



Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería
CATEDRA DE MAQUINAS TERMICAS
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Tema: Combustibles

NUMERO CETANO

Puesto que el motor diesel logra la combustión por compresión, el combustible debe encenderse por si solo cuando se inyecta en el aire comprimido y caliente de la cámara de combustión y con el mínimo tiempo de retraso de encendido posible.

Es un índice sobre una escala usado para indicar lo rápido que un combustible se enciende en un motor diesel. Es una figura de mérito para un combustible diesel, del mismo modo como el número octano es una figura de mérito para una gasolina que se quema en un motor de encendido por bujía.

El número cetano de un combustible, en particular de un combustible diesel, es una medida de sus cualidades de ignición. Cuando un combustible es inyectado en una masa de aire caliente comprimida en el interior del cilindro, primero debe llevarse hasta una temperatura bastante elevada para que pueda encenderse la mezcla aire-combustible.

Esto requiere un cierto tiempo conocido como “retraso del encendido”.

Diferentes tipos de combustibles, aun similares en apariencia, pueden mostrar diferencias en el tiempo de retraso que se produce entre el inicio de la inyección y el comienzo de la ignición.

La facilidad con la cual un combustible diesel se enciende en términos de intervalo de tiempo entre el inicio de la inyección y el comienzo de la ignición, se denomina “calidad de ignición”.

Un combustible que tiene un período de retraso muy corto tiene una buena calidad de ignición (alta), por el contrario, un combustible que tiene un prolongado retraso tiene una mala calidad de ignición (baja).

Resumiendo, el número cetano es una medida práctica de la relativa facilidad de la ignición espontánea de un combustible en un motor diesel.

La calidad de ignición normalmente se determina en un motor de pruebas, en el cual se mide el tiempo de retraso a la ignición en condiciones estándar cuidadosamente controladas.

En 1930 la Cooperative Fuel Research Comité buscó un camino para expresar la tendencia de un combustible diesel para encender rápidamente y su trabajo fue tomado por la ASTM.

El criterio de la comparación con combustibles conocidos se debe a Boerlage y Broeze del Laboratorio de la Bataafche Petroleum Company de Delft, Holanda. Estos investigadores emplearon como hidrocarburos primarios el ceteno ($C_{16} H_{32}$) y el alfametilnaftaleno ($C_{11} H_{10}$), hoy también denominado 1-metilnaftaleno.

Como el ceteno, que es un derivado del aceite de pescado, se mostró bastante inestable e impedía obtener resultados estrictamente reproducibles, algunos años después la industria americana del petróleo lo sustituyó por el cetano ($C_{16} H_{34}$). Estos dos hidrocarburos, aunque pertenecen a series diferentes, tienen cualidades de ignición casi iguales. El número cetano del ceteno puro es 96. El cetano es un derivado del petróleo y pertenece a los hidrocarburos de la serie parafínica. Tiene un peso específico de 0,775, un punto de ebullición de 284-290 °C y un punto de congelación de 16 °C.

El alfametilnaftaleno, derivado del alquitrán de hulla es un hidrocarburo de la serie aromática. Tiene un peso específico de 1,025, un punto de ebullición de 243 °C y un punto de congelamiento de -21 °C. Este compuesto tiene un número de cetano igual a 0.

A partir del año 1962 las dificultades para manipular el alfametilnaftaleno sumado a su elevado costo llevaron a la ASTM a reemplazarlo por un combustible secundario de referencia, el 2,2,4,4,6,8,8 heptametilnonano (HMN), también denominado isocetano. Este combustible resulta más estable y tiene una calidad de ignición ligeramente mejor por lo que se le asignó un valor de 15 en base a ensayos en un motor.

En un ensayo de este tipo, un combustible desconocido se clasifica dentro de una escala establecida mediante estos dos combustibles de referencia que son hidrocarburos puros:

- Cetano (n-hexadecano), compuesto parafínico de cadena lineal que tiene elevada calidad de ignición o lo que es lo mismo, corto retraso del encendido, por consiguiente, no detona fácilmente. Se le asigna un valor 100.
- Heptametilnonano (HMN), compuesto parafínico que tiene muy baja calidad de ignición, o lo que es lo mismo, largo retraso del encendido, por consiguiente, detona fácilmente.

El motor de ensayos funciona bajo las siguientes principales condiciones estándares normalizadas:

- Temperatura de la camisa: 100 °C
- Velocidad: 900 rpm
- Avance de la inyección: 13° antes del PMS
- Presión de inyección: 103,5 bares

El motor funciona alimentado con un combustible comercial de número cetano desconocido y de acuerdo a las condiciones operativas estándar antes señaladas. Con el avance de la inyección fijado en 13° antes del PMS, se modifica la relación de compresión hasta que la combustión se inicie en el PMS, observando el rápido incremento de la presión en el interior del cilindro.

