



Hartford Steam Boiler

Munich RE

Risk Solutions

## Mantenimiento de Motores Diesel para una Operación Confiable

Hartford Steam Boiler  
One State Street  
P.O. Box 5024  
Hartford, CT 06102-5024  
Tel: (800) 472-1866  
[www.hsb.com](http://www.hsb.com)

### Antecedentes

Ya sea para uso continuo o intermitente, los motores diesel requieren de mantenimiento si han de funcionar como se espera. Esta guía está diseñada como referencia para **motores diesel de alta y media velocidad** que usan combustible diesel 1-D y/o 2-D, y plantea algunos puntos importantes que deben ser observados.

### Combustible Y Sistema De Combustible

Los motores diesel pueden quemar una amplia gama de combustibles, dependiendo de su diseño. Los combustibles específicamente formulados para uso en motores diesel se denominan normalmente como Número 1 (ASTM D975 No. 1D), y Número 2 (ASTM D975 No. 2D). Los motores más grandes también vienen equipados con sistemas de combustible para quemar productos más pesados, conocidos como combustibles pesados. Sin importar la clasificación, hay ciertas propiedades del combustible que son importantes para el usuario del motor.

Durante la vida de un motor, el combustible representa alrededor del 75% del total de los costos de operación. Más aún, si la calidad del combustible no se mantiene, puede causar fallas prematuras del motor o un funcionamiento disminuido. Con frecuencia se pasa por alto la conveniencia y condición del combustible para motores diesel como un asunto de mantenimiento. Hay varios aspectos importantes que deben ser revisados:

#### 1. Conozca la Calidad de su Combustible

Las especificaciones técnicas de desempeño para los motores diesel están basadas en un tipo de combustible específico (el combustible base). Las

calidades normalmente disponibles para uso en motores diesel de media y alta velocidad se muestra en la tabla a continuación. Al considerar el rendimiento del motor, siempre es necesario conocer las propiedades del combustible utilizado y cómo se compara con el combustible de base indicado en las especificaciones de desempeño.

Grado del Combustible	Gravedad API	Heating Value (BTU/lb)
1-D	40-44	18,510-19,860
2-D	33-37	18,335-19,650

Además de las consecuencias sobre el rendimiento por usar un combustible por fuera de las especificaciones, hay riesgos mecánicos. Los combustibles más ligeros pueden reducir la expectativa de vida de componentes del sistema de combustible porque su baja viscosidad reducirá el nivel de lubricación. Los combustibles más pesados pueden reducir la vida útil del revestimiento y los anillos de los cilindros debido a los mayores depósitos en la cámara de combustión.

Si es necesario corregir la densidad del combustible, ello debe hacerse mezclando las disponibilidades existentes con un grado más pesado / más liviano para lograr las características deseadas. **NUNCA** reduzca el combustible con alcoholes o gasolina!

**NUNCA** agregue gasolina o alcohol al combustible diesel por ningún motivo. Al hacerlo dañará el sistema de inyección de combustible. Además, tal tipo de combinación puede crear una mezcla explosiva (con gasolina) en el tanque o producir estratificación (con alcoholes).

Otras características importantes de todos los combustibles diesel son:

- **Punto de Nublado:** La temperatura a la que una nube o niebla aparece en el combustible. Esto es causado por la solidificación de parafinas en el combustible, y estos sólidos pueden causar el taponamiento del filtro de combustible. El funcionamiento del motor en o por debajo del punto de nublado puede verse seriamente afectado en serio por un flujo inadecuado de combustible debido al taponamiento del filtro. Si se prevé tal funcionamiento, se deben instalar calentadores de combustible. La dilución del combustible con queroseno o agregarle un aditivo para mejora del flujo (modificadores de cristal de cera) también puede ser de ayuda.
- **Punto de Flujo:** Temperatura 5 grados F más caliente que aquella en la que el combustible fluirá. El funcionamiento confiable de los motores diesel requiere un punto de flujo igual o inferior al de la temperatura ambiente. La dilución del combustible con queroseno o agregarle un aditivo para mejora del flujo (modificadores de cristal de cera) también puede ser de ayuda.
- **Contenido de Agua:** Un contenido de agua superior al .05% por volumen (este contenido de agua es permitido en ambos tipos de combustibles 1-D y 2-D) es un contaminante del combustible diesel. La separación de agua por sedimentación o por filtro combinado debe ser la adecuada para remover el agua del combustible **antes de que éste llegue a la bomba de inyección del combustible**. Las concentraciones de agua por encima del .05% por volumen causarán daños al sistema de inyección de combustible. La presencia de agua en el combustible diesel también puede promover el crecimiento bacteriano,

lo que constituye un serio riesgo para el sistema de filtración de combustible.  
*Se recomienda tratar todo el combustible diesel con un biocida.*

