de las aberturas de llenado. Mantenga el nivel del electrólito en la marca "FULL" (Lleno) de la batería.

   Si es necesario añadir agua, utilice agua destilada. Si no se dispone de agua destilada, utilice agua limpia que tenga una baja concentración de minerales. No utilice agua suavizada por medios artificiales.

2. Compruebe el estado del electrólito con un probador de baterías adecuado.

3. Instale las tapas.

4. Mantenga limpias las baterías.

Limpie la caja de la batería con una de las siguientes soluciones de limpieza:

- Utilice una solución de O,1 kg (0,21b} de bicarbonato de soda y 1 L (1 qt) de agua limpia.
- Utilice una solución de hidróxido de amonio.

Enjuague completamente la caja de la batería con agua limpia.

**Batería o cable de la batería - DESCONECTAR**

**Figura 247**

1. Gire el interruptor de arranque a la posición DESCONECTADA. Gire el interruptor de encendido (si tiene) a la posición DESCONECTADA, saque la llave y quite todas las cargas eléctricas.
2. Desconecte el borne negativo de la batería. Asegúrese de que el cable no pueda hacer contacto con el borne. Cuando estén implicadas cuatro baterías de 12 voltios, hay que desconectar dos conexiones negativas.
3. Quite la conexión positiva.
4. Limpie todos los bornes de batería y las conexiones desconectadas.
5. Utilice un papel de esmeril de grado fino para limpiar los bornes y las abrazaderas del cable. Límpielos hasta que las superficies queden brillantes. No remueva demasiado material. Si se quita demasiado material es posible que las abrazaderas no encajen correctamente. Cubra las abrazaderas y los bornes con un lubricante de silicona adecuado o con vaselina.

6. Coloque cinta aislante en las conexiones de cables para ayudar a evitar el arranque accidental.

7. Efectúe las reparaciones del sistema que sean necesarias.

8. Para conectar la batería, conecte la conexión positiva antes del conector negativo.

**Filtro de partículas diésel- LIMPIAR**

**Figura 248**

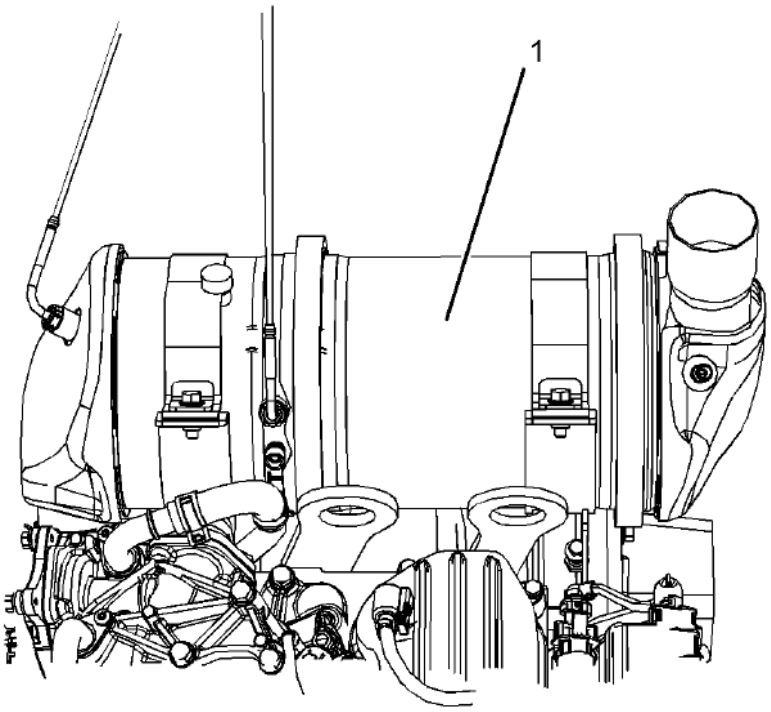



**Figura 249**

**Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Nota: Solamente el tipo de pos tratamiento de flujo de pared requiere tener un periodo de servicio para quitar la ceniza. El pos tratamiento de flujo de pared usa una recuperación activa para quitar el hollín.
Para obtener información sobre la remoción del filtro de partículas para combustible diésel (1}, consulte Desarmado y Armado, consulte el manual Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes.

**Motor- LIMPIAR**

**⚠ ADVERTENCIA**

**Alto voltaje puede causar lesiones personales y accidentes mortales.**

**La humedad puede crear caminos de conductividad eléctrica.**

**Asegúrese de que el sistema eléctrico esté desconectado. Bloquee los controles de arranque y coloque una etiqueta que diga "NO OPERAR" en los controles.**

**Figura 250**

**Atención**
La grasa y aceite que se acumulan en el motor constituyen un peligro de incendio. Mantenga su motor limpio. Saque la suciedad y los líquidos que hayan caído cada vez que se acumule una cantidad importante en el motor.

Se recomienda la limpieza periódica del motor. La limpieza con vapor quitará la grasa y el aceite acumulados. Un motor limpio proporciona las siguientes ventajas:

- Detección fácil de las fugas de fluidos
- Características de máxima transferencia de calor
- Facilidad de mantenimiento

**Nota:**
**Debe tenerse cuidado para evitar que los componentes eléctricos resulten dañados por un exceso de agua cuando se limpia el motor. Los lavadores a presión y los limpiadores de vapor no se deben dirigir hacia los conectores eléctricos ni hacia la unión de los cables en la parte trasera de los conectores. Evite los componentes eléctricos tales como el alternador, el motor de arranque y el Módulo de Control Electrónico (ECM). Proteja la bomba de inyección de combustible contra los fluidos que se utilizan para lavar el motor.**

**Post tratamiento**
Durante el proceso de limpieza del motor, asegúrese de que el agua o los fluidos de limpieza no puedan entrar en el sistema de post tratamiento. Si los fluidos de limpieza entran en el sistema de post tratamiento, pueden ocurrir daños.

**Elemento del filtro de aire del motor (Elemento sencillo}- Inspeccionar/Limpiar/ Reemplazar**
Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento, "Indicador de servicio del filtro de aire del motor- Inspeccionar".

**Atención**
No haga funcionar nunca el motor sin un elemento de filtro de aire instalado. No haga funcionar nunca el motor con un elemento de filtro de aire dañado. No use los elementos del filtro de aire con pliegues, empaquetaduras o sellos rotos. La entrada de polvo pro- duce daños en los componentes del motor y los desgasta de forma prematura. Los elementos del filtro de aire impiden la entrada de partículas en la admisión de aire.

**Atención**
No efectúe nunca el servicio del elemento del filtro de aire con el motor en marcha, ya que esto permitirá la entrada de polvo en el motor.

Se puede instalar una amplia variedad de filtros de aire en este motor. Para obtener instrucciones sobre el procedimiento correcto para reemplazar el filtro de aire, consulte la información suministrada por el Fabricante de Equipo Original.

**Indicador de servicio del filtro de aire del motor- INSPECCIONAR**
Algunos motores pueden estar equipados con un indicador de servicio diferente.
Algunos motores están equipados con un manómetro para medir la diferencia de presión del aire de admisión. El manómetro diferencial para la presión del aire de admisión muestra la diferencia en la presión que se mide antes del elemento del filtro de aire y la presión que se mide después del elemento del filtro de aire.

A medida que se ensucia el elemento del filtro de aire, aumenta la diferencia de presión. Si su motor está equipado con un tipo de indicador de servicio diferente, siga las recomendaciones del fabricante del equipo original para dar servicio al indicador de servicio del filtro de aire.

El indicador de servicio puede estar montado en el elemento del filtro de aire o en una ubicación remota.

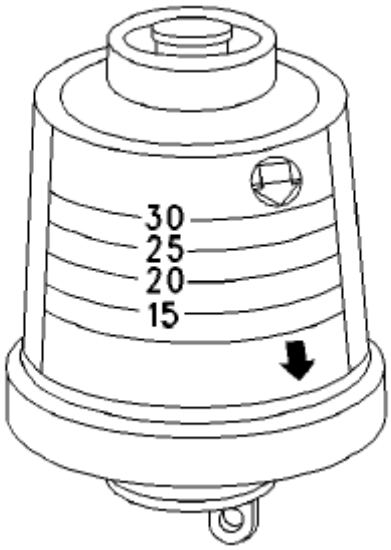



**Figura 251**

**Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

Observe el indicador de servicio. Se debe limpiar o reemplazar el elemento de filtro de aire cuando ocurre una de las siguientes condiciones:

- El diafragma amarillo entra en la zona roja.
- El pistón rojo se traba en la posición visible.

**Probar el indicador de servicio**
Los indicadores de servicio son instrumentos importantes.

- Compruebe que se reajusten con facilidad. El indicador de servicio debe reajustarse en menos de tres pulsaciones.
- Verifique el movimiento del núcleo amarillo cuando el motor se acelere a la velocidad de régimen del motor. El núcleo amarillo debe trabarse en el mayor vacío que se obtenga.

Si el indicador de servicio no se reajusta fácilmente, o si el núcleo amarillo no se engancha al vacío máximo, se debe reemplazar el indicador. Si el nuevo indicador de servicio no se rearma, el agujero del indicador de servicio puede estar bloqueado.
Tal vez sea necesario reemplazar con frecuencia el indicador de servicio en los ambientes muy polvorientos.

**Ante filtro de aire del motor- COMPROBAR/LIMPIAR**

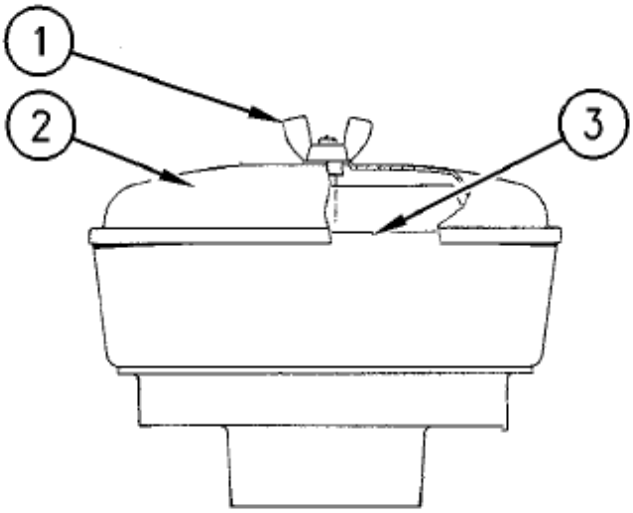



**Figura 252**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)
(1) Tuerca de mariposa
(2) Tapa
(3) Caja

Quite la tuerca de mariposa (1) y la tapa (2). Inspeccione para detectar si hay acumulación de suciedad y basura en el cuerpo (3). Limpie el cuerpo, si es necesario. Después de limpiar el ante filtro, instale la tapa (2) y la tuerca de mariposa (1).

**Nota:**
**Cuando se opere el motor en aplicaciones con mucho polvo, se debe limpiar con mayor frecuencia.**

**Elemento del respiradero del cárter del MOTOR- REEMPLAZAR**

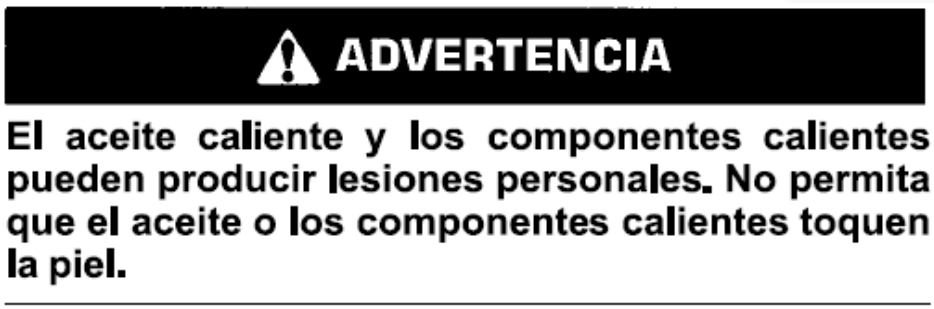



**Figura 253**

**Respiradero del motor**

**Atención**
Asegúrese de que el motor esté parado antes de realizar cualquier servicio o reparación.
El respiradero del cárter es un componente muy importante para mantener el cumplimiento de las normas de emisiones del motor.

- El elemento de filtro en el respiradero del cárter debe recibir servicio a los intervalos de servicio prescritos.
- El elemento de filtro correcto debe estar instalado antes de operar el motor.
- La instalación del elemento de filtro es muy importante.
- La calidad del elemento de filtro que se instala es muy importante.
- El elemento de filtro evita que entren cantidades excesivas de aceite al sistema de inducción del motor. El elemento de filtro protege también el sistema de pos tratamiento del motor.

**Nota:**
**Las cantidades excesivas de aceite que entran al sistema de inducción del motor pueden aumentar rápidamente la velocidad del motor sin control.**

Quite el elemento de respiradero

1. Quite la protección que tapa el respiradero del motor. Para obtener más información, consulte al Fabricante de Equipo Original (OEM).