El período de retraso con el motor girando a 900 rpm y para un avance de la inyección de 13 ° antes del PMS es de 0,0024 segundos.

Manteniendo esta relación de compresión, se hace funcionar el motor con una selección de mezclas de los combustibles de referencia hasta encontrar una mezcla que encienda justo en el PMS. Entonces el número cetano que se le asigna a un combustible es igual a:

$$NC = \% \text{ de Cetano} + 0,15 \% \text{ de HMN}$$

En el cuadro se da una guía de números cetanos adecuados a motores con diferentes números de vueltas:

CLASE	NUMERO DE VUELTAS	NUMERO CETANO
Velocidad lenta	100 - 500	25 - 35
Velocidad media	300 - 1500	35 - 45
Velocidad alta	500 - 5000	45 - 55

Aunque el número cetano de un combustible se asume para predecir su retraso al encendido, en cualquier motor el verdadero retraso, representado por el número cetano, es válido solo para el motor monocilíndrico en el cual fue medido. Las performances del combustible en otros motores pueden diferir.

Un motor diesel que funciona con un combustible cuyo número cetano sea inferior a 40 (valor mínimo aceptado) o que este por debajo del valor para el que fue diseñado, tendrá:

1. Puesta en marcha más dificultosa.
2. Mayor ruido.
3. Funcionará más bruscamente.
4. Mayores emisiones contaminantes, fundamentalmente inaceptables niveles de humos en el escape.
5. Son ilegales para muchas legislaciones anticontaminantes.

La relación causal entre la estructura molecular y el número cetano de un hidrocarburo ha sido siempre un tema especulativo. El retraso del encendido se reduce con los sucesivos incrementos de la longitud de la cadena. La facilidad de encendido y, por consiguiente, implícitamente el número cetano, está principalmente determinado por la relación entre los enlaces que existen entre los carbonos primarios y los hidrógenos secundarios.

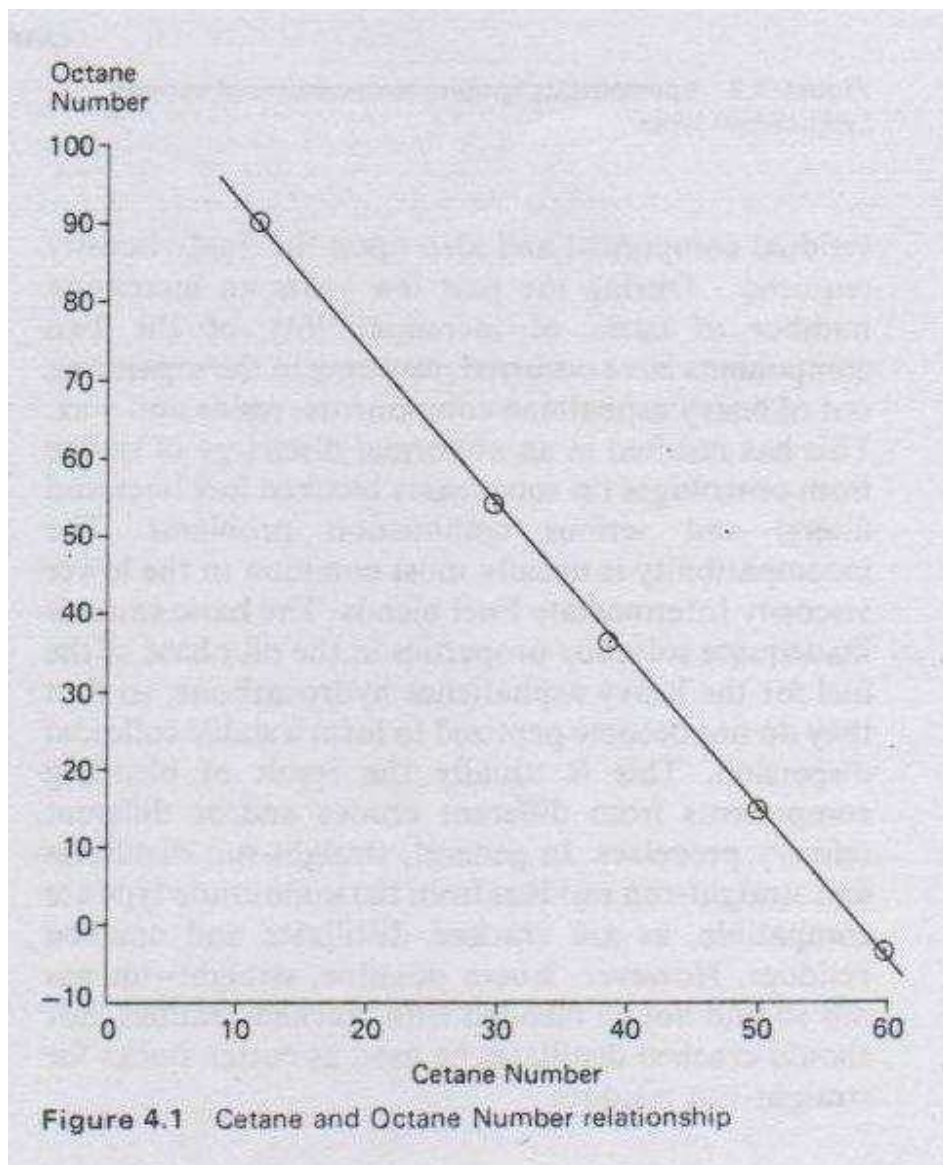
Los combustibles con elevado número de octano, empleados en un motor diesel tienen dificultades para encenderse porque tienen un número cetano muy bajo. Por el contrario, combustibles con elevado número cetano son sumamente volátiles cuando se los emplea en un motor Otto y detonarían con suma facilidad porque tienen un número octano bajo.