## 2. Edad del Combustible

El combustible diesel es más propenso a la oxidación que la gasolina. Nunca debe permanecer en almacenamiento por más de 12 meses. Deben hacerse los arreglos correspondientes ya sea para consumir el combustible o rotarlo al inventario de petróleo para el quemador.

## 3. Número de Cetano

Este índice clasifica el combustible de acuerdo con su propensión a encenderse por presión y calor. Los combustibles con un número de cetano bajo padecerán de ignición tardía, y pueden causar dificultades de arranque y golpeteo del motor. Esto puede ocasionar el daño del motor. La emisión de humo blanco y los olores durante el encendido en clima frío son indicadores de combustible con número de cetano bajo.

Como guía, el **índice de cetano mínimo** es de 40 para todos los motores. Si bien algunos motores con cámara de pre-combustión funcionarán con un combustible con índice de cetano de 35, una buena regla para seguir con cualquier motor diesel es usar combustibles con un índice de cetano superior a 40. ¡Siga siempre las recomendaciones del fabricante del motor!

Existen productos para mejorar el índice de cetano de sus inventarios de combustible.

NOTA: Algunos fabricantes de motores prohíben el uso de aditivos de combustible con el único propósito de aumentar el número de cetano.

## 4. Limpieza

Los sistemas de inyección de combustible diesel dependen de ductos de flujo pequeños y de espacios libres muy reducidos. Ellos no pueden tolerar impurezas en el combustible. Esto significa que los filtros de combustible deben recibir mantenimiento de acuerdo a la programación publicada por los fabricantes, o más frecuentemente si las condiciones del inventario de combustible lo exigen. Todos los filtros deben ser como mínimo de la misma calidad de los originales del equipo.

Los filtros de aire son igualmente importantes para la longevidad de motor. Ellos actúan como trampa para retener los abrasivos antes de que puedan entrar en las cámaras de combustión del motor. La falta de un filtrado de aire apropiado causará el rápido desgaste de anillos, pistones, y revestimientos. Cambie los filtros de aire por lo menos con la misma frecuencia con que lo recomienda el fabricante, y use un filtro de reemplazo como mínimo de la misma calidad de los originales del equipo. Si está expuesto a condiciones extraordinariamente polvorrientas, puede requerirse una más frecuente limpieza o cambio de los filtros de aire.

## Refrigerante Y Sistema De Enfriamiento

El sistema de enfriamiento de un motor diesel deben ser capaz de remover de manera continua aproximadamente el 30% del calor generado por la combustión de su combustible sin recalentarse. Asumiendo que se cuenta con un sistema de enfriamiento razonablemente limpio, esto normalmente no es

un problema. Además del nivel del refrigerante, hay varios puntos que deben ser revisados:

#### Nivel del Refrigerante

El nivel del refrigerante es crítico para el funcionamiento apropiado de un sistema de enfriamiento. Si el nivel del refrigerante cae hasta un punto donde el aire es arrastrado hacia las chaquetas de enfriamiento, la capacidad de enfriamiento se reducirá, resultando en daños mecánicos serios, incluyendo la corrosión de la cavitación. Revise siempre el nivel del refrigerante.

#### Composición del Refrigerante

El refrigerante de motores por lo general es una mezcla de etileno o de anticongelante con base de glicol propileno y agua. El punto de congelación de la mezcla dependerá de la cantidad relativa de glicol usada. Es importante usar la mejor agua disponible **mezclada con no más de un 60% de anticongelante con base de glicol etileno, o no más de un 50% de anticongelante con base de glicol propileno.**

**Es igualmente importante nunca usar exclusivamente agua como refrigerante del motor.** (El agua es corrosiva a las temperaturas de operación del motor).

