



Los beneficios del diésel limpio y el debate de los límites

Gerardo Trujillo C.

CEO Grupo Noria

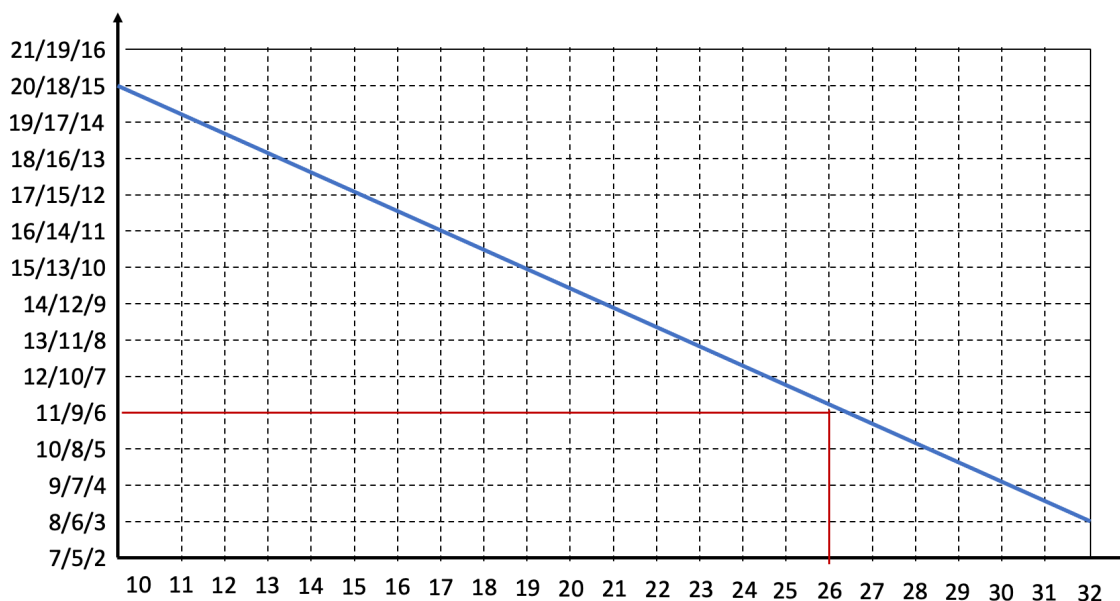
Cada vez que dicto una conferencia, doy un curso, o trabajo como consultor en alguna empresa para mejorar la vida de sus motores, aparece el debate de los límites de limpieza del combustible diésel. Pareciera que a pesar de que todos entendemos la importancia y los beneficios de un combustible diésel ultra limpio, la existencia de documentos obsoletos con requerimientos más holgados, o incluso recomendaciones hechas por organizaciones como el Worldwide Fuel Charter (WWFC) que publicó sus límites en 1998 y que han demorado en actualizar estos requerimientos, nos conduce a una idea de que no es tan necesario.

En el mantenimiento basado en condición (MBC), utilizamos un concepto que se llama “apetito de riesgo” para establecer los límites de comportamiento anormal en alguna de las propiedades que se monitorizan. Entendemos que para cada máquina hay un comportamiento normal (deseable) que nos lleva a alcanzar la mayor vida posible. Cuando una máquina comienza a tener un comportamiento fuera de ese parámetro, sabemos que estamos disminuyendo su vida. La clave está en determinar en qué valor de esa desviación del comportamiento vamos a determinar que ese parámetro se considera “anormal”. Dependerá de nuestro *Apetito de Riesgo*. Es decir, ¿Qué tanto estamos dispuestos a perder de la vida de nuestro componente permitiendo que el valor monitorizado salga de lo óptimo? Varios factores se aplican para ello: ¿Qué tan crítica es la función de este componente?, ¿Cuál es la sensibilidad de los componentes a la presencia del defecto?, ¿Cuál es la vida esperada del componente?, ¿Cuál es el impacto de la falla, relacionada con este parámetro anormal?, ¿Cuál es el impacto al medio ambiente?, ¿Cuál es el impacto a la seguridad?, ¿Cuál es el costo de la reparación?, ¿Cuánto tiempo estará el equipo fuera de operación por esta falla?, etc.

Para el caso del establecimiento de los límites en sistemas hidráulicos, se utiliza el estándar ISO 12669 “Hydraulic fluid power — Method for determining the required cleanliness level (RCL) of a system” que se basa justamente en los requerimientos de desempeño deseados de este sistema. En este estándar, justamente el primer paso es determinar la presión de operación y el ciclo de trabajo del sistema hidráulico y lo clasifica en 1 cuando es un sistema que opera en ciclo ligero (trabajo continuo) y presiones menores a 60 bar (870 psi) y un valor máximo de 8 cuando la presión es > 400 bar (5,801 psi). Eso significa que mientras más presión en el sistema más limpio debe estar el fluido hidráulico. Si hacemos un paralelo al combustible diésel, los sistemas de inyección de los motores diésel han evolucionado necesariamente en los últimos años para mejorar la eficiencia de combustión (los espacios dinámicos en los inyectores se han disminuido a la mitad y las presiones en el riel común han aumentado al doble) y cumplir con los requerimientos de confiabilidad, durabilidad e impacto con el medio ambiente (consumo de combustible y disminución del impacto de gases de efecto invernadero y partículas de carbón >2µm). Las presiones a las que funcionan el sistema de inyección de riel común están por arriba de 2,462 bar (36,000 psi), haciendo que los inyectores, la bomba de alta presión y las válvulas sean muy sensibles a las partículas que están suspendidas en el combustible. Solo necesitamos comprender que esta presión es 60 veces más alta que la que el estándar ISO 12669 considera el parámetro severo. Un sistema de inyección de combustible es en esencia un sistema hidráulico (bomba de alta presión y un sistema de inyección por presión del fluido). El siguiente ejercicio es para determinar el Nivel Requerido de Limpieza (RCL) de un sistema de inyección de combustible de alta presión con riel común. Utilizamos las condiciones de operación del sistema y ajustamos los factores de vida deseada y costo de reparación a una máquina crítica por su función, asignando los criterios de peso para cada uno de los factores del estándar ISO 12669:

Factor	Peso
Valor de Presión y Ciclo	8
Sensibilidad de los componentes	8
Expectativa de vida	4
Costo de reemplazo de componentes	2
Costo de paro	2
Riesgo	2
TOTAL	26

Al proyectar este valor con la Tabla – Relación del peso de los factores con el código de contaminación sólida ISO 4406 para determinar el Nivel Requerido de Limpieza (RCL), obtenemos un valor requerido de limpieza de ISO 11/9/6.



El establecimiento de los límites para la limpieza del combustible, es entonces una tarea similar que involucra un razonamiento. Entender por qué es importante que el combustible esté limpio (y definir qué realmente significa limpio y qué significa sucio). **Limpio** significa 11/9/7 o menor. Esto coincide casi exactamente con los valores requeridos de limpieza de combustible por los fabricantes de bombas de alta presión y los inyectores y que han claramente establecido y comunicado como su valor ideal donde el inyector puede hacer su trabajo de pulverizar el combustible en menos de un milisegundo. Este valor es 64 veces más limpio del límite 18/16/13 establecido por varios estándares obsoletos.



Sucio es un combustible por arriba de 11/9/7. Por favor recuerde que la *Serie de Renard* que da origen a la tabla del estándar ISO 4406:21, cada vez que subimos el número del Rango, estamos *duplicando* la cantidad de partículas en el combustible. Cada partícula adicional es un peligro de desgaste del sistema de inyección y en consecuencia del motor. Entonces; un 12/10/8 tiene el doble de partículas que el 11/9/7 y así cada vez que incrementamos un número. Por ejemplo: con un combustible sucio (18/16/13) por cada mililitro de combustible que pasa por sus inyectores, estamos introduciendo en promedio 195,000 partículas mayores a 4µm comparado con solo 1,500 que pasarían con un ISO 11/9/7.

La Tabla de Extensión de Vida ([Life Extension Table](#)) que Noria publicó desde hace más de dos décadas se usa para calcular el impacto en la vida de los componentes relacionado con la mejora en la limpieza del fluido. Trabajar con un combustible limpio significa una extensión de vida de inyectores, bomba y válvulas de +de 6 veces al usar un combustible 11/9/7 comparado al 18/16/13 (que muchos aún establecen como el límite) y mucho más cuando el combustible está por arriba de ese nivel de contaminación por partículas sólidas.

Aquí está el fundamento en el que baso mi respuesta. Mientras más limpio el combustible mayor vida tendremos del sistema de inyección, menor consumo de combustible, menor impacto al medio ambiente por menor cantidad de emisiones y partículas al aire, mejor nivel de limpieza en el lubricante y en consecuencia un menor desgaste de los componentes internos de la máquina. Si el fabricante de los inyectores (el elemento más delicado en esta ecuación de eficiencia de combustión) establece 11/9/7 como el valor óptimo de contaminación por partículas sólidas en el combustible para lograr una operación eficiente y sostenible, entonces; cada vez que superamos este valor estamos atentando contra ello. ¿Cuánto estamos dispuestos a perder al permitir que la contaminación sólida del combustible esté por arriba de este valor? Ese es nuestro "*Apetito de Riesgo*", pero solo se visualiza cuando le ponemos un impacto. Disminución de la vida real del motor (6 veces), mayor consumo de combustible (hasta 5%), mayor daño al medio ambiente (hasta 6 veces más contaminación al medio ambiente). Para cada organización este valor deberá ser calculado y comparado con el esfuerzo que significa controlar la cadena de suministro del combustible diésel para conseguir 11/9/7.

Por último, ¿habrá un ajuste a los límites y estándares? Estoy absolutamente seguro que sí. Muchos fabricantes están impulsando esto desde hace años, los avances en las especificaciones de los motores tanto en América como en Europa (Euro VI y Euro VII) serán congruentes en no solo especificar la cantidad de azufre máxima permisible en el combustible, sino que serán más específicos en el nivel de limpieza relacionándolo con el estándar ISO 4406 de manera directa (como ya ocurre en el estándar EN590 al aplicar en la cláusula 6.5.2 el Anexo B de la CEN/TR 15367-1). Esperamos también que varios organismos actualicen sus recomendaciones para lograr una estandarización de un concepto que cada vez es más entendido y aplicado por la industria. Incluso, me atrevo a predecir que muchos países incluirán en sus regulaciones mediante normas propias la limpieza del combustible como una manera de colaborar con los esfuerzos mundiales por un aire más limpio.

Ref:

- ISO 12669 - Hydraulic fluid power — Method for determining the required cleanliness level (RCL) of a system
- ISO 4406:21 - Hydraulic fluid power — Fluids — Method for coding the level of contamination by solid particles
- EN-590 - Combustibles para automoción. Combustibles para motor diésel (gasóleo). Requisitos y métodos de ensayo
- Manual de bombas de alta presión Liebherr
- Manual de inyectores y bombas de alta presión Woodward L'Orange
- Common Rail Fuel Injection MTU/Rolls Royce
- Ultra Clean Diesel for Mining – Bradley Crook
- Diesel World – Ryan Autar.