Hay una relación aproximada inversa entre el número cetano (NC) y el número octano (NO), que es la siguiente:

$$NC = 60 - (NO / 2)$$

Que tiene una exactitud de +/- 5%.

La figura muestra la relación el número octano y el número cetano, mostrando que son inversamente proporcionales.

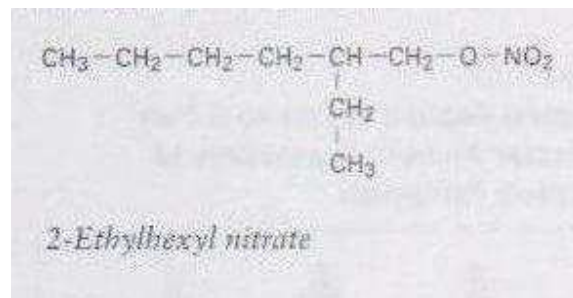


El número cetano de un combustible puede incrementarse con aditivos que están diseñados para descomponerse fácilmente, originando “precursores” de la combustión y mejorar el

índice al cual ocurre el autoencendido. Mezclados en alrededor de un 0,5%, incrementan el número cetano en unas 10 unidades; algunos de ellos son:

1. Base alquil nitrato.
2. Base anil nitratos primarios.
3. Eter nitratos.
4. Dinitrato de polietileno glicol
5. Nitritos.
6. Ciertos peróxidos.

El 2-etil hexil nitrato (EHN) es el mejorador del número cetano más ampliamente utilizado. También se lo denomina octil nitrato. El EHN es térmicamente inestable y se descompone rápidamente a elevadas temperaturas dentro de la cámara de combustión. Los productos de la descomposición ayudan a iniciar la combustión del combustible de manera que se acorta el período de retraso al encendido. El EHN se emplea dentro del rango de concentraciones de 0,05 hasta 0,4% en peso y puede incrementar el número cetano entre 3 y 8 unidades. Una desventaja del EHN es que decrece la estabilidad térmica de algunos combustibles diesel. Esto puede compensarse utilizando aditivos estabilizadores térmicos.



El di terciario butil peróxido (DTBP) es otro aditivo utilizado comercialmente como mejorador del número cetano, pero es menos efectivo como mejorador del número octano que el EHN. No obstante, tiene la ventaja de no degradar la estabilidad térmica de la mayoría de los combustibles diesel y no contiene nitrógeno.

Otra sustancia que puede emplearse es el nitrato de etilo (NO₃ C₂H₅) pero es de elevado costo. Igual efecto produce el peróxido de acetona.

Otros alquil nitratos, así como otros nitratos, peróxidos y algunos compuestos nitrosos también han sido establecidos de ser efectivos mejoradores del número cetano, pero la mayoría no se utilizan comercialmente. Los efectos de estos otros mejoradores de números cetano sobre las otras propiedades, tales como la estabilidad térmica, no son completamente conocidos.

Se ha observado que la efectividad del agente adicional, esto es, el aumento del número cetano, varía con la base del combustible.

La mayoría, al contener nitrógeno en su composición química, aumentan las emisiones contaminantes de óxidos de nitrógeno.

El número cetano de hidrocarburos puros varía ampliamente con la estructura de su molécula:

- (1) Las parafinas de cadena lineal tienen muy elevado número cetano, por ejemplo: el n-dodecano ($C_{12}H_{26}$) es 80 y para el n-cetano o hexadecano vale 100.
- (2) Las olefinas varían ampliamente, dependiendo de la posición del enlace doble, siendo tan bajos como 4,5 para el tetraisobutileno ($C_{16}H_{32}$) y tan elevado como 88 para el 1-hexadecano ($C_{16}H_{32}$).
- (3) Los aromáticos tienen bajo número cetano, por ejemplo el hexilbenceno ($C_{12}H_{18}$) tiene 26 y el octilxileno 20.
- (4) Como es de esperar, los naftenos tienen números de cetano intermedios, por ejemplo: 3-ciclohexano ($C_{12}H_{24}$) tiene 36 y para el biciclohexyl ($C_{12}H_{22}$) es de 53.