La calidad del agua es importante. La siguiente tabla muestra las características mínimas aceptables recomendadas para el agua del sistema de enfriamiento, según un fabricante (Caterpillar, Inc.):

Calidad Mínima del Agua para Uso como Refrigerante:		
Propiedades	Límites	Pruebas ASTM
Cloruro (Cl) gr/gal (ppm)	2.4 (40) max	D512B, D512d, D4327
Sulfato (SO <sub>4</sub> ) gr/gal (ppm)	5.9 (100) max	D516b, D516d, D4327
Dureza Total, gr/gal (ppm)	10 (170) max	D1126b
Sólidos Totales, gr/gal (ppm)	20 (340) max	D1888a
pH	5.5 - 9.0	D1293

#### Aditivos e Inhibidores Recomendados

Los fabricantes de motores normalmente le proporcionarán guías detalladas acerca de los aditivos necesarios para prevenir la corrosión o proporcionar lubricación suplementaria a los componentes del sistema de enfriamiento. Es muy importante no exceder las concentraciones recomendadas de estos aditivos. Las altas concentraciones pueden causar precipitación de sólidos, y pueden ocasionar el daño de sellados y otras partes internas. Por otro lado, la baja concentración de aditivos refrigerantes puede causar perforaciones en la cavitación del revestimiento de los cilindros que está en contacto con el agua.

En ocasiones, los fabricantes del motor le proporcionarán filtros especiales que distribuyen aditivos en el refrigerante (filtros de descarga controlada). Si un motor está equipado con estos filtros, entonces es muy importante NO agregar aditivos adicionales por separado al refrigerante. Por el contrario, si la química es controlada por aditivos específicos entonces NO se deben usarse filtros de descarga controlada.

### **Integridad del Sistema de Enfriamiento**

Ninguna revisión del sistema de enfriamiento estará completa a menos que sea bastante claro que el sistema está sellado y libre de aire. La inducción de aire en un sistema de enfriamiento por cualquier motivo es una cuestión seria, dado que puede causar cavitación interna y manchas de corrosión en las chaquetas de agua, sobre todo en las partes de más altas temperaturas, como las fundas de los cilindros.

Debe prestarse particular cuidado a los motores que tienen mangueras con empaques de silicona dado que las mangueras no se adherirán a las conexiones del motor. Sólo deben usarse abrazaderas de resorte de tensión constante para sujetar estas mangueras y su integridad debe ser verificada rutinariamente

Si tiene alguna duda sobre la integridad del sistema debe consultar al fabricante del motor, y deben realizarse pruebas adicionales hasta que tal duda sea resuelta.

### **Lubricación**

La lubricación del motor es quizás el elemento individual más importante de un buen programa de mantenimiento. El aceite del motor lubrica las partes móviles; proporciona protección contra la corrosión; absorbe y neutraliza los contaminantes; sirve como refrigerante; y es un sellador. A través de cambios regulares de aceite y filtros, el aceite remueve las materias extrañas del motor, mientras contribuye a la limpieza interior y minimiza el desgaste.

Los aceites para lubricación de motores se preparan con petróleo o bases sintéticas, y son formulados con diferentes aditivos que proporcionan o modifican ciertas características del ingrediente de base. Entre éstos se encuentran los detergentes, agentes de alcalinidad, inhibidores de la oxidación, dispersantes, y agentes contra el desgaste. Estos aditivos, o el paquete aditivo, es lo que le da las calidades deseables al aceite del motor, y el agotamiento de los aditivos, así como la acumulación de productos de la combustión, son los elementos que limitan la vida de la carga de aceite.

Los aceites re refinados son aceptables siempre y cuando cumplan con la viscosidad SAE y las especificaciones API para aceites nuevos.

#### **1. La Selección del Aceite del Motor - Clasificación**

Quizás ninguna otra de las propiedades de los aceites lubricantes para motor causa tanta confusión como los sistemas de clasificación promulgados por el Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute -API-) y algunas agencias europeas. Para evitar esa confusión, usted sólo necesita consultar las recomendaciones del fabricante del motor y estar consciente de que sólo unas pocas de estas clasificaciones aplicarán para un motor en particular.

El sistema API de clasificación de aceites los divide en dos grandes clases: los aceites de Estación de Servicio (Clase API SA-SH a partir de este escrito), y los aceites Comerciales (Clase API CA-CG-4 al momento de este escrito). Para los efectos de esta discusión se asume que se toman en consideración sólo los motores diesel, y por consiguiente los aceites de Estación de Servicio,

destinados para ser usados en motores de gasolina del tipo de los de los automóviles, no aplicará.