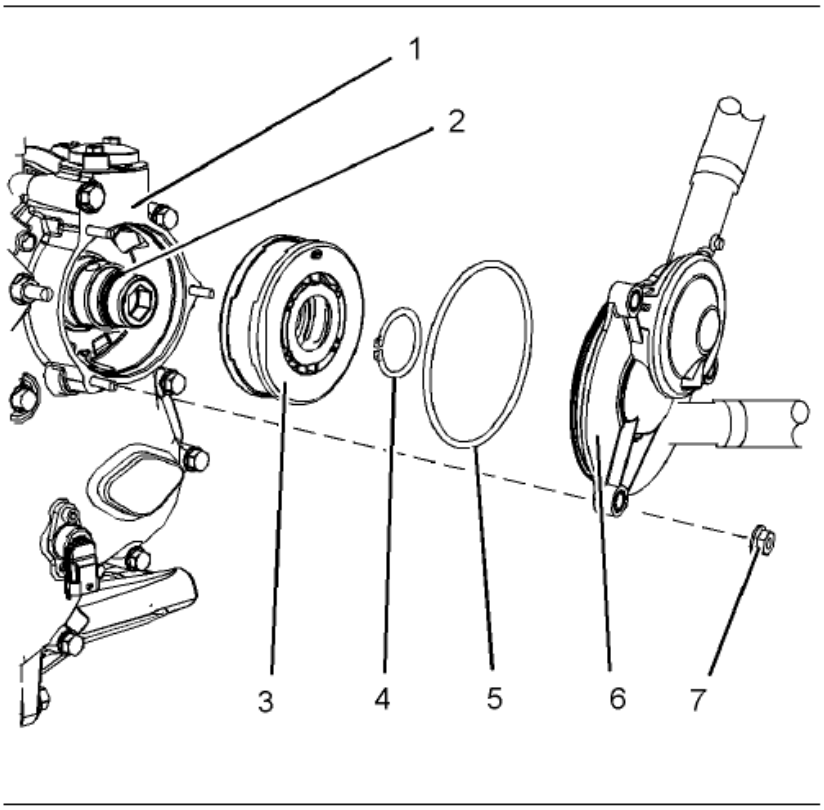



**Figura 254**

**Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)**

2. Si es necesario, quite los tubos del respiradero de la tapa (6). Quite las tuercas (7) y la tapa (6) de la caja (1).

3. Quite la arandela de presión (4) y luego quite el elemento de respiradero (3) y deséchelo.

4. Quite el anillo de sello (5) de la tapa.

**Instale el elemento de respiradero**

Asegúrese de que todos los componentes estén limpios y sin daños.

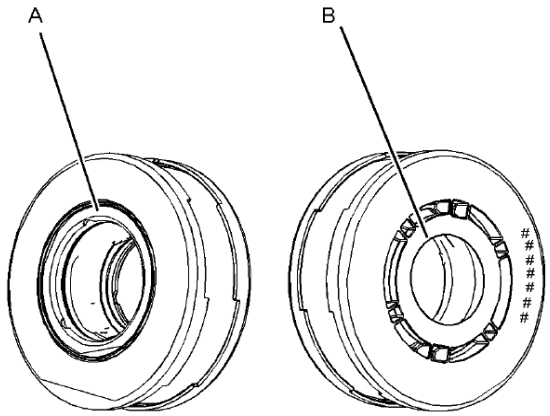



**Figura 255**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

(A) Diámetro
(B) Diámetro

1. Instale un anillo de sello nuevo (5) en la tapa (6).

Nota: El elemento de respiradero debe tener la orientación correcta antes de la instalación. El diámetro (A) es notablemente más largo que el diámetro (B).

2. Instale el diámetro (A) del elemento de respiradero (3) en el eje (2). Si se instaló correctamente, el número de pieza del elemento de respiradero queda visible.

3. Instale la arandela de presión (4) y la tapa (6). Instale las tuercas (7) y apriete a un par de 25 N·m (181b-pie). Si es necesario, instale los tubos de respiradero en la tapa.

4. Instale la protección; consulte al Fabricante de Equipo Original.

**Soportes del motor - INSPECCIONAR**

**Nota:**
**Vea información adicional sobre los montajes del motor y el par de apriete correcto para los pernos en la información suministrada por el fabricante.**

Inspeccione los montajes del motor para ver si están deteriorados y si los pernos tienen el par de apriete correcto. Las vibraciones del motor pueden ser causadas por las siguientes condiciones:

- Montaje incorrecto del motor
- Deterioro de los soportes del motor
- Montajes flojos del motor

Se debe reemplazar cualquier soporte del motor deteriorado. Vea los pares de apriete recomendados en la información suministrada por el fabricante de equipo original.

**Nivel de aceite del motor- COMPROBAR**

**⚠ ADVERTENCIA**

**El aceite caliente y los componentes calientes pueden producir lesiones personales. No permita que el aceite o los componentes calientes toquen la piel.**

**Figura 256**

**Figura 257**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

**Atención**
Efectúe este mantenimiento con el motor parado.

**Nota:** Asegúrese de que el motor esté horizontal o en la posición normal de operación para obtener una indicación correcta del nivel de aceite.

**Nota:**
**Después de que el motor sea APAGADO, espere diez minutos para permitir que el aceite del motor drene al colector de aceite antes de revisar el nivel de aceite.**

1. Mantenga el nivel de aceite entre la marca MIN y la marca MAX en la varilla de medición de aceite del motor. No llene el cárter por encima de la marca MAX.

**Atención**
El funcionamiento del motor cuando el nivel de aceite está por encima de la marca MAX puede producir que el cárter quede inmerso en aceite. Las burbujas de aire que se forman cuando el cárter está inmerso en aceite reducen las características lubricantes del aceite y eso puede producir una pérdida de potencia.

2. Quite la tapa del tubo de llenado del aceite y añada aceite, si es necesario. Limpie la tapa del tubo de llenado del aceite. Instale la tapa del tubo de llenado del aceite.

Si se observa un aumento en el nivel de aceite, consulte el manual Localización y Solución de Problemas, "Aceite Contiene Combustible".

**Aceite y filtro del motor- CAMBIAR**

**Figura 258**

**Atención**
Debe tener cuidado para asegurar que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparaciones de cualquier producto. Esté preparado para recoger los fluidos en un recipiente adecuado antes de abrir o desarmar un componente que contiene fluidos.

Descarte todos los fluidos de acuerdo con las normas y reglamentos locales.
Mantenga todas contaminantes.

**Atención**
Las piezas limpias y sin los contaminantes pueden causar un desgaste acelerado y reducir la vida del componente.

El procedimiento de servicio completo de aceite del motor debe llevarse a cabo después de que se hayan cambiado el aceite del motor y el filtro. Consulte "Servicio completo de aceite del motor" para obtener mayor información.

No drene el aceite lubricante del motor cuando el motor esté frío. A medida que el aceite lubricante del motor se enfría, las partículas de residuos suspendidas se asientan en la parte inferior del colector de aceite. Las partículas de residuos no se eliminan cuando se drena el aceite frío. Drene el colector de aceite con el motor parado. Drene el colector de aceite con el aceite caliente. Este método de drenaje permite drenar correctamente las partículas de residuos suspendidas en el aceite.

Si no se sigue este procedimiento recomendado, las partículas de residuos circularán de nuevo a través del sistema de lubricación del motor con el aceite nuevo.

**Drene el aceite lubricante del motor**
Asegúrese de que el recipiente a utilizar sea suficientemente grande para recoger el aceite de desecho. Pare el motor después de hacerlo funcionar a una temperatura de operación normal. Asegúrese de que la máquina en la que se instala el motor esté en un terreno nivelado. Utilice uno de los siguientes métodos para drenar el colector de aceite del motor:

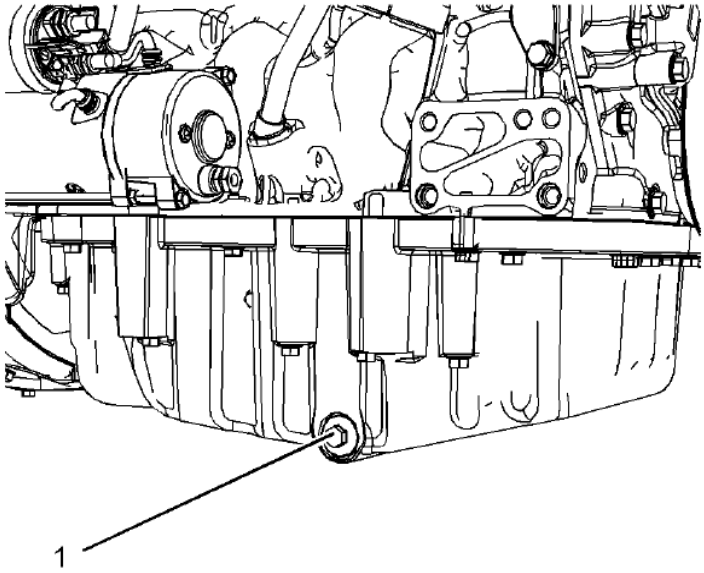



**Figura 259**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

- Si el motor está equipado con una válvula de drenaje, gire la perilla de la válvula de drenaje hacia la izquierda para drenar el aceite. Después de drenar el aceite, gire la perilla de la válvula de drenaje hacia la derecha para cerrarla.
- Si el motor no está equipado con una válvula de drenaje, quite el tapón del drenaje del aceite (1) para permitir que el aceite drene. Si el motor está equipado con un colector de aceite de poca profundidad, quite los tapones inferiores de drenaje del aceite de ambos extremos del colector de aceite.

Después de que el aceite haya drenado, reemplace el tapón de drenaje. Si es necesario, reemplace el sello del tapón de drenaje. Instale el tapón de drenaje y ajuste a 34 N·m (251b-pie).

**Reemplace el filtro de aceite**

**Atención**
Los filtros de aceite de se fabrican a las especificaciones de los fabricantes. El uso de un filtro de aceite no recomendado puede causar graves daños a los cojinetes del motor o al cigüeñal, puesto que algunas partículas de desperdicios más grandes provenientes del aceite sin filtrar pueden ingresar al sistema de lubricación del motor. Use sólo filtros de aceite recomendados por el fabricante.

1. Use una herramienta apropiada para quitar el filtro de aceite del motor.

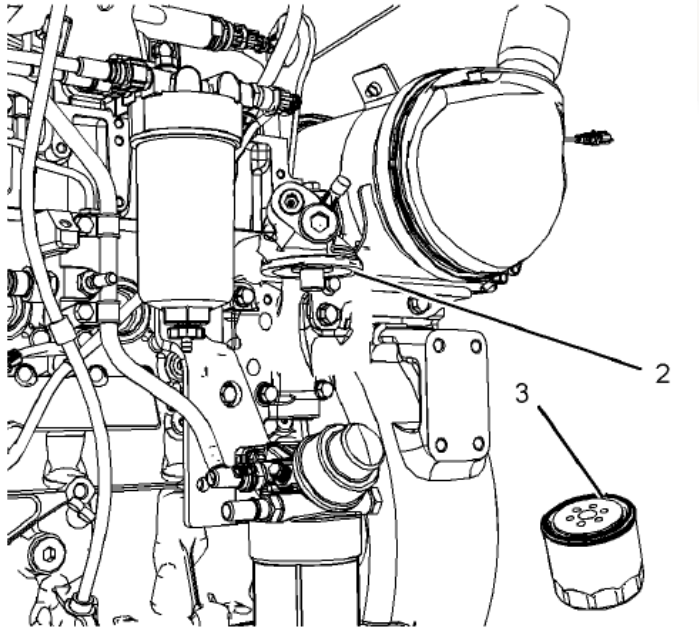



**Figura 260**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

2. Limpie la superficie de sellado (2).

3. Aplique aceite del motor limpio al sello anular (3) en el nuevo filtro de aceite.

**Atención**
No llene los filtros de aceite antes de instalarlos. Este aceite no se filtraría y podría estar contaminado. El aceite contaminado puede causar un desgaste acelerado de los componentes del motor.

4. Para instalar el filtro de aceite del motor, enrósquelo hasta que el sello anular haga contacto con la base del filtro de aceite. Después, gire manualmente el filtro de aceite 3/4 de una vuelta.

## Espacio libre del ventilador- COMPROBAR

Hay diferentes tipos de sistemas de enfriamiento. Consulte al Fabricante de Equipo Original (OEM) para obtener información sobre el espacio libre para el ventilador.

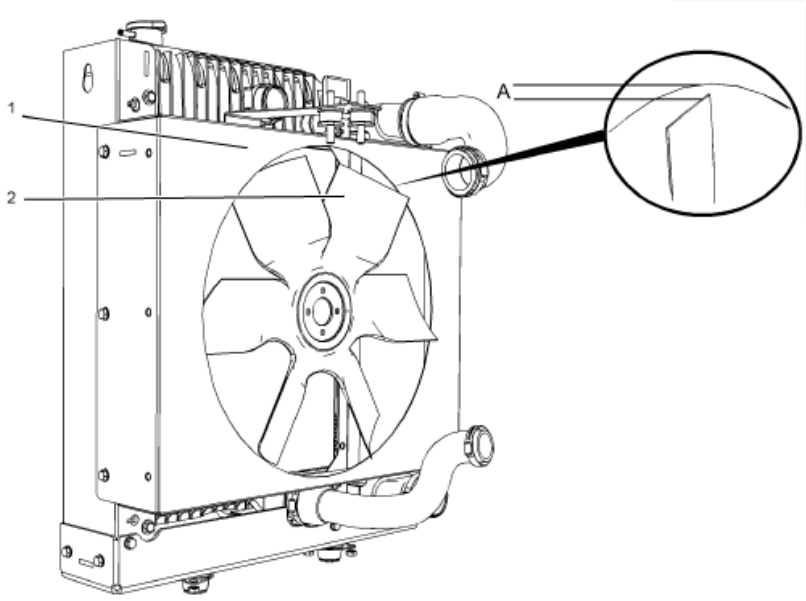



**Figura 261**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

Los ajustes de la tapa cambian el espacio libre (separación) entre el borde de la tapa y la punta del aspa del ventilador. Asegúrese de que la tapa esté centrada con respecto al ventilador.
El espacio libre (A) debe ajustarse a 1O ± 1 mm (0,39370 ± 0,03937 pulg).