Predominantemente:

- (a) Los destilados parafínicos tienen números cetanos de 45 a 60.
- (b) Los destilados aromáticos tienen números cetanos máximos de alrededor de 35.
- (c) Los destilados predominantemente nafténicos tienen números cetanos máximos de ubicados entre ambos.

En general los hidrocarburos puros nunca se venden comercialmente y aun los combustibles destilados son mezclas de muchos diferentes hidrocarburos con un estrecho rango de puntos de ebullición, de manera que el número cetano representa la media de los diversos hidrocarburos presentes.

INDICE DIESEL

La determinación del número cetano exige laboriosos ensayos con equipos costosos, por lo que pronto se pensó en relacionar esta característica de los combustibles diesel con alguna de sus propiedades físicas fácilmente determinables por medios sencillos.

En este sentido Becker y Fisher de la Standard Oil Development Co propusieron, en el año 1934, el empleo del “Índice Diesel” para predecir la calidad de ignición de un combustible.

Este método es posible porque la calidad de ignición es sensible al tipo de hidrocarburo presente en la composición del combustible, en otras palabras, las parafinas tienen alta calidad de ignición mientras los aromáticos o nafténicos tienen baja calidad de ignición.

El índice diesel es un índice de encendido que aproximadamente correlaciona con el número cetano. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Índice diesel} = \text{punto de anilina (}^{\circ}\text{F)} \times \text{densidad API @ } 60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F} / 100$$

La densidad o gravedad API (American Petroleum Institute), antes denominada densidad Baumé, se relaciona con el peso específico del combustible por la siguiente relación:

$$\text{Peso específico} = 141,5 / (\text{densidad API @ } 60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F} + 131,5)$$

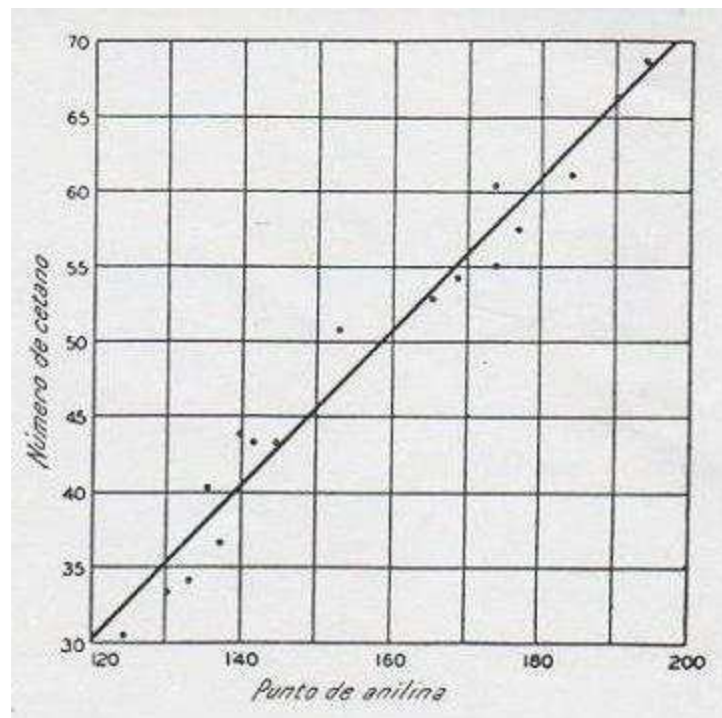
El índice diesel incluye información acerca de la composición (el punto de anilina indica el contenido de aromáticos) y la densidad. Un punto de anilina alto indica un bajo contenido de aromáticos y, por lo tanto, una gran probabilidad de alto número cetano. Una alta densidad API indica un bajo peso específico lo cual es indicativo de una elevada fracción de parafina y alto número cetano.

El índice diesel es una expresión empírica que se funda en lo siguiente: los hidrocarburos parafínicos se encienden con facilidad y cuanto mayor es su proporción en un petróleo tanto menor es su retardo al encendido y, por consiguiente, tanto mayor su número cetano.

Por otra parte, la temperatura mínima a la cual se mezclan completamente volúmenes iguales del petróleo propuesto y de anilina ($\text{C}_6\text{H}_5\text{.NH}_2$) se llama punto de anilina, en otras

palabras es “la menor temperatura a la cual un combustible se mezcla completamente con igual volumen de anilina”. Esta temperatura aumenta con la proporción de parafina. De cuanto antecede se deduce que a mayor punto de anilina corresponde menor retraso del encendido y, por lo tanto, mayor número cetano. El punto de anilina se efectúa según la norma ASTM D 611-46T. Para un motor diesel se requiere un punto de anilina no inferior a los 60°C.