**Clasificaciones API Actuales para Aceites de Motor Comerciales:**

Categoría de Servicio	Breve Descripción
CD-II	Trabajo Pesado para servicio de motores diesel de 2 tiempos, controla desgaste y depósitos.
CE	Servicio para motores diesel turbo cargados de trabajo pesado. Puede reemplazar a los anteriores aceites de clase CD.
CF	Mejorados por encima del tipo CD de API para combustibles de alto contenido de azufre. Reemplaza el CD de API.
CF-II	Actualización superior al API CD-II para motores diesel de dos tiempos. Reemplaza al API CD-II
CF-4	Servicio de motores diesel 1990 de cuatro tiempos de alta velocidad. Excede los requisitos de la categoría API CE.
CG-4	Servicio de motores diesel 1995 para desgaste del motor y problemas de depósitos ligados a especificaciones del combustible y de diseño del motor, requeridas para cumplir con las regulaciones de 1994 de la EPA para combustibles con bajo contenido de azufre (0.05%).

Es importante anotar que cualquier fabricante puede describir sus productos de acuerdo con estas clasificaciones, pero sólo las compañías autorizadas pueden usar el símbolo API en sus empaques. A dichas compañías autorizadas les es exigido certificar que sus productos cumplen los estándares de desempeño técnico de cada categoría de servicio API.

**2. La Selección del Aceite del Motor - Viscosidad**

La viscosidad es la propiedad que resiste el flujo del aceite. Es la propiedad del aceite que le proporciona la habilidad de formar una película con capacidad de carga entre partes móviles adyacentes. Mientras más viscoso sea el aceite, mayor será la fortaleza de la película y por ende la habilidad de soportar una carga de presión. Desgraciadamente, esa misma viscosidad más alta impedirá el flujo del aceite dentro de los conductos y pasos de aceite, de manera que la viscosidad debe ser escogida teniendo presentes estas dos necesidades contrapuestas. Esta selección ese complica aún más por el hecho de que para la mayoría de los aceites la viscosidad cambia con la temperatura, y el funcionamiento en climas más calurosos requerirá de mayor viscosidad.

Afortunadamente, los fabricantes de motores normalmente son muy diligentes en sus recomendaciones acerca de la viscosidad de los aceites lubricantes, y normalmente le ofrecerán una recomendación para cumplir con cualquier condición. **Siga sus instrucciones.**

## Pruebas Para Aceite Del Motor

Los motores que representan una inversión significativa y que realizan funciones críticas deben ser sometidos a un programa regular de pruebas del aceite. Los resultados de las pruebas le confirmarán el estado de la carga de aceite de lubricación y también le proporcionarán información importante también sobre las condiciones internas del motor.

El análisis del aceite puede descubrir contaminantes como el combustible diesel, hollín, refrigerante, sal, arena, suciedad o polvo, y, metales indicadores de desgaste de componentes internos. **Nosotros recomendamos el análisis de aceite como parte de todo programa de Mantenimiento Preventivo para motores diesel.**

Las pruebas del aceite deben incluir los siguientes análisis:

- 1. Pruebas química y físicas para determinar la presencia de contaminantes (agua, combustible, anticongelante, etc.)**
- 2. Análisis de desgaste para identificar los componentes desgastados en el aceite.**
- 3. Análisis de la condición del aceite para cuantificar los productos de hollín, azufre, nitración, y oxidación en el aceite.**

### 4. Número Base Total

El Número Base Total es un índice de la capacidad de neutralización de productos derivados del azufre por parte del aceite del motor. Dado que virtualmente todos los combustibles diesel contienen un poco de azufre, y dado que los aceites de motor contienen aditivos diseñados para neutralizar los compuestos de azufre producidos por la combustión, este índice constituye una manera apropiada para juzgar hasta qué punto se ha agotado dicha capacidad de neutralización.

### 5. Contenido de Sulfato de Ceniza en las Cenizas

Virtualmente todos los aceites dejarán un residuo no combustible si son quemados. Ese residuo no combustible, si es excesivo, puede acumularse en algunas áreas de altas temperaturas dentro del motor, y pueden causar molestias. Nuevamente, el fabricante del motor normalmente le ofrecerá buenos consejos respecto al nivel máximo de ceniza en los aceites de motor, y debe seguir sus recomendaciones.

***¡El Estado del Aceite es Importante.... Si Tiene alguna Duda, Cambie el Aceite y el Filtro!***