**Sistema de combustible -CEBAR**

Nota: Consulte Operación de Sistemas, Pruebas y ajustes, "Limpieza de componentes del sistema de combustible" para obtener información detallada sobre las normas de limpieza que deben observarse durante TODO el trabajo sobre el sistema de combustible.

Asegúrese de que todos los ajustes y las reparaciones sean realizados por personal autorizado con la capacitación adecuada.

**Atención**
No trate de arrancar el motor continuamente durante más de 30 segundos. Deje que se enfríe el motor de arranque durante dos minutos antes de tratar de arrancarlo nuevamente.

Si ingresa aire en el sistema de combustible, este se debe purgar del sistema de combustible antes de arrancar el motor. Puede ingresar aire en el sistema de combustible cuando ocurre lo siguiente:

- El tanque de combustible está vacío o ha sido drenado parcialmente.
- Las tuberías de combustible de baja presión están desconectadas.

- Hay una fuga en el sistema de combustible de baja presión.
- El filtro de combustible ha sido reemplazado. Utilice los siguientes procedimientos para eliminar el aire del sistema de combustible:

1. Asegúrese de que el sistema de combustible esté en condiciones de funcionamiento. Compruebe que la válvula de suministro de combustible (si tiene) esté en la posición "CONECTADA".
2. Opere la bomba de cebado manual. Cuente el número de operaciones de la bomba. Deténgase aproximadamente después de unas 80 depresiones de la bomba.

**Nota:**
**A medida que se ceba el sistema de combustible, la presión aumenta dentro del sistema de combustible y este incremento de presión puede notarse al realizar el cebado.**

3. El sistema de combustible del motor ahora está cebado y el motor debe ser capaz de arrancar.
4. Opere el motor de arranque y haga girar el motor.

Después de que el motor haya arrancado, opere el motor a baja velocidad en vacío durante un mínimo de 5 minutos. Asegúrese de que el sistema de combustible no presente fugas.

**Nota:**
**El funcionamiento del motor durante este período ayuda a asegurar que el sistema de combustible no tenga aire. NO afloje las tuberías de combustible de alta presión para purgar el aire del sistema de combustible. Este procedimiento no es necesario.**

Después de que el motor se haya parado, debe esperar 1O minutos para dejar que se purgue la presión de combustible de las tuberías de combustible de alta presión antes de realizar cualquier tarea de servicio o reparación en las tuberías de combustible del motor. Si es necesario, efectúe ajustes menores. Repare todas las fugas del sistema de combustible de baja presión y de los sistemas de enfriamiento, lubricación o aire. Reemplace cualquier tubería de combustible de alta presión que haya presentado fugas. Consulte el Manual de Desarmado y Armado, "Tuberías de Inyección de Combustible- Instalar".

Si inspecciona el motor en operación, utilice siempre el procedimiento de inspección apropiado para evitar peligros de penetración de fluidos en la piel.

Si el motor no arranca, consulte Localización y Solución de Problemas.

**Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) - Reemplazar**

**Figura 262**

**Nota:**
**Consulte Operación de Sistemas, Pruebas y ajustes, "Limpieza de componentes del sistema de combustible" para obtener información detallada sobre las normas de limpieza que deben observarse durante TODO el trabajo sobre el sistema de combustible.**

**Atención**
Asegúrese de que el motor esté parado antes de realizar cualquier servicio o reparación.

**Quite el elemento**

1. Gire la válvula de suministro de combustible (si tiene) a la posición CERRADA antes de realizar este mantenimiento.

2. Coloque un recipiente adecuado debajo del separador de agua para recoger el combustible que pueda derramarse. Limpie el combustible derramado. Limpie el cuerpo exterior del conjunto de filtro.

3. Haga una marca (A) temporal a través del filtro antes de quitar el conjunto.

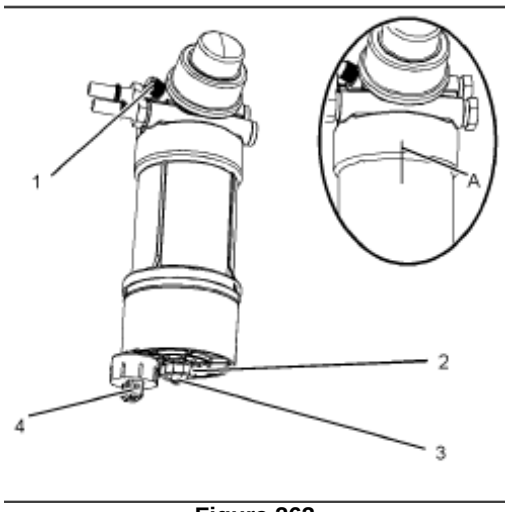



**Figura 263**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

4. Instale un tubo adecuado en el drenaje (3). Abra la válvula de drenaje (2). Rote la válvula de drenaje hacia la izquierda. Se requieren dos vueltas completas. Afloje el tornillo de ventilación (1).

**Nota:**
**Dos vueltas completas de la válvula la soltarán del elemento de filtro.**

5. Deje que el combustible drene en el recipiente. Quite el tubo e instale la válvula en el elemento de filtro. Enrosque la válvula en el elemento de filtro. No ajuste firmemente la válvula.

6. Apriete firmemente el tornillo de ventilación (1). Quite el mazo de cables de la conexión (4).

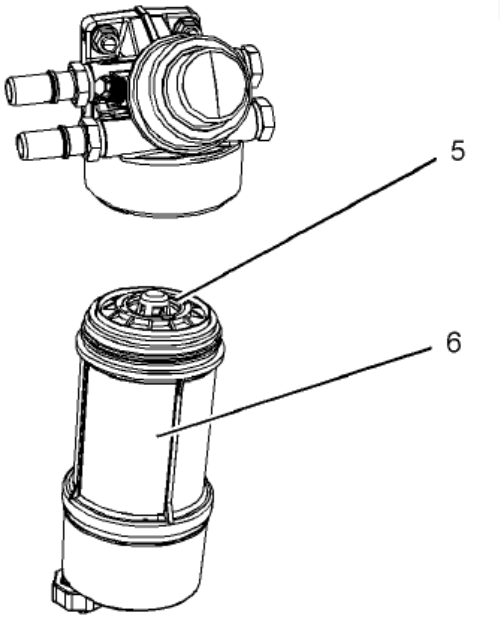



**Figura 264**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

7. Con una herramienta apropiada, quite el recipiente del filtro (6). Rote el conjunto de filtro hacia la izquierda para quitarlo. Use una herramienta adecuada para quitar el conjunto de filtro.

8. Rote el elemento de filtro (5) hacia la izquierda y quítelo. Limpie la taza del filtro.

## Agua y sedimentos del tanque de combustible – DRENAR

**Atención**
Debe tener cuidado para asegurar que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparaciones de cualquier producto. Esté preparado para recoger los fluidos en un recipiente adecuado antes de abrir o desarmar unos componentes que contiene fluidos.
Descarte todos los fluidos de acuerdo con las normas y reglamentos locales.

**Tanque de combustible**
La calidad del combustible es fundamental para el rendimiento y la duración del motor. El agua en el combustible puede ocasionar un desgaste excesivo en el sistema de combustible.

El agua se puede introducir en el tanque de combustible cuando se está reabasteciendo el tanque.

Durante el calentamiento y el enfriamiento del combustible se produce condensación. La condensación se produce a medida que el combustible atraviesa el sistema y regresa al tanque. Esto hace que se acumule agua en los tanques de combustible. El drenaje regular del tanque de combustible y la obtención de combustible procedente de fuentes confiables ayuda a eliminar el agua del combustible.

**Drene el agua y los sedimentos**

Los tanques de combustible deben contener algún dispositivo para drenar el agua y los sedimentos del fondo de los tanques.

Abra la válvula de drenaje del fondo del tanque de combustible para drenar el agua y los sedimentos. Cierre la válvula de drenaje.

Compruebe el combustible diariamente. Deje que transcurran cinco minutos después de que se haya reabastecido el tanque antes de drenar el agua y los sedimentos del tanque.

Llene el tanque de combustible después de operar el motor para eliminar el aire húmedo. Esto ayudará a evitar la condensación. No llene el tanque hasta arriba. El combustible se expande a medida que se calienta. El tanque puede rebosar.

Algunos tanques de combustible utilizan tubos de suministro que permiten que el agua y los sedimentos se asienten por debajo del extremo del tubo de suministro de combustible. Algunos tanques de combustible utilizan tuberías de suministro que toman el combustible directamente desde el fondo del tanque. Si el motor está equipado con este sistema, es importante efectuar el mantenimiento regular del filtro del sistema de combustible.

**Tanques de almacenamiento de combustible**

Drene el agua y el sedimento del tanque de almacenamiento de combustible en los siguientes intervalos:

- Semanal
- Intervalos de servicio
- Reabastecimiento del tanque

Esto ayudará a impedir que se bombee el agua y los sedimentos del tanque de almacenamiento al tanque de combustible del motor.

Si ha llenado o se ha movido recientemente un tanque de almacenamiento a granel, deje que transcurra un tiempo adecuado para que se los sedimentos se asienten antes de llenar el tanque de combustible del motor. Los deflectores internos en el tanque de almacenamiento a granel también ayudarán a atrapar los sedimentos. La filtración del

combustible bombeado desde el tanque de almacenamiento permite asegurar la calidad del combustible. Cuando sea posible, se deben utilizar separadores de agua.

**Mangueras y abrazaderas** - **INSPECCIONAR/REEMPLAZAR**

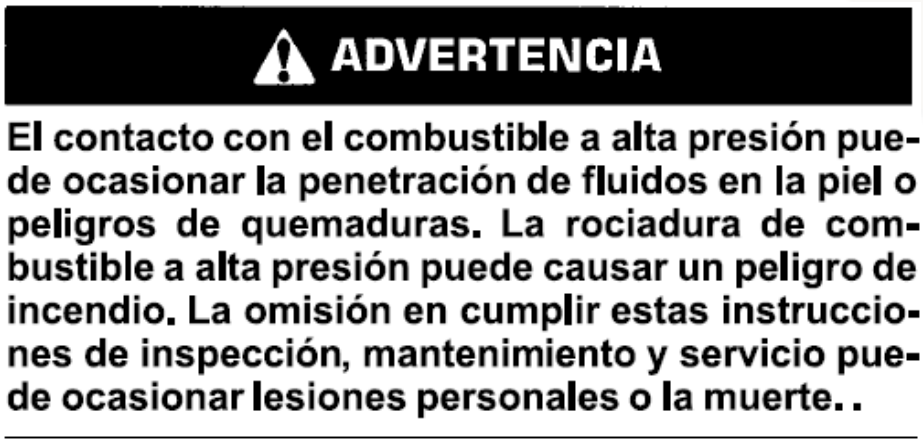



**Figura 265**

Si inspecciona el motor en operación, utilice siempre el procedimiento de inspección apropiado para evitar el peligro de una penetración de fluidos en la piel. Vea en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Información general sobre peligros".

Inspeccione todas las mangueras para ver si hay fugas causadas por las siguientes condiciones:

- Grietas
- Blandura
- Abrazaderas flojas

Reemplace las mangueras agrietadas o reblandecidas. Ajuste todas las abrazaderas flojas.

Vea si ocurre alguna de las condiciones siguientes:

- Conexiones de extremo dañadas o con fugas
- Rozaduras o cortes en la capa exterior
- Alambre de refuerzo expuesto
- Capa exterior que se está hinchando localmente
- Parte flexible de la manguera que esté plegada o aplastada
- Blindaje incrustado en la capa exterior

Se puede utilizar una abrazadera de manguera de par constante en lugar de una abrazadera estándar. Asegúrese de que la abrazadera de par constante sea del mismo tamaño que la abrazadera estándar.

Debido a los cambios extremos de temperatura, la manguera se endurecerá. El endurecimiento de las mangueras causará que las abrazaderas se aflojen. Esto puede resultar en fugas. Las abrazaderas de par constante ayudan a evitar el aflojamiento de las abrazaderas.

Cada aplicación de instalación puede ser diferente. Las diferencias dependen de los factores siguientes:

- Tipo de manguera
- Tipo de material de las conexiones
- Expansión y contracción anticipadas de la manguera
- Expansión y contracción anticipadas de las conexiones

**Reemplace las mangueras y las abrazaderas**

Vea información adicional sobre la forma de quitar y reemplazar las mangueras de combustible (si tiene) en la documentación del fabricante de equipo original.

El siguiente texto describe un método típico de reemplazar las mangueras del refrigerante. Vea información adicional sobre el sistema de refrigerante y las mangueras del sistema de refrigerante en la información suministrada por el fabricante de equipo original.

**Figura 266**

1. Pare el motor. Deje que el motor se enfríe.

2. Afloje lentamente la tapa del tubo de llenado del sistema de enfriamiento para aliviar cualquier presión. Quite la tapa.

**Nota:**
**Drene el refrigerante en un recipiente adecuado y limpie el recipiente. El refrigerante se puede volver a utilizar.**

3. Drene el refrigerante del sistema de enfriamiento hasta un nivel por debajo de la manguera que se esté reemplazando.

4. Quite las abrazaderas de la manguera.

5. Desconecte la manguera vieja.

6. Reemplace la manguera vieja por una manguera nueva.

7. Instale las abrazaderas de manguera con una llave dinamométrica.

Nota: Vea el refrigerante correcto en este Manual de Operación y Mantenimiento, "Recomendaciones de fluidos".