El punto de anilina es esencialmente visual, por consiguiente, dificultoso de determinar con exactitud, por lo tanto el Índice Diesel, no es ampliamente utilizado.



También ocurre que los hidrocarburos parafínicos son de menor densidad, corresponderá, pues, en principio un mayor número cetano a una menor densidad, ésta última magnitud se ha introducido en la expresión por medio de la densidad API que no es más que una numeración arbitraria, función inversa de la densidad y que se determina por medio de un aerómetro de peso constante, análogo al de Baumé.

Por consiguiente, conociendo la composición química del combustible, cuanto más parafínico sea, mayor será la temperatura de la solución a la cual empieza a enturbiarse cuando se enfría. El calentamiento de la solución se efectúa en baño de maría, colocándola dentro de un tubo de ensayos.

Del mismo modo una elevada densidad API refleja una densidad específica baja e indica un elevado contenido de parafina lo que corresponde a una buena calidad de ignición.

El índice diesel es una cifra que no difiere mucho en magnitud del número cetano del mismo combustible lo que puede observarse en el gráfico, del cual se deduce que la calidad de ignición varía rápidamente con el punto de anilina.

La correlación entre el índice diesel y el número de cetano no es exacta y para combustibles de ciertas composiciones no es confiable, sin embargo, puede ser un indicador útil para estimar la calidad de ignición.

El índice diesel se considera menos seguro que el número llamado “Índice de Cetano Calculado” en el cual se ha sustituido el punto de anilina por la temperatura media de ebullición del combustible dado, o sea, el promedio entre la temperatura a la cual empieza a destilar o hervir y la temperatura a la cual termina por haberse agotado.

El método da alguna indicación del tipo de hidrocarburo predominante en el producto ensayado. Los hidrocarburos aromáticos son completamente miscibles a comparativamente bajas temperaturas, mientras que las n-parafinas requieren apreciablemente mayores temperaturas antes que se mezclen por completo. Por consiguiente un elevado punto de anilina indica un combustible altamente parafínico y por consiguiente con buenas cualidades de ignición

NUMERO CETANO DE COMBUSTIBLES RESIDUALES

Desafortunadamente, debido al pequeño tamaño y características de diseño del motor CFR de pruebas no es posible obtener directamente la calidad de ignición de combustibles residuales. Este problema fue reconocido a principios de los años 50 cuando los combustibles residuales comenzaron a utilizarse en grandes motores diesel lentos con cruceta. En el año 1952 Brewer mencionó un trabajo realizado sobre un motor de pruebas de 240 mm de diámetro en el cual fueron evaluados diversos combustibles.

Se estableció que el número cetano de combustibles pesados podría ser al menos tan elevado como el de algunos combustible livianos (gasoil) y que la calidad de ignición de un combustible esta esencialmente determinada por el tipo de crudo del cual deriva. Se determinó que la viscosidad tiene poca influencia sobre la calidad de ignición.

Los combustibles residuales provenientes de crudo parafínicos tienen un número cetano de 48 a 54, los derivados de crudos asfálticos son mucho menores y del orden de 37 a 44 mientras que los destilados de cracking con elevado contenido de aromáticos tienen números cetanos de 5 a 22.

Las especificaciones internacionales corrientes para combustibles marinos destilados, tales como ISO 8217 del año 1996 y BS MA100 del año 1996, incluyen especificaciones mínimas límite para el número cetano.

Lamentablemente no hay un procedimiento similar y ampliamente reconocido para caracterizar la calidad de encendido del fuel oil residual. Por variadas razones los métodos usados para determinar la calidad de encendido de combustibles destilados no son relevantes, y no pueden ser aplicados a los fuel oil residuales. A raíz de este problema, en los años 80 "Shell Research" se embarcó en un programa de investigaciones cuyo objetivo fue determinar los factores que controlaban las características de encendido de los fuel oil residuales identificando los parámetros significativos que caracterizan la calidad de ignición.

Se demostró que, además del diseño del motor y de sus parámetros de funcionamiento, la relevancia de la composición química del fuel oil residual llevó directamente a reconocer la aromaticidad del combustible tiene un pronunciado efecto sobre la facilidad de encendido y sobre otras propiedades físicas fácilmente disponibles como son la densidad y la viscosidad de los combustibles residuales.

Desde que la aromaticidad es un parámetro dificultoso de medir en ausencia de equipamiento especializado de laboratorio, Zeeleberg propuso el empleo de una correlación, designada como Índice CCAI (Calculated Carbon Aromaticity Index) adecuado para combustibles residuales. Este índice, equivalente al número cetano para

combustibles destilados, puede utilizarse para juzgar el retraso del encendido y para clasificar combustibles en función de la calidad de encendido.

El CCAI resultante puede determinarse sobre la base de dos propiedades perfectamente conocidas y especificadas: la viscosidad y la densidad, y es este parámetro el que ha ganado el favor como el método corrientemente más práctico y significativo para caracterizar la calidad de ignición de los combustibles residuales.

El CCAI puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{CCAI} = D - 81 - 141\text{LogLog}(V_k + 0,85) - 483\text{Log}[(T+273)/273]$$

ó:

$$\text{CCAI} = D - 141\text{LogLog}(V_k + 0,85) - 81$$

siendo: D la densidad a 15°C en kg/m³.

V_k la viscosidad cinemática (mm²/seg a 50°C) a la temperatura de T°C.

El CCAI es un número adimensional que expresa un modo de clasificar las cualidades de encendido de diferentes combustibles residuales; cuanto menor sea el número mejor es la característica de ignición.

De las últimas experiencias se ha reconocido que el CCAI es solo una primera estimación de las performances de encendido ya que también otros parámetros del combustible pueden jugar un rol de importancia, por consiguiente, no da una medida absoluta de las cualidades de ignición desde que este es mucho más dependiente del diseño y de las cualidades de funcionamiento del motor.

Por esta razón no hubo un intento de incluir valores limitantes en los estándares internacionales, desde que un valor que puede ser problemático para un motor funcionando bajo adversas condiciones puede responder de manera satisfactoria en muchas otras instancias.

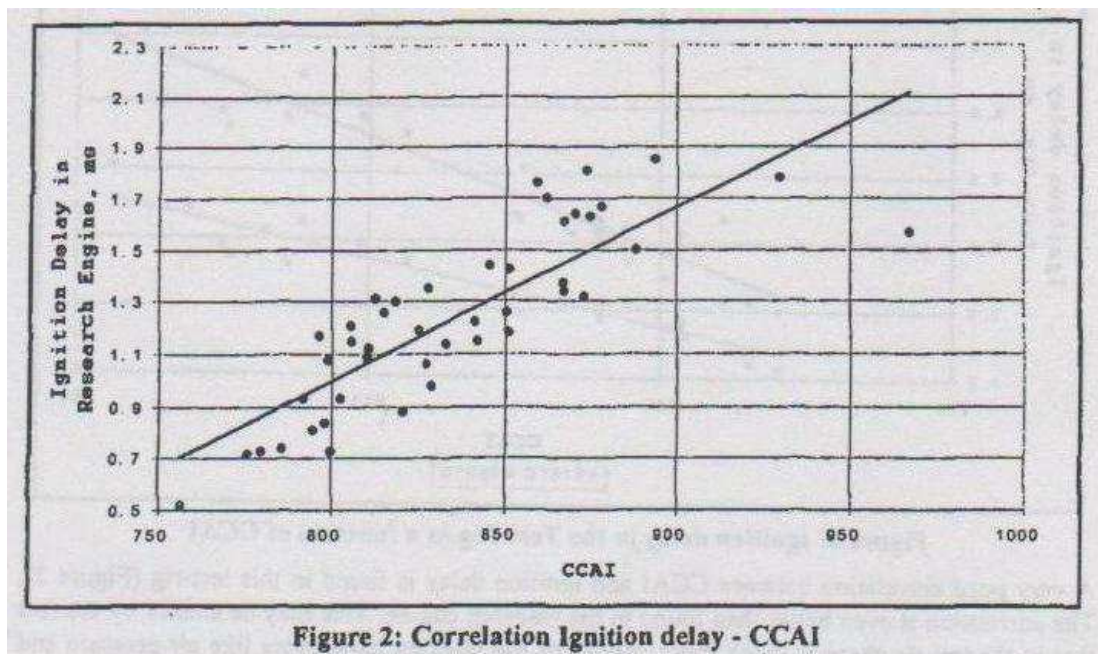
Los motores modernos de velocidad media toleran valores de CCAI de hasta 870/875, y valores de hasta 890 o mayores son aceptables en algunos tipos de motores. Los motores diesel de velocidad media son más sensibles a combustibles que tienen POOR características de encendido que los motores lentos con cruceta, los cuales en general son mucho más tolerantes a elevados valores de CCAI.

Los límites para viscosidad y densidad corrientemente en plaza en especificaciones internacionales de combustibles marinos ellos mismos proveen un control de la calidad de encendido para los principales grados de combustibles residuales. Por ejemplo, a 380 mm²/seg (a 50°C) el fuel oil a máxima densidad especificada de 991 kg/m³ tendrá un valor

de CCAI de 852; mientras un fuel oil de 180 mm²/seg (a 50°C) con la misma densidad tiene un CCAI de 861. Las características de encendido mejoran con el incremento de la viscosidad o con la disminución de la densidad.