8. Llene el sistema de enfriamiento. Vea información adicional sobre la forma de llenar el sistema de enfriamiento en la información suministrada por el fabricante de equipo original.

9. Limpie la tapa del tubo de llenado del sistema de enfriamiento. Inspeccione los sellos de la tapa de llenado del sistema de enfriamiento. Reemplace la tapa si los sellos están dañados. Instale la tapa del tubo de llenado del sistema de enfriamiento.

10. Arranque el motor. Inspeccione el sistema de enfriamiento para ver si hay fugas.

**Radiador- LIMPIAR**

El siguiente texto describe un procedimiento típico de limpieza para el radiador. Consulte la información adicional sobre la forma de limpiar el radiador en la información suministrada por el fabricante del equipo original.

**Nota:**
**En algunas aplicaciones, se requerirá la instalación de un enfriador de combustible. El enfriador de combustible es un tipo de radiador que usa aire para enfriar el combustible. Este enfriador requiere limpieza.**

**Nota:**
**Ajuste la frecuencia de la limpieza de acuerdo con las condiciones ambientales. Inspeccione el radiador para ver si tiene: aletas dañadas, corrosión, tierra, grasa, insectos, hojas, aceite and otras basuras. Limpie el radiador, si es necesario.**

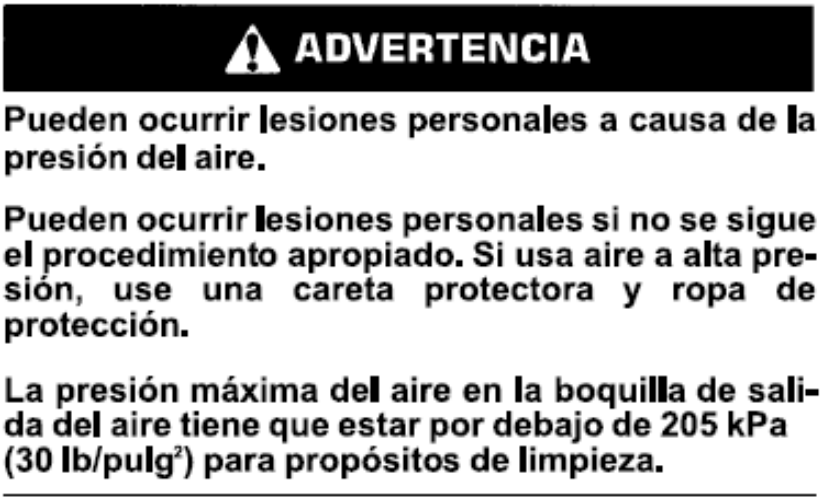



**Figura 267**

El aire presurizado es el método recomendado para quitar la basura suelta. Dirija el aire en el sentido opuesto al flujo de aire de los ventiladores. Sostenga la boquilla a 6 mm (0,25 pulgadas) aproximadamente de las aletas del radiador. Mueva lentamente la boquilla de aire en sentido paralelo al conjunto de tubo del radiador. El aire presurizado elimina la suciedad entre los tubos.
También puede utilizarse agua presurizada para la limpieza. La presión máxima del agua para la limpieza debe ser menor de 275 kPa (40 lb/pulg)

Utilice el agua presurizada para ablandar el lodo. Limpie el núcleo desde ambos lados.

Utilice un des engrasador y vapor para quitar el aceite y la grasa. Limpie ambos lados del núcleo. Lave el núcleo con detergente y agua caliente. Enjuague minuciosamente el núcleo con agua limpia.
Si el radiador está bloqueado internamente, consulte la información sobre la forma de enjuagar el sistema de enfriamiento en el Manual del Fabricante de Equipo Original (OEM).

Después de limpiar el radiador, arranque el motor. Deje que el motor funcione a baja velocidad en vacío durante 3 a 5 minutos. Acelere el motor hasta la velocidad alta en vacío. La velocidad alta en vacío contribuirá a la eliminación de basura y al secado del núcleo. Reduzca lentamente las rpm del motor hasta la velocidad baja en vacío y,

después, detenga el motor. Utilice una lámpara detrás del núcleo para inspeccionar la limpieza. Repita la limpieza si es necesario.

Inspeccione las aletas para ver si están dañadas. Las aletas pueden abrirse utilizando un "peine". Inspeccione estos elementos para asegurarse de que estén en buenas condiciones: soldaduras, soportes de montaje, tuberías de aire, conexiones, abrazaderas and sellos. Haga las reparaciones que sean necesarias.

**Tapa de presión del radiador- LIMPIAR/REEMPLAZAR**

**Figura 268**

**Atención**
Cuando se realiza algún servicio o reparación en el sistema de enfriamiento del motor, el procedimiento debe realizarse con el motor en una superficie horizontal. Esto le permite revisar con precisión el nivel de refrigerante. Esto ayuda también a evitar el riesgo de introducir una bolsa de aire en el sistema de refrigerante.

1. Pare el motor y deje que se enfríe. Afloje lentamente la tapa del tubo de llenado del sistema de enfriamiento para aliviar la presión. Quite la tapa de presión del radiador.

2. Revise el nivel de refrigerante. Consulte el Manual de Operación Mantenimiento, "Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento - Revisar".

3. Instale una tapa de presión de radiador nueva.

**Motor de arranque- INSPECCIONAR**

Si falla el motor de arranque, es posible que el motor no arranque en caso de emergencia.
Compruebe si el motor de arranque funciona correctamente. Compruebe y limpie las conexiones eléctricas. Vea más información sobre el procedimiento de comprobación y las especificaciones en el manual Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes, "Sistema de arranque eléctrico- Probar" o consulte a su distribuidor o a su concesionario para recibir ayuda.

**Turbocompresor- INSPECCIONAR**

**Figura 269**

**Atención**
Las fallas en el cojinete del turbocompresor pueden hacer que grandes cantidades de aceite entren en los sistemas de admisión de aire y de escape. La pérdida de lubricante del motor puede ocasionar daños serios al motor.
Una fuga menor de aceite en un turbocompresor durante una operación prolongada en baja en vacío no debe ocasionar problemas, siempre y cuando no ocurra una falla en el cojinete del turbocompresor.

Cuando una falla de los cojinetes del turbocompresor está acompañada de una pérdida significativa de rendimiento del motor (humo en el escape o rpm del motor ascendentes cuando está sin carga), no continúe operando hasta que se haya renovado el turbocompresor.

Una inspección visual del turbocompresor puede minimizar los tiempos de inactividad no programados. Una inspección visual del turbocompresor también puede reducir la posibilidad de causar daños potenciales a otras piezas del motor. No inspeccione el motor si está en operación.

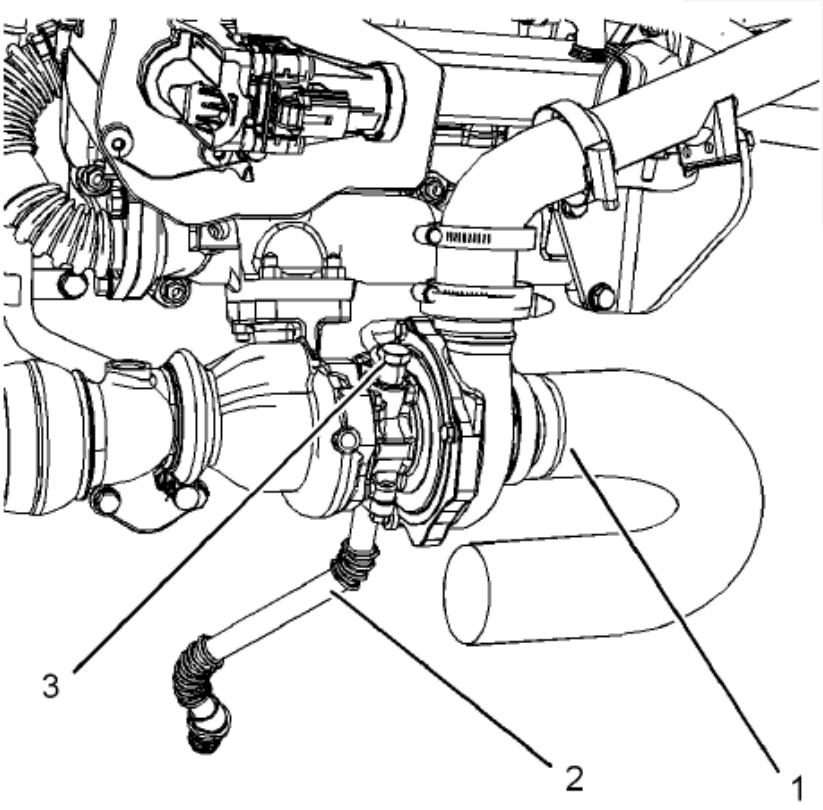



**Figura 270**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)

1. Asegúrese de que el turbocompresor esté limpio y que no tenga suciedad antes de quitar componentes para la inspección.

2. Quite el tubo de admisión de aire (1). Inspeccione visualmente las tuberías para ver si hay presencia de aceite. Se prevé una pequeña cantidad de aceite debido al diseño del sistema del respiradero. Limpie el interior del tubo para evitar la entrada de suciedad durante el rearmado.

3. Revise para ver si hay manchas de calor obvias en el turbocompresor. Revise para ver si hay pernos flojos o si faltan pernos. Revise para ver si hay daños en la tubería de suministro de aceite (3) y en la tubería de drenaje del aceite (2). Revise para ver si hay grietas en la caja del turbocompresor. Asegúrese de que la rueda del compresor pueda rotar libremente. Revise que no haya signos visibles de daños en la rueda del compresor.

4. Revise para ver si hay aceite. Si hay fugas de aceite en el lado trasero de la rueda del compresor, es posible que un sello de aceite del turbocompresor esté averiado.

La presencia de aceite puede ser consecuencia de la operación prolongada del motor a baja velocidad en vacío. La presencia de aceite también puede resultar de una restricción en la tubería del aire de admisión (filtros de aire obstruidos). Una restricción puede hacer que el turbocompresor produzca fluido no quemado.

1. Instale el tubo de admisión de aire en la caja del turbocompresor. Asegúrese de que todas las abrazaderas estén instaladas correctamente y apretadas en forma segura. Para obtener información adicional, consulte el manual Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes, "Turbocompresor- Inspeccionar".

**Inspección alrededor de la maquina**

**Inspeccione el motor para detectar si hay fugas o conexiones flojas**

Una inspección alrededor del motor sólo debe tomar unos minutos. Cuando se toma el tiempo necesario para realizar estas revisiones, se pueden evitar costosas reparaciones y accidentes.

Para prolongar la vida útil del motor al máximo, efectúe una inspección minuciosa del compartimiento del motor antes de arrancar el motor. Busque condiciones tales como fugas de aceite o de refrigerante, pernos flojos, correas desgastadas, conexiones flojas y acumulación de basura. Haga las reparaciones que sean necesarias:

- Los protectores deben estar en el lugar correcto. Repare los protectores dañados y reemplace los que falten.
- Limpie todas las tapas y tapones antes de efectuar el servicio del motor para disminuir la posibilidad de contaminación del sistema.

**Atención**
Limpie el fluido de cualquier tipo de fuga (refrigerante, lubricante o combustible). Si se observan fugas, localicé el origen de la misma y repárela. Si sospecha la presencia de fugas, compruebe los niveles de fluido más a menudo de lo recomendado hasta que se localice o se repare, o hasta que se demuestre que la sospecha de la fuga no tiene fundamento.

**Atención**
La grasa y el aceite acumulados en un motor constituyen un peligro de incendio. Quite la grasa y el aceite acumulados. Consulte este Manual de Operación y Mantenimiento, "Motor - Limpiar" para obtener información adicional.

- Asegúrese de que las mangueras del sistema de enfriamiento estén correctamente sujetadas y bien apretadas. Revise para ver si hay fugas. Revise el estado de todas las tuberías.

- Inspeccione la bomba de agua para ver si hay fugas de refrigerante.

**Nota:**
**El refrigerante del sistema de enfriamiento lubrica el sello de la bomba de agua. Es normal que se produzca fugas en pequeñas cantidades a medida que el motor se enfría y las piezas se contraen.**

La fuga excesiva de refrigerante puede indicar la necesidad de reemplazar la bomba de agua. Quite la bomba de agua. Consulte el manual Desarmado y Armado, "Bomba de Agua- Quitar e Instalar". Para obtener información adicional, consulte con su distribuidor

- Inspeccione el sistema de lubricación para ver si hay fugas en el sello delantero del cigüeñal, el sello trasero del cigüeñal, el colector de aceite, los filtros de aceite y la tapa de balancines.
- Inspeccione la tubería del sistema de admisión de aire y los codos para ver si hay grietas o abrazaderas flojas. Asegúrese de que las mangueras y los tubos no estén en contacto con otras mangueras, tubos, mazos de cables, etc.
- Asegúrese de que las áreas alrededor de las piezas giratorias estén despejadas.
- Inspeccione las correas del alternador y las correas impulsoras de cualquier accesorio para ver si hay grietas, roturas o algún otro daño.
- Inspeccione el mazo de cables para ver si hay daños.