Las dificultades de ignición pueden volverse más agudas a menores viscosidades del combustible si no hay una significativa y correspondiente reducción de la densidad. Esta es una razón para los menores límites de densidad aplicados a grados de menor viscosidad en las especificaciones internacionales.

La correlación entre retraso del encendido y CCAI no es ideal según se observa en el gráfico. La dispersión de datos respecto a la línea de regresión es bastante grande. A menores potencias del motor la dispersión es aun mayor.



PESO ESPECIFICO

Se llama peso específico a la relación entre el peso y el volumen de un cuerpo. Entonces:

$$\rho = P / V \quad (\text{Peso} / \text{Volumen})$$

Las unidades son Kgr/m³; Dina/cm³; Newton/m³; gr/cm³ o ton/m³.

El peso específico de los líquidos:

1. Varía con la temperatura, pues el líquido se dilata con la temperatura. Existen gráficos que relacionan el peso específico con la temperatura.
 - a.- Los hidrocarburos pesados varían menos con la temperatura.
 - b.- Para igual número de átomos de carbono, los hidrocarburos cíclicos tienen mayor peso específico que los de cadena abierta y dentro de estos los no saturados mayor que los saturados.
2. La presión tiene poco efecto en la variación del peso específico salvo a altas temperaturas en que el mismo es mayor con el aumento de la presión.
3. Peso específico de mezclas de líquidos: es aceptable calcular el peso específico de una mezcla en función del porcentaje volumétrico de los integrantes de la misma siempre que sean de igual base, por ejemplo, parafínicos.

PESO ESPECIFICO RELATIVO

Es el cociente del peso específico del cuerpo dividido por el de una sustancia que se toma como elemento de referencia.

Como sustancia de referencia se suele tomar el agua a 4°C. Resulta entonces un número abstracto que coincide con la llamada “densidad relativa” y no depende de la latitud del lugar como el peso específico.

En la industria del petróleo en los EE. UU., se toma como peso específico relativo el número que resulta de la relación entre el peso del volumen unitario del líquido que se considera a la temperatura de 60°F (15,56°C) y el peso del volumen unitario de agua destilada a la misma temperatura de 60°F (15,56°C) y se denomina “Specific Gravity 60°F/60°F”.

La diferencia entre las unidades “specific gravity 60°F/60°F” y “peso específico 15°C/4°C” es sumamente pequeña.

El factor de conversión, teniendo en cuenta que la densidad del agua a 15,56°C es de 0,99904 y que el coeficiente de dilatación medio de los derivados del petróleo es 0,00089 por 1°C, es de 0,99953, siendo la fórmula que los relaciona, la siguiente:

$$\text{Peso específico } 15^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C} = \text{specific gravity } 60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F} \times 0,99953 \text{ (o densidad)}$$

Siendo el factor de conversión una cifra tan cercana a la unidad, se puede admitir prácticamente que la densidad a 15°C, empleada en los países que han adoptado el sistema métrico decimal, es igual a la specific gravity 60°F/60°F, comúnmente usada en los países de habla inglesa.

Se determina por el método ASTM D-1298.

Cuanto mayor es la gravedad específica mayor es su densidad, es decir, el producto es más pesado.

DENSIDAD

Se llama densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo al cociente de la masa por su volumen a una temperatura dada. Entonces:

$$\delta = m / V \text{ (Masa / Volumen)}$$

Las unidades son: g/cm^3 ; kg/m^3 ; $\text{kgr seg}^2/\text{m}^4$.

La relación entre la densidad y el peso específico es la siguiente:

$$\rho = P / V = m g / V = \delta g$$

La densidad se mide habitualmente en kg/m^3 a 15°C (60°F) aunque es normal trabajar con kg/dm^3 a 15°C .

La medición de la densidad se efectúa con “aerómetros” que son cuerpos cilíndricos flotantes, generalmente de vidrio cargados en su parte inferior con bolitas de plomo, o bien, por medio de recipientes calibrados llamados “picnómetros”, en cuyo caso se pesan con el líquido cuya densidad se quiere medir llenando hasta una marca especial. Contienen un termómetro de precisión, puesto que el volumen del recipiente hasta la marca, generalmente, se refiere a la temperatura de 15°C .

En los EE. UU. se suele referir la densidad a grados API, los que han suplantado a los grados Baumé (para líquidos menos densos que el agua) de los que apenas difieren. Las conversiones correspondientes son:

$$\text{densidad} = 141,5 / (131,5 + ^\circ\text{API})$$

$$\text{densidad} = 140 / (130,1 + ^\circ\text{Bé})$$

$$\text{API} = (141,5 / \text{densidad}) - 131,5$$

$$\text{Bé} = (140 / \text{densidad}) - 130,1$$

En vez de emplear las fórmulas es más sencillo usar tablas.

Grados API o B _é	Densidad correspondiente		Grados API o B _é	Densidad correspondiente		Grados API o B _é	Densidad correspondiente		Grados API o B _é	Densidad correspondiente	
	a °API	a °B _é		a °API	a °B _é		a °API	a °B _é		a °API	a °B _é
0	1,0720		25	0,8984	0,8974	51	0,7753	0,7735	77	0,6787	0,6763
1	1,0679		27	0,8927	0,8917	52	0,7711	0,7693	78	0,6754	0,6731
2	1,0599		28	0,8871	0,8861	53	0,7669	0,7650	79	0,6722	0,6699
3	1,0520		29	0,8816	0,8805	54	0,7628	0,7609	80	0,6690	0,6667
4	1,0443		30	0,8762	0,8750	55	0,7587	0,7568			
5	1,0366					56	0,7547	0,7527	81	0,6659	0,6631
6	1,0291		31	0,8708	0,8696	57	0,7507	0,7487	82	0,6628	0,6604
7	1,0217		32	0,8654	0,8642	58	0,7467	0,7447	83	0,6597	0,6573
8	1,0143		33	0,8603	0,8589	59	0,7428	0,7407	84	0,6566	0,6542
9	1,0071		34	0,8550	0,8537	60	0,7389	0,7368	85	0,6536	0,6512
10	1,0000	1,000	35	0,8498	0,8485	61	0,7351	0,7330	86	0,6506	0,6482
11	0,9930	0,9929	36	0,8448	0,8434	62	0,7313	0,7292	87	0,6478	0,6452
12	0,9861	0,9859	37	0,8398	0,8383	63	0,7275	0,7254	88	0,6446	0,6422
13	0,9792	0,9790	38	0,8348	0,8333	64	0,7238	0,7216	89	0,6417	0,6393
14	0,9725	0,9723	39	0,8299	0,8284	65	0,7201	0,7179	90	0,6388	0,6364
15	0,9659	0,9655	40	0,8251	0,8235	66	0,7165	0,7143			
16	0,9593	0,9589				67	0,7128	0,7107	91	0,6360	0,6335
17	0,9529	0,9524	41	0,8203	0,8187	68	0,7093	0,7071	92	0,6331	0,6306
18	0,9465	0,9459	42	0,8155	0,8140	69	0,7057	0,7035	93	0,6303	0,6278
19	0,9402	0,9395	43	0,8109	0,8092	70	0,7022	0,7000	94	0,6275	0,6250
20	0,9340	0,9333	44	0,8063	0,8046				95	0,6247	0,6222
			45	0,8017	0,8000	71	0,6988	0,6965	96	0,6220	0,6195
21	0,9279	0,9272	46	0,7972	0,7955	72	0,6952	0,6931	97	0,6193	0,6167
22	0,9218	0,9211	47	0,7927	0,7910	73	0,6919	0,6897	98	0,6166	0,6140
23	0,9159	0,9150	48	0,7883	0,7865	74	0,6886	0,6863	99	0,6139	0,6114
24	0,9100	0,9091	49	0,7839	0,7821	75	0,6852	0,6829	100	0,6113	0,6087
25	0,9042	0,9032	50	0,7796	0,7778	76	0,6819	0,6796			

A medida que un líquido tiene un número API mayor su densidad es menor. Un líquido con una gravedad específica 1,00 tendrá un número API de 10.

El valor de la densidad está relacionado a la naturaleza de los hidrocarburos presentes. No es representativo de la calidad, no obstante, para fracciones equivalentes los hidrocarburos aromáticos tienen mayor densidad que los parafínicos y los nafténicos, en medio de ambos.

La escala Baumé fue creada por el químico francés Antoine Baumé para su uso en el mercado de hidrómetros, que miden la densidad de los líquidos. Para agua y líquidos más pesados que el agua, cero grados Baumé corresponde a una densidad específica de 1,000 (la densidad del agua a 4 grados centígrados). Para líquidos más ligeros que el agua, cero grados Baumé corresponde a la densidad de una solución de cloruro de sodio del 10%. Tú puedes convertir entre grados Baumé y la medida más comúnmente utilizada de la gravedad específica con algunas fórmulas sencillas.

La escala Baumé es una escala que mide las concentraciones de ciertas soluciones (jarabes, ácidos, etc.). Fue creada por el químico y farmacéutico francés Antoine Baumé.

Un grado Baumé equivale a 17 gramos de azúcar por litro o peso potencial del mosto -que son conceptos equivalentes- ya que 17 gramos de azúcar por litro producen un grado de alcohol.

*Por su parte **la escala Brix** expresa el porcentaje de azúcar en peso dentro de una solución a una temperatura dada. Un grado brix corresponde a 1% en peso de azúcar.*