Las correas para poleas de varias ranuras deben reemplazarse como grupos completos. Si solamente se reemplaza una correa, esa correa soportará más carga que las correas que no se reemplacen. Las correas más antiguas están estiradas. La carga adicional en la correa nueva puede hacer que se rompa.

**Tuberías de combustible de alta presión.**

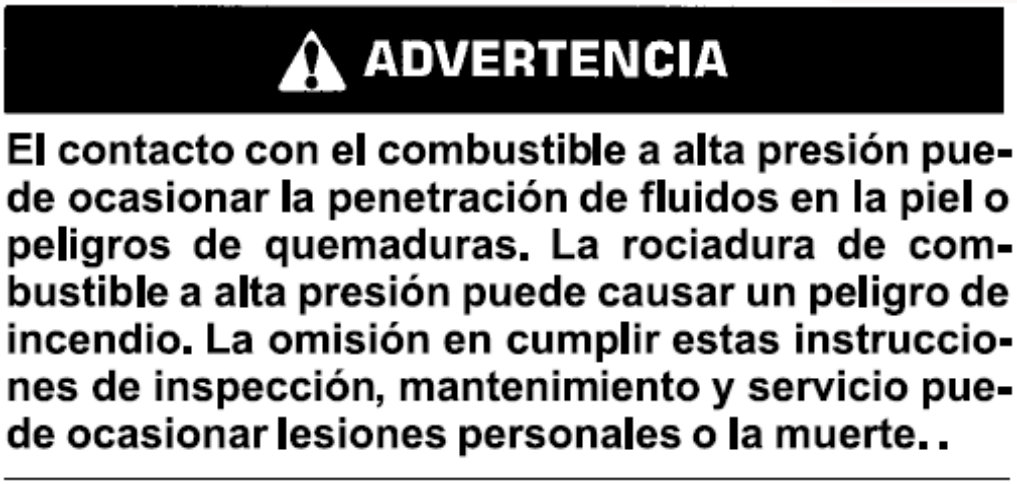



**Figura 271**

Después de que el motor se haya parado, debe esperar 1O minutos para dejar que se purgue la presión de combustible de las tuberías de combustible de alta presión antes de realizar cualquier tarea de servicio o reparación en las tuberías de combustible del motor. Si es necesario, efectúe ajustes menores. Repare todas las fugas del sistema de combustible de baja presión y de los sistemas de enfriamiento, lubricación o aire. Reemplace cualquier tubería de combustible de alta presión que haya presentado fugas. Consulte el Manual de Desarmado y Armado, 'Tuberías de Inyección de Combustible- Instalar".

Si inspecciona el motor en operación, utilice siempre el procedimiento de inspección apropiado para evitar el peligro de una penetración de fluidos en la piel. Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento, "Información sobre peligros generales".
Inspeccione visualmente las tuberías de combustible de alta presión para ver si hay daños o señales de fuga de combustible. Reemplace cualquier tubería de combustible de alta presión que esté dañada o que haya tenido fugas.
Asegúrese de que todos los broches de las tuberías de combustible de alta presión estén en su lugar y que no estén flojos.

- Inspeccione el resto del sistema de combustible para ver si hay fugas. Busque abrazaderas flojas en la tubería de combustible.
- Drene diariamente el agua y el sedimento del tanque de combustible para asegurarse de que sólo entre combustible limpio al sistema de combustible.
- Inspeccione los cables y los mazos de cables para ver si hay conexiones flojas y cables desgastados o deshilachados. Revise para ver si hay envolturas de atadura flojas o faltantes.

- Inspeccione la correa de conexión a tierra para asegurarse de que esté bien conectada y en buenas condiciones.
- Desconecte los cargadores de batería que no estén protegidos contra la descarga de corriente del motor de arranque. Revise el estado y el nivel de electrolito de las baterías, a menos que el motor esté equipado con una batería libre de mantenimiento.
- Revise el estado de los medidores. Reemplace los medidores que estén agrietados. Reemplace los medidores que no puedan calibrarse.

**Bomba de agua - INSPECCIONAR**

Una bomba de agua averiada puede causar problemas graves de recalentamiento del motor que pueden producir las condiciones siguientes:

- Grietas en la culata de cilindro
- Atascamiento de los pistones
- Otros posibles daños al motor

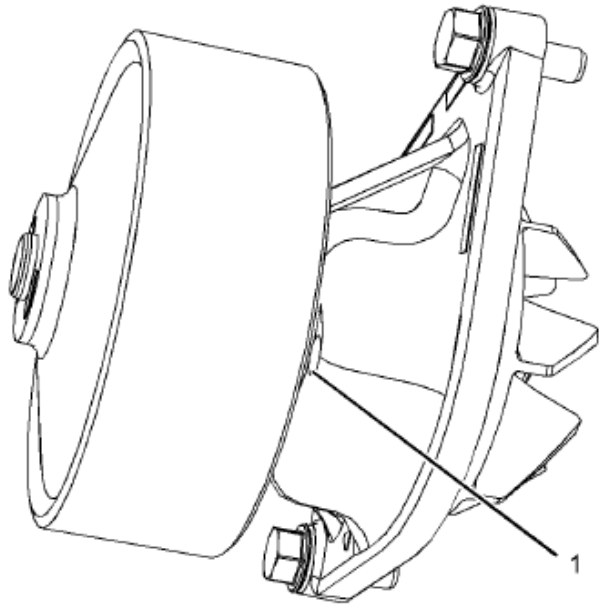



**Figura 272**

Ejemplo típico (Gentileza de Caterpillar Américas Co.)
(1) Orificio de goteo

**Nota:**

**El refrigerante en el sistema de enfriamiento lubrica los sellos de la bomba de agua. Inspeccione visualmente la bomba de agua para ver si hay fugas.**

**Nota:**
**Si entra refrigerante del motor en el sistema de lubricación del motor, el aceite lubricante y el filtro de aceite del motor deben reemplazarse. El drenaje quita los contaminantes y evita las muestras de aceite irregulares.**
**Para instalar una bomba de agua nueva, consulte el Manual de Desarmado y Armado, "Bomba de Agua - Quitare Instalar".**

**Amortiguador- INSPECCIONAR**

El amortiguador de vibraciones del cigüeñal limita la vibración torsional del cigüeñal. El amortiguador Visconic tiene un contrapeso ubicado en el interior de una caja llena de fluido.
Si se produce cualquier daño o falla del amortiguador de vibraciones, pueden aumentar las vibraciones torsionales. Esta vibración puede causar daños al cigüeñal y a otros componentes del motor. El deterioro del amortiguador puede causar un ruido excesivo del tren de fuerza en varios puntos de la gama de velocidades.

1. Prepare la máquina para el mantenimiento. Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento

2. Inspeccione visualmente el amortiguador para ver si existen las siguientes condiciones:

- Abolladuras
- Grietas
- Dobladuras
- Evidencia de una fuga de fluido (fluido en el amortiguador es silicona. La silicona es transparente, viscosa y suave)
- Evidencia de calor excesivo (se pudo utilizar un termómetro infrarrojo para vigilar la temperatura del amortiguador durante la operación. La temperatura no debe exceder los 93 °C (200 °F)).

3. Si existe cualquiera de estas condiciones, reemplace el amortiguador de vibraciones del cigüeñal.

## Recomendaciones de mantenimiento

La eficiencia del control de emisiones y el rendimiento del motor dependen de que se cumplan las recomendaciones apropiadas de operación y mantenimiento y del uso de combustibles y aceites lubricantes recomendados. De acuerdo con las recomendaciones, los ajustes y reparaciones importantes deben ser realizados por su concesionario autorizado o personal altamente clasificado

Hay varios aditivos de combustible químicos disponibles que ofrecen reducir el humo visible. Aunque se han utilizado aditivos para resolver algunos problemas aislados de humo en el campo, no se recomienda usar aditivos para uso general. Los motores deben certificarse sin usar eliminadores de humo, de acuerdo a las regulaciones sobre humo.

## Actividad N° 12

**Introducción a la actividad**

En la siguiente actividad los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán ejecutar la identificación y función de los componentes del motor y analizar sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de definir el funcionamiento del motor y sus sistemas, basado en el manual del fabricante

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante definir el funcionamiento del motor y sus sistemas, basado en el manual del fabricante.

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica los distintos sistemas de apoyo del motor.

| | |
|---|---|
| **Recurso Plataforma Web** | |
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

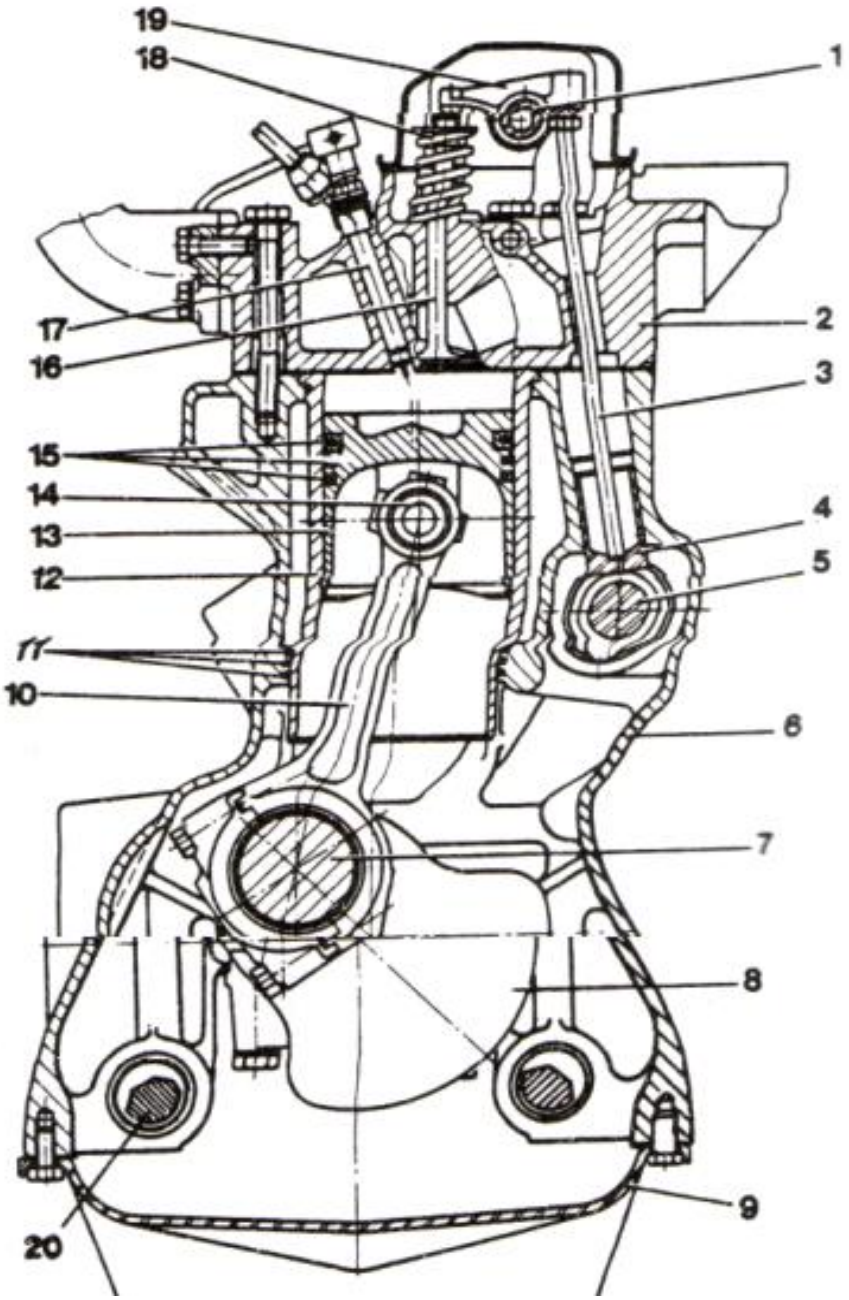
El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de evaluación del motor, se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor.
Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

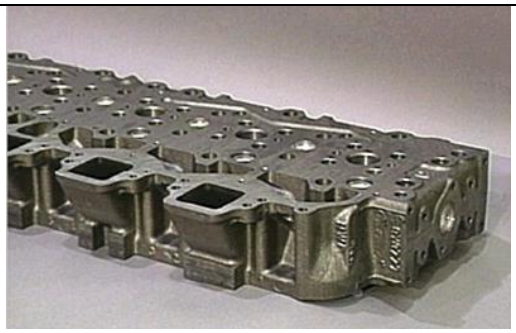
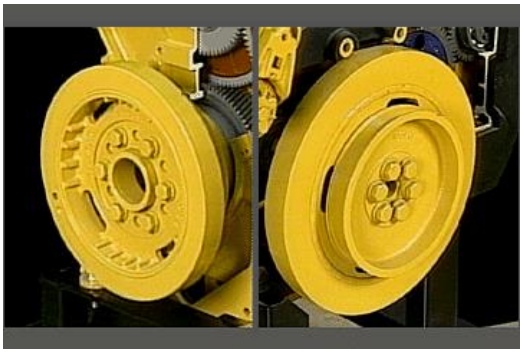
- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

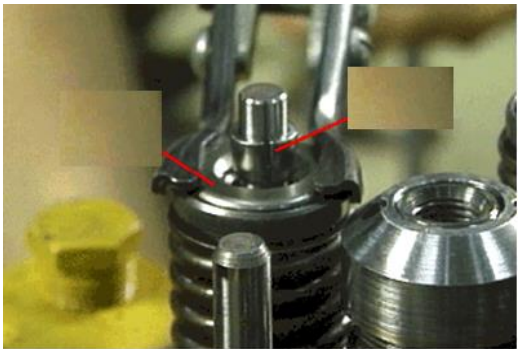
1. Identifiqué los componentes de la siguiente imagen y complete la tabla.



| N° | identificación |
|---|---|
| 1 | Eje de balancines |
| 2 | Culata |
| 3 | Alza válvula o varilla de empuje |
| 4 | Taque |
| 5 | Eje de levas o Camon del leva |
| 6 | Block |
| 7 | Cigüeñal |
| 8 | Contrapeso |
| 9 | Carter |
| 10 | Biela |
| 11 | Sellos de camisa |
| 12 | Camisa |
| 13 | Pistón |
| 14 | Pasador de pistón |
| 15 | Conjunto anillos |
| 16 | Válvula |
| 17 | Inyector |
| 18 | Resorte de válvula |
| 19 | Balancín |
| 20 | Drenaje |

2. Indique el nombre y describa la función de los siguientes componentes:

| Imagen | Nombre de componente | Función del componente |
|---|---|---|
| | Camisa o cilindro | Contienen a los pistones<br>Formar la cámara de combustión<br>Disipar el calor de los pistones<br>Permitir el reemplazo por desgaste |
|  | Culata | Es la tapa de los cilindros.<br>Permite la hermeticidad.<br>Sostiene al puente de válvulas, balancines, válvulas, asientos, inyectores, etc.<br>Permite la entrada de aire y salida de gases de escape.<br>Contiene conductos internos de refrigerante y aceite.<br>En algunos casos mantienen las cámaras de pre combustión. |
|  | Dámper | Reduce las vibraciones torsionales.<br>Se asemeja a un volante pero montado en la parte delantera del cigüeñal<br>Caucho y viscosos |

| | | |
|---|---|---|
| i  | **Rotadores** | **Eliminan los residuos de carbono.**<br><br>**Permiten un desgaste uniforme.**<br><br>**Existen los positivos y de liberación.**<br><br>**Se puede hacer rotar la válvula compensándola** |
| | **Eje de levas** | **Proporciona un medio preciso para controlar el aire de entrada y salida de gases de escape del cilindro.**<br><br>**Permite controlar el momento adecuado para la inyección de combustible.**<br><br>**Fabricado de acero forjado con una serie de tratamientos térmicos para endurecer sus superficies de contacto.**<br><br>**Posee un lóbulo de leva para cada válvula y en algunos casos para los inyectores.**<br><br>**Posee descansos para soportar el eje de levas en el block o culata.** |

| | | |
|---|---|---|
| | **Cojinetes O metales** | **Deben soportar altas cargas.**<br>**Resistir la fatiga.**<br>**Capacidad de incrustación**<br>**Adaptabilidad.**<br>**Resistir corrosión**<br>**Capacidad de desgaste** |

| **Conclusiones finales del participante:** | | |
|---|---|---|
| **Nombre del instructor** | **Fecha** | **Firma** |
| | | |

| Observaciones |
| --- |
| |

**Cierre**

El participante deberá comprender la importancia de la definición el funcionamiento del motor y sus sistemas para poseer una base sólida de conocimientos para el posterior análisis.
El instructor deberá resaltar la importancia de la definición de los componentes mostrados

## Actividad N° 13

**Introducción a la actividad**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán definir el funcionamiento de los dispositivos electrónicos y analizar sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de definir el funcionamiento de los distintos dispositivos electrónicos presentes en un motor diésel según manual del fabricante

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante definirá el funcionamiento de los distintos dispositivos electrónicos presentes en un motor diésel según manual del fabricante.

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica los distintos dispositivos electrónicos presentes en el motor.

| **Recurso Plataforma Web** | |
|---|---|
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | ✓ |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito
- 1 equipo minero operativo
- 3 Tester eléctrico
- 3 sensores análogos
- 3 sensores digitales
- 3 sensores de frecuencia

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de la aplicación de definir el funcionamiento de los dispositivos electrónicos el participante se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.

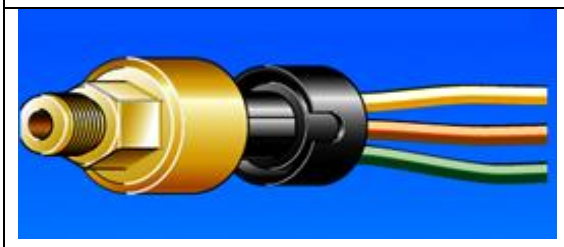
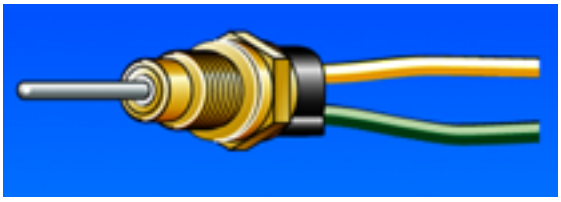
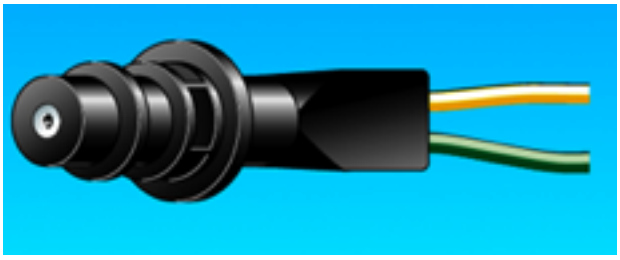
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

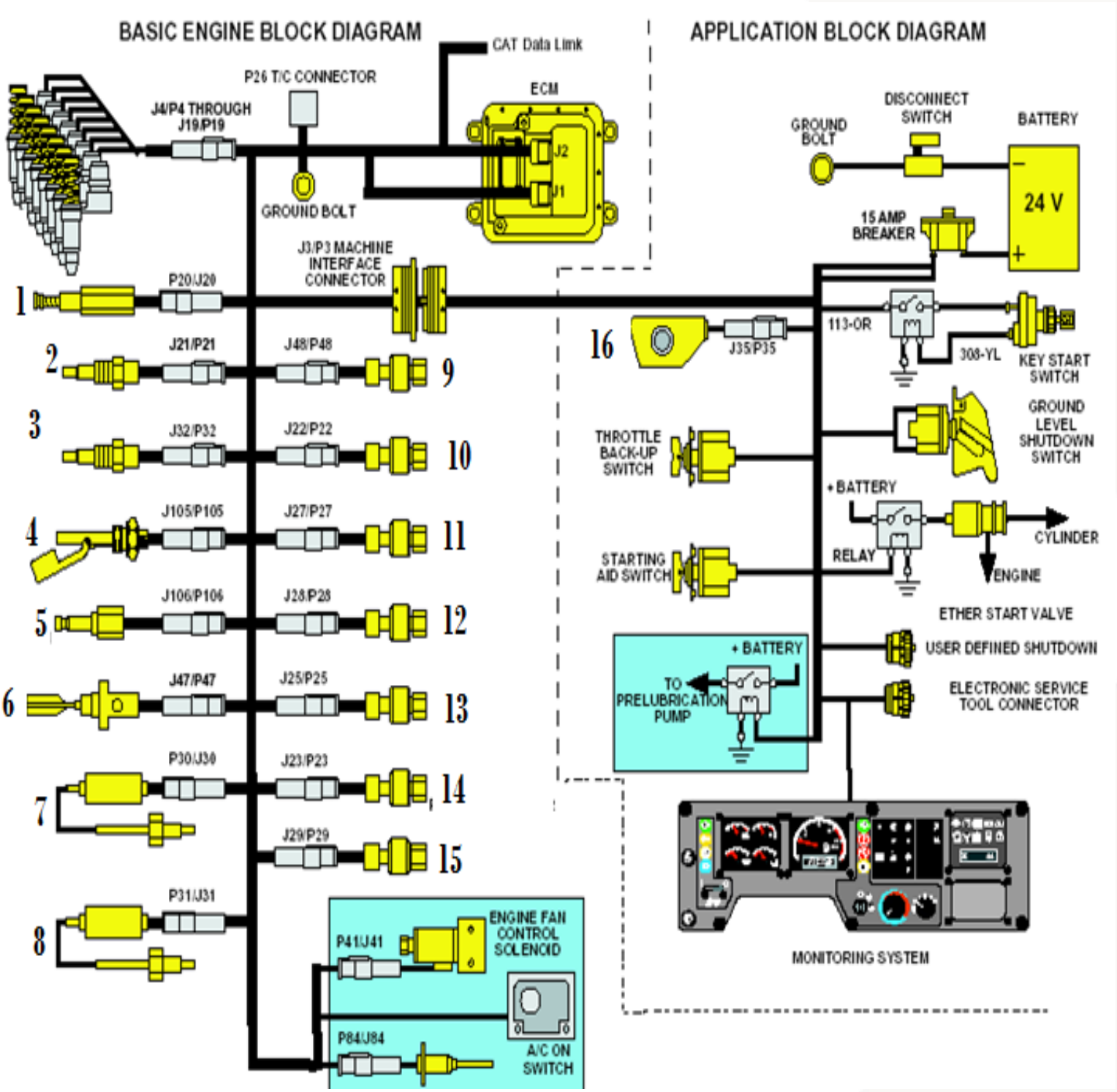
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

1. Defina el funcionamiento de los tipos de componentes electrónicos.

| **Señales de entrada** | **Control** | **Señales de salida** |
|---|---|---|
| Estos componentes envían señales de voltaje o frecuencia al módulo de control electrónico.<br><br>Las señales se interpretan por el módulo de control electrónico que puede ser información del estado, ambiente u operación de la máquina | Una vez recibidas las señales de entrada, los circuitos electrónicos dentro del control electrónico evalúan la información y suministran energía eléctrica a los componentes de salida.<br><br>Nota: Esta energía se suministra como respuesta a combinaciones predeterminadas de valores de las señales de entrada. | El componente de salida recibe energía eléctrica del grupo de control y la usa para activar los solenoides de los inyectores y a la vez da información o advierte al operador del motor. |

2. Identifique a qué tipo de sensor corresponde y describa su función:

| Imagen | Tipo de sensor | Función |
|---|---|---|
|  | Sensor análogo | Sensor de presión |
|  | Sensor análogo | Sensor de temperatura |
| | Sensor digital | Sensor de posición |
|  | Sensor de frecuencia | Sensor de velocidad |


BASIC ENGINE BLOCK DIAGRAM
APPLICATION BLOCK DIAGRAM
CAT Data Link
P26 T/C CONNECTOR
ECM
J4/P4 THROUGH J19/P19
J2
J1
GROUND BOLT
J3/P3 MACHINE INTERFACE CONNECTOR
DISCONNECT SWITCH
BATTERY
GROUND BOLT
24 V
15 AMP BREAKER
P20/J20
1
J21/P21
J48/P48
2
9
J32/P32
J22/P22
3
10
J105/P105
J27/P27
4
11
J106/P106
J28/P28
5
12
J47/P47
J25/P25
6
13
P30/J30
J23/P23
7
14
J29/P29
15
P31/J31
8
ENGINE FAN CONTROL SOLENOID
P41/J41
P84/J84
A/C ON SWITCH
16
J35/P35
113-OR
308-YL
KEY START SWITCH
GROUND LEVEL SHUTDOWN SWITCH
THROTTLE BACK-UP SWITCH
+ BATTERY
RELAY
CYLINDER
ENGINE
STARTING AID SWITCH
ETHER START VALVE
+ BATTERY
TO PRELUBRICATION PUMP
USER DEFINED SHUTDOWN
ELECTRONIC SERVICE TOOL CONNECTOR
MONITORING SYSTEM

3. Nombre los principales dispositivos electrónicos de motor según el plano anterior en la siguiente tabla.

| Número | Identificación de componente |
|---|---|
| 1 | Sensor de velocidad y tiempo |
| 2 | Sensor de temperatura del refrigerante |
| 3 | Sensor de temperatura del aftercooler |
| 4 | Switch de bajo nivel de aceite |
| 5 | Switch de presión diferencial de combustible |
| 6 | Switch de bajo flujo de refrigerante |
| 7 | Sensor de temperatura de escape de turbo cargador izquierdo |
| 8 | Sensor de temperatura de escape de turbo cargador derecho |
| 9 | Sensor de presión de saturación de filtro de aceite |
| 10 | Sensor de baja presión de aceite |
| 11 | Sensor de presión atmosférica |
| 13 | Sensor de presión de admisión izquierdo |
| 14 | Sensor de presión de admisión derecho |
| 15 | Sensor de presión de caja del cigüeñal |
| 15 | Sensor de posición del acelerador |

4. Realice testeo instrumental y compare los datos con las especificaciones

| Sensor utilizado | Parámetro registrado | Especificaciones técnicas |
|---|---|---|
| • Sensores de presión<br>• T° refrigerante<br>• T° aftercooler | | Sensores Análogos 5.0 +- 0.2 VDC |
| • Sensor posición del acelerador<br>• Sensor temperatura aceite de freno<br>• Sensor velocidad Fan | | Parámetro a utilizar para sistema con ADEM I<br>Sensores Digital 12,7 +- 1.0 VDC |
| • Sensor posición del acelerador<br>• Sensor temperatura aceite de freno<br>• Sensor velocidad Fan | | Parámetro a utilizar para sistema winflash<br>Sensor posición del acelerador<br>Sensor temperatura aceite de freno<br>Sensor velocidad Fan |

**Cierre**

El instructor deberá proyectar en la pizarra respuestas correctas y discutirlas con los alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de definir el funcionamiento de los distintos dispositivos electrónicos presentes en el motor para realizar certeras evaluaciones y acortar los tiempos de detención de equipos.

## Actividad N° 14

**Introducción a la actividad**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán definir el funcionamiento del sistema eléctrico de 24 volt y analizar sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de definir el funcionamiento del sistema eléctrico de 24volt

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante definir el funcionamiento del sistema eléctrico de 24volt, basado en el manual del fabricante.

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica el funcionamiento del sistema eléctrico de 24 volt de apoyo del motor.

| | |
|---|---|
| **Recurso Plataforma Web** | |
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

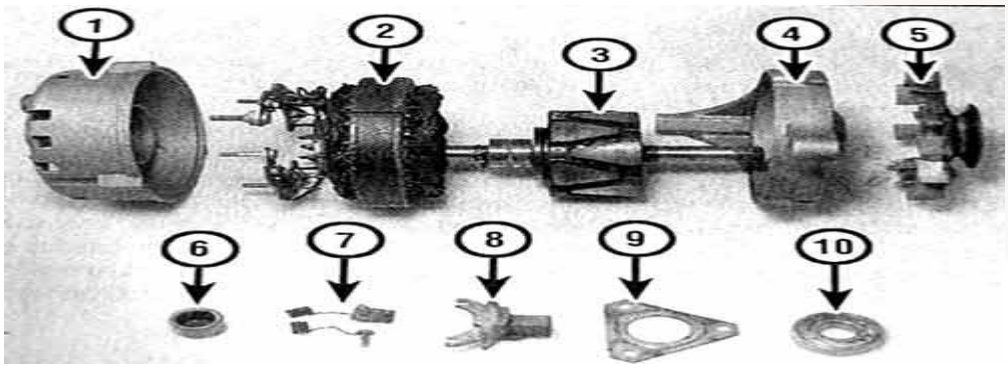
El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de definición del sistema eléctrico de 24 volt se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

1- Explique el funcionamiento de los siguientes componentes:




| Nombre | Estructura y función |
|---|---|
| **1. Estructura del extremo:** | Es una pieza de aluminio obtenida por fundición (se ve en la figura del despiece del alternador de arriba), donde se monta el porta escobillas, fijado a ella por tornillos. De esta misma carcasa salen los bornes de conexión del alternador y en su interior se aloja el cojinete que sirve de apoyo al extremo del eje del rotor. En su cara frontal hay practicadas unos orificios, que dan salida o entrada a la corriente de aire provocada por el ventilador. |
| **2. Estator y Placa de diodos** | El estator es la parte fija del alternador la que no tiene movimiento y es donde están alojadas las bobinas inducidas que generan la corriente eléctrica. El estator tiene una armazón que está formado por un paquete ensamblado de chapas magnéticas de acero suave laminado en forma de corona circular, troqueladas interiormente para formar en su unión las ranuras donde se alojan las bobinas inducidas.<br>El bobinado que forman los conductores del inducido está constituido generalmente por tres arrollamientos separados y repartidos perfectamente aislados en las 36 ranuras |

| | |
|---|---|
| | que forman el estator. Estos tres arrollamientos, o fases del alternador, pueden ir conectados según el tipo: en estrella o en triángulo, obteniéndose de ambas formas una corriente alterna trifásica, a la salida de sus bornes |
| **3. Rotor :** | El rotor o parte móvil del alternador, es el encargado de crear el campo magnético inductor el cual provoca en el bobinado inducido la corriente eléctrica que suministra después el alternador. El rotor está formado a su vez por un eje o árbol sobre el cual va montado el núcleo magnético formado por dos piezas de acero forjado que llevan unos salientes o dedos entrelazados sin llegar a tocarse, que constituyen los polos del campo magnético inductor. Cada uno de las dos mitades del núcleo llena 6 o 8 salientes. Con lo que se obtiene un campo inductor de 12 o 16 polos.<br>En el interior de los polos, va montada una bobina inductora de hilo de cobre aislado y de muchas espiras, bobinada sobre un carrete material termoplástico. |
| **4. Estructura del otro extremo:** | Al igual que la otra carcasa es de aluminio fundido, y en su interior se aloja el otro cojinete de apoyo del eje del rotor. En su periferia lleva unas bridas para la sujeción del alternador al motor del vehículo y el tensado de la correa de arrastre. En su cara frontal, lleva practicados también unos orificios para el paso de la corriente de aire provocada por el ventilador.<br><br>Las dos carcasas aprisionan el estator y se unen por medio de tornillos, quedando en su interior alojado el estator y el rotor, así como el puente rectificador. |

| | |
|---|---|
| **5. Polea y ventilador:** | Los componentes del alternador experimentan un considerable aumento de la temperatura debido, sobre todo, a las pérdidas de calor del alternador y a la entrada de calor procedente del compartimento motor. La temperatura máxima admisible es de 80 a 100ºC, según el tipo de alternador.<br>La forma de refrigeración más utilizada es la que toma el aire de su entorno y la hace pasar por el interior del alternador por medio de ventiladores de giro radial en uno o ambos sentidos. Debido a que los ventiladores son accionados junto con el eje del alternador, al aumentar la velocidad de rotación se incrementa también la proporción de aire fresco. Así se garantiza la refrigeración para cada estado de carga. En diversos tipos de alternadores, las paletas del ventilador se disponen asimétricamente. De esta forma se evitan los silbidos por efecto sirena que pueden producirse a determinadas velocidades. |
| **6. Rodamiento:** | Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje. |
| **7. Escobillas o carbones:** | Son necesarias para establecer una conexión eléctrica entre una parte fija y una parte rotatoria en un dispositivo. |

| | |
|---|---|
| **8. Porta carbones:** | Portan o alojan los carbones que establecen la conexión eléctrica entre una parte fija y otra móvil. |
| **9. Reten de rodamiento:** | Alojan los rodamientos que soportan los esfuerzos radiales. |
| **10. Rodamiento:** | Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje. |

**Cierre**

El instructor deberá revisar trabajo practico entregado por los alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de definir de manera correcta el funcionamiento del sistema eléctrico de 24volt para realizar certeras evaluaciones y acortar los tiempos de detención de equipos.

## Actividad N° 15

### Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán realizar el armado de un circuito eléctrico de 24 volt y analizar sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de aplicar el procedimiento de armado de los sistemas de 24 volt

### Aprendizaje esperado que desarrolla

El participante aplica los procedimientos de amado de sistema de 24 volt, siguiendo planos eléctricos y manual de fabricante.

### Estrategia metodológica para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica el procedimiento de armado del sistema eléctrico de 24 volt

| | |
|---|---|
| **Recurso Plataforma Web** | |
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | ✓ |

### Materiales y recursos

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra

- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito
- 4 Corta corriente
- 4 chapas de contacto
- 2 baterías
- 2 fusibles de 60 amp
- 4 maletas de conectores deutch
- 10 mts de cable rojo tac 16
- 10 mts de cable negro tac 16
- 2 mts de cale tac 8
- 2mt de cable negro tac 8
- 4 motores de arranque
- 4 relés de arranque
- 8 ampolletas de 12 volt
- 4 Tester eléctricos

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

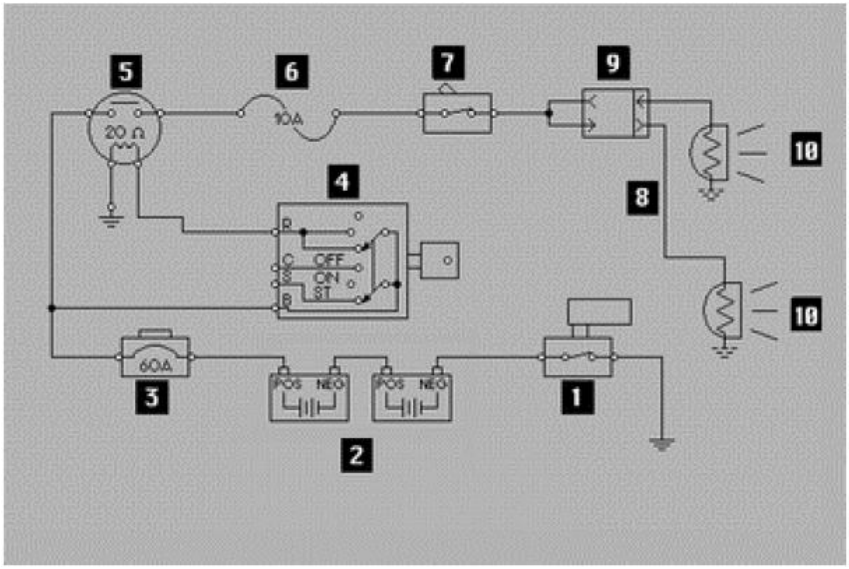
En la de armado del sistema eléctrico de 24 volt se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

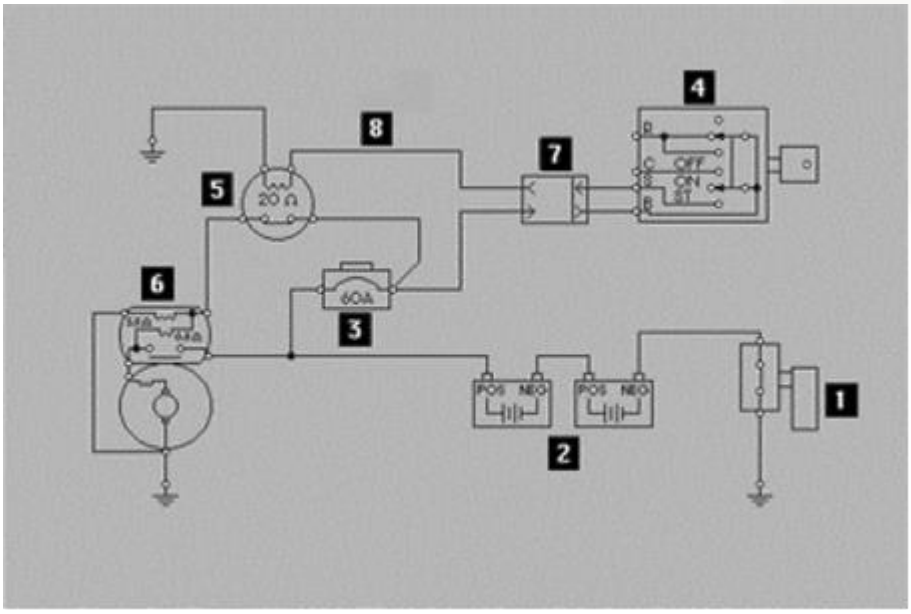
1. Realice con los elementos entregados por el instructor el siguiente Esquema N°1 de alumbrado:



2. Exponga el trabajo realizado en conjunto con la lista de verificación.

| Verificar | Resultado | Especificado |
|---|---|---|
| Medición de caída de voltaje en la línea | | 00 volt |
| Medición de la caída de voltaje entre los puntos 1 y 2 | | 00 volt |
| Medición de caída de voltaje en el relé | | 00 volt |
| Medición de caída de voltaje a través del fusible | | 00 volt |
| Medición de caída de voltaje con el interruptor abierto | | 25.5 volt |

3. Realice con los elementos entregados por el instructor el siguiente Esquema de arranque




4. Exponga el trabajo realizado en conjunto con la lista de verificación.

| Verificar | Resultado | Especificado |
|---|---|---|
| Medición de la resistencia entre G y 6. | | + 00.1 ohm |
| Medición de los contactos del relé | | + 0.43 volt |
| Medición de voltajes en el relé cerrado | | 16 a 20 volt |
| Medición de voltajes en el relé abierto | | 00 volt |

**Cierre**

El instructor deberá revisar trabajo practico entregado por los alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de aplicar de manera correcta los procedimientos de armado de sistema de 24 volt  para realizar certeras evaluaciones y acortar los tiempos de detención de equipos.

## Actividad N° 16

**Introducción a la actividad**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán ejecutar procedimientos de mantenimiento preventivo del motor y analizar sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de definir las pautas de mantenimiento preventivo.

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante definir las pautas de mantenimiento preventivo aplicables al motor, según pautas entregadas por el fabricante.

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica las distintas pautas de mantención preventiva existentes.

| | |
|---|---|
| **Recurso Plataforma Web** | |
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | ✓ |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno

- Lápiz grafito
- 1 equipo minero operativo

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de la aplicación de la puta de mantenimiento preventivo se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

1. Aplique la siguiente pauta de mantenimiento preventivo.

| **INSPECCIONADO POR:** | | **FECHA** | **FAENA** |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE** | **BUEN ESTADO** | **REPARAR** | **OBSERVACIONES** |
| **MOTOR DIESEL** | | | |
| GUARDAS DEL MOTOR | | | |
| TURBOALIMENTADOR | | | |
| COMPRESOR DE AIRE | | | |
| SIST.MONITOREO ELECTRONICO | | | |
| PRE-FILTRO DE AIRE | | | |
| FILTRO DE AIRE | | | |
| MULTIPLE DE ADMISIÓN Y TUBERIAS | | | |
| MULTIPLE DE ESCAPE | | | |
| SILENCIADOR | | | |
| HOROMETRO | | | |
| ENFRIADOR DE AIRE | | | |
| BOMBA INYECTORA | | | |
| BOMBA DE TRANSFERENCIA | | | |
| BOMBA DE CEBADO | | | |
| CARTER | | | |
| SEPARADOR DE AGUA | | | |
| FILTRO DE COMBUSTIBLE | | | |
| LLAVES ESTANQUE COMBUSTIBLE | | | |
| EYECTOR DE POLVO | | | |
| SISTEMA ENFRIAMIENTO | | | |
| RADIADOR | | | |
| CORREAS | | | |
| VENTILADOR | | | |
| BOMBA DE AGUA | | | |
| ENFRIADORES DE ACEITE | | | |
| TAPA BOTE SUPERIOR | | | |
| VÁLVULA DE ALIVIO | | | |

2. Realice la siguiente pauta de mantenimiento.

***PAUTAS DE MANTENIMIENTO***

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Estándar Job** | | **Pauta de mantenimiento Preventivo** | **Horómetro** | |
| **Equipo Nº** | | | **N° de personas** | |
| **Fecha** | | | **Tiempo estándar** | |
| **O.T. Nº** | | | **Tiempo real** | |
| **N° de Tarea** | | | **Hora inicio** | |
| **N° de Tarea Mantención Programada** | | | **Hora término** | |

**Seguridad:**

Hoja de inspección de riesgos con la participación de los ejecutantes, Bloqueo de fuentes de energía, barra de seguridad, Use elementos de protección personal, zapatos, casco, guantes y lentes;
Verifique que no se encuentre ninguna persona alrededor del equipo antes de poner en marcha y efectuar los movimientos

**Riesgos**

Quemaduras en manos y cuerpo en contacto con el motor, transmisión u otros componentes que toman temperatura; Proyección de flujo de aire o aceite hacia la cara; Golpearse con o contra los componentes en movimiento; Atrapamiento de manos o ropa en carriles en movimiento; Cortarse o pincharse las manos con hebras de acero de piolas o mangueras en mal estado; Atropellamiento; Colisión con otro equipo al efectuar pruebas de frenos; salida de equipos sin coleros, Caídas de mismo o distinto nivel, piso sucio, escalas, escaleras en mal estado

| ACTIVIDADES | Normal | Defecto | Descripción del defecto o Medición | Reparación requerida | Tiempo estimado | Prioridad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | baja | media | alta |
| 1- INSPECIONAR/AJUSTAR NIVEL DE REFRIGERANTE | | | | | | | | |
| 2- COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION ENTRE CULATAS Y BLOCK. | | | | | | | | |
| 3- COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION POR BOMBA DE AGUA DE MOTOR. | | | | | | | | |
| 4- COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DICTOS DE REFRIGERANTE | | | | | | | | |
| 5- COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACION POR TAPA DE RADIADOR | | | | | | | | |

| ACTIVIDADES | Normal | Defecto | Descripción del defecto o Medición | Reparación requerida | Tiempo estimado | Prioridad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Baja | Media | Alta |
| 6 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION TAPAS DE VÁLVULAS DE MOTOR | | | | | | | | |
| 7 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR CULATA Y BLOCK | | | | | | | | |
| 8 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR DISTRIBUCION TRASERA | | | | | | | | |
| 9 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR DISTRIBUCION DELANTERA | | | | | | | | |
| 10 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR TAPA DE VÁLVULAS | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR RETEN DE CICUEÑAL DELANTERO DE MOTOR | | | | | | | | |
| 12 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR RETEN DE CIGÜEÑAL TRASERO DE MOTOR | | | | | | | | |
| 13 - COMPROBAR FUGAS EXISTENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION POR CARTER | | | | | | | | |

| **Conclusiones finales del participante:** | | |
|---|---|---|
| **Nombre del instructor** | **Fecha** | **Firma** |
| | | |

| Observaciones |
| --- |
| |

**Cierre**

El instructor deberá proyectar en la pizarra informe entregado por alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de realizar pautas de mantenimiento preventivo para mantener funcionamiento correcto del motor diésel y evitar futuras fallas catastróficas.

## Actividad N°17

**Introducción a la actividad**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán ejecutar procedimientos de desarme, evaluación y armado analizando sus características con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz desarmar, evaluar y armar un motor diésel

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante es capaz de desarmar, evaluar y armar motor diésel siguiendo procedimientos

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.
El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica el correcto uso del procedimiento de desarme, evaluación y armado de motor diésel.

| **Recurso Plataforma Web** | |
|---|---|
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | ✓ |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito
- Taller
- 3 motores diésel
- 3 kit de herramientas manuales según procedimiento
- 3 kit de herramientas de izaje
- 3 kit de limpieza

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de la aplicación de la puta de desarme, evaluación y armado se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.

- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

**Actividades:**

1. Realizar desarme de motor diésel según procedimiento.
2. Realizar evaluación de motor diésel según procedimiento.
3. Realizar armado de motor diésel según procedimiento.
4. Generar informe técnico de trabajos realizados.

| | | |
|---|---|---|
| Nombre del participante: | | |
| Fecha: | Firma del participante: | |

*Esta pauta de evaluación, abarca todos los contenidos vistos anteriormente en el desarrollo del curso. Tiene como objetivo evaluar las habilidades del participante en los contenidos antes mencionado por el instructor.*

| PREGUNTAS | SI | NO | Comentarios |
|---|---|---|---|
| 1) confecciona hoja de seguridad antes de comenzar la tarea. | | | |
| 2) segrega área de trabajo. | | | |
| 3) realiza una correcta selección de | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| herramientas antes de comenzar la tarea. | | | |
| 4) usa procedimiento correspondiente a la tarea de desarme de motor | | | |
| 5) se apoya en literatura técnica durante el proceso de evaluación. | | | |
| 6) usa procedimiento correspondiente a la tarea de armado de motor | | | |
| 7) usa procedimiento housekeeping | | | |
| 8) entrega informe técnico | | | |

| **Conclusiones finales del participante:** | | |
|---|---|---|
| **Nombre del instructor** | **Fecha** | **Firma** |
| | | |

| Observaciones |
| --- |
| |

**Cierre**

El instructor deberá proyectar en la pizarra informe entregado por alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de realizar un correcto desarme evaluación y armado de motor diésel y así evitar futuras fallas catastróficas.

## Actividad N°18

**Introducción a la actividad**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán ejecutar procedimiento de puesta en marcha, regulación y chequeo con el apoyo del manual del estudiante.

Junto a lo anterior deberán responder una serie de preguntas asociadas a condiciones específicas en el equipo que podrían traer consecuencias en términos de rendimiento y productividad.

El objetivo de la actividad es que el participante sea capaz de preparar y dar partida a motor.

**Aprendizaje esperado que desarrolla**

El participante es capaz de preparar y dar partida al motor, regulando y chequeando los distintos sistemas basado en el manual del fabricante.

**Estrategia metodológica para el instructor**

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos para promover el aprendizaje a través de actividades.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes en la medida que explica el correcto uso del procedimiento de puesta en marcha de motor.

| **Recurso Plataforma Web** | |
|---|---|
| **Explicación demostrativa en aula** | ✓ |
| **Recurso Audiovisual** | ✓ |
| **Propuestas de situaciones problemáticas** | ✓ |
| **Formulación de Preguntas** | ✓ |
| **Taller de Trabajo** | ✓ |

**Materiales y recursos**

- Sala de clases
- Proyector
- Plumones
- Pizarra
- Borrador
- Cuaderno del alumno
- Lápiz grafito
- Taller
- 3 equipos mineros operativos
- 3 kit de herramientas manuales según procedimiento
- 3 kit de herramientas de testeo y regulación de motor según procedimiento
- 3 kit de limpieza

**Desarrollo de la Actividad**

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en la pizarra paso a paso el procedimiento para el desarrollo de la actividad.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida que vaya realizando la actividad, para medir el grado de conocimiento.

En la etapa de la aplicación de la puta de puesta en marcha se deberá guiar con el manual del alumno y el instructor. Para dar respuesta a las preguntas de la actividad el instructor previamente deberá explicar situaciones relacionadas con cada una de ellas mediante ejemplos.

**Seguridad**
En todas las actividades en salas de clases el instructor les debe explicar a los alumnos, los siguientes aspectos de seguridad:

- Identificar las vías de escape y conocer el punto de encuentro de emergencia.
- Reglas de higiene y seguridad dentro de la sala, como por ejemplo no ingerir alimentos dentro de esta.

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

1. Realizar pauta de puesta en marcha de motor.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Estándar Job** | | **Puesta en marcha de motor** | **Horómetro** | |
| **Equipo Nº** | | | **N° de personas** | |
| **Fecha** | | | **Tiempo estándar** | |
| **O.T. Nº** | | | **Tiempo real** | |
| **N° de Tarea Std** | | | **Hora inicio** | |
| | | | **Hora término** | |

**Seguridad:** Hoja de inspección con la participación de los ejecutantes, Bloqueo de fuentes de energía, barra de seguridad, Use elementos de protección personal, zapatos, casco, guantes y lentes;
Verifique que no se encuentre ninguna persona alrededor del equipo antes de poner en marcha y efectuar los movimientos
**Riesgos** : Quemaduras en manos y cuerpo en contacto con el motor, transmisión u otros componentes que toman temperatura; Proyección de flujo de aire o aceite hacia la cara; Golpearse con o contra los componentes en movimiento; Atrapamiento de manos o ropa en carriles en movimiento; Cortarse o pincharse las manos con hebras de acero de piolas o mangueras en mal estado; Atropellamiento; Colisión con otro equipo al efectuar pruebas de frenos; salida de equipos sin coleros, Caídas de mismo o distinto

| nivel, piso sucio, escalas, escaleras en mal estado | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACTIVIDADES**<br><br>**MUESTRAS APD** | **Normal** | **Defecto** | **Descripción del defecto o Medición** | **Reparación requerida** | **Tiempo estimado** | **Prioridad** | | |
| | | | | | | **baja** | **media** | **alta** |
| 1.1- obtener muestra de aceite del motor diésel | | | | | | | | |
| 1.2- **cambiar filtros y aceite motor diésel** | | | | | | | | |
| 1.3- limpiar pre-filtros de aire | | | | | | | | |
| 1.4- limpiar porta filtro de aire (con paño húmedo) | | | | | | | | |
| 1.5- **cambiar filtros de aire primario** | | | | | | | | |
| 1.6- resetear e inspeccionar indicador de saturación del filtro de aire del motor | | | | | | | | |
| 1.7- revisar sistema de admisión. Gomas, ductos, abrazaderas. | | | | | | | | |
| 1.8- lavar respiradero de motor, tapa de llenado aceite, varilla de nivel aceite | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.9- inspeccionar sistema de escapes. ductos, múltiples, abrazaderas, fijaciones | | | | | | | | |
| 1.10- limpiar respiradero y tapa estanque combustible | | | | | | | | |
| 1.11 – observar presencia de fugas de aceite y combustible | | | | | | | | |
| 1.12- **cambiar filtros primario y secundario combustible** | | | | | | | | |
| 1.13- revise fijaciones de estanque combustible | | | | | | | | |
| 1.14- drenar sedimentos del estanque combustible | | | | | | | | |
| 1.15- revise ventilador. aspas, poleas, fijaciones, mangueras | | | | | | | | |
| 1.16- engrasar tensor del alternador (grasa rodamientos) | | | | | | | | |
| 1.17- revise nivel refrigerante y fijaciones de radiador. analizar concentración del refrigerante | | | | | | | | |
| 1.18- normalizar nivel de aceite motor diésel | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.19- revisar estructura y fijaciones de radiador de agua | | | | | | | | |
| 1.20- revisar fijaciones de protecciones y tapas de motor diésel | | | | | | | | |
| 1.21- revisar y reapretar fijaciones de tapas, estructura y escalera de acceso del área motor diésel | | | | | | | | |
| 1.22- revise presencia de fisura en chasis trasero, áreas de motor diésel | | | | | | | | |
| 1.23- chequee regulación de válvulas de admisión de motor | | | | | | | | |
| 1.24- chequee regulación de válvulas de escape motor | | | | | | | | |
| 1.25- chequee altura de inyector | | | | | | | | |
| 1.26- realice prueba de potencia | | | | | | | | |
| 1.27- verifique presencia de códigos y alarmas presentes | | | | | | | | |
| **COMENTARIOS / OBSERVACIONES** | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| |
|---|
| |
| |
| |
| |

2. Generar informe técnico de entrega.

| | | |
|---|---|---|
| Nombre del participante: | | |
| Fecha: | Firma del participante: | |

*Esta pauta de evaluación, abarca todos los contenidos vistos anteriormente en el desarrollo del curso. Tiene como objetivo evaluar las habilidades del participante en los contenidos antes mencionado por el instructor.*

| PREGUNTAS | SI | NO | Comentarios |
|---|---|---|---|
| 1) confecciona hoja de seguridad antes de comenzar la tarea. | | | |
| 2) segrega área de trabajo. | | | |
| 3) realiza una correcta selección de herramientas antes de comenzar la tarea. | | | |
| 4) usa procedimiento correspondiente a la tarea de puesta en marcha de motor | | | |
| 5) se apoya en literatura técnica durante el proceso de evaluación. | | | |
| 6) usa procedimiento housekeeping | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7) genera y entrega informe técnico | | | |

| **Conclusiones finales del participante:** | | |
|---|---|---|
| **Nombre del instructor** | **Fecha** | **Firma** |
| | | |
| **Observaciones** | | |
| | | |

**Cierre**

El instructor deberá proyectar en la pizarra informe entregado por alumnos y a partir de esta deberá interrogar a los alumnos acerca de los resultados entregados

El participante deberá comprender la importancia de realizar un correcto procedimiento de puesta en marcha de motor diésel y así evitar futuras fallas catastróficas.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRan
COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD