

Ingeniería Energética General

Grados API y gravedad específica de los hidrocarburos - combustibles líquidos

Las transacciones comerciales y las operaciones tecnológicas del crudo (energía primaria) y de sus derivados líquidos (energía procesada o secundaria) se realizan intercambiando volúmenes ya que su estado físico es líquido. Estas transacciones son netamente energéticas, se compra, se vende o se procesa energía, por lo que se hace necesario conocer qué cantidad de energía se corresponde con cada unidad de volumen. Es la densidad del combustible la que nos informa sobre la cantidad de masa por unidad de volumen que tiene una sustancia. La gravedad específica es la relación que existe entre la densidad del líquido respecto a la densidad del agua a la temperatura de referencia de 60°F ó 15,6 °C.

Para facilitar estos cálculos y las operaciones con volúmenes de combustibles líquidos se han diseñado los Calculadores Energéticos "[Calculador de los grados API y la gravedad específica de los combustibles líquidos](#)" y "[Corrección por temperatura del volumen de los combustibles líquidos](#)" los que pueden visitarse en nuestra web, siguiendo los vínculos anteriores. Las tareas que realizan son:

- Determinar la gravedad específica conocido los grados API (y vis.) así como los parámetros que relacionan el peso y el volumen en diferentes unidades técnicas.
- Considerar el caso en que solo se conozca la gravedad específica del combustible líquido y se necesite determinar sus grados API.
- Realizar la corrección del volumen del combustible líquido cuando su temperatura difiere de 60 °F tomada como referencia

Ambos calculadores reportarán como información de salida, las relaciones peso - volumen y sus inversos del combustible líquido (indicadores) en las unidades más utilizadas en la economía global.

Grados API y gravedad específica de los hidrocarburos - combustibles líquidos

Objetivos:

[Gravedad específica de los hidrocarburos líquidos](#)

[Variaciones de la gravedad específica con la temperatura de los combustibles líquidos](#)

[Escala API](#)

[Coeficiente expansión promedio por °F a 60 °F](#)

[Cálculo del peso específico conocido los grados o densidad API](#)

Gravedad específica de los hidrocarburos líquidos. El crudo

El petróleo crudo está formado por cadenas moleculares de hidrocarburos, con pequeñas cantidades de derivados que contienen oxígeno, nitrógeno y o azufre, con trazas de constituyentes metálicos. Frecuentemente se encuentra el agua, emulsionada con el crudo, a veces hasta un 30 %. Normalmente las moléculas de hidrocarburos que constituyen el petróleo, lo clasifican, según pertenezcan a uno de los cuatro tipos: parafinas o saturados, no saturados, nafténicos y aromáticos. Los hidrocarburos de peso molecular más elevado, constan de grandes y pesadas cadenas moleculares, de radicales de dos o más grupos, tales como naftenos o aromáticos, con cadenas laterales parafínicas, o anillos nafténicos aromáticos, enlazados con otras cadenas laterales. Se cumple que aquellos crudos de mayor complejidad en sus cadenas moleculares, son más pesados y tienen una densidad superior. De esta manera se puede correlacionar la densidad de los hidrocarburos con su clasificación, y aunque no de manera exacta, si se pueden definir rangos de valores que indican que tipos de hidrocarburos están presentes y por lo tanto, a que tipo de crudo se corresponden .

La gravedad específica es un término relativo y principalmente utilizado en las operaciones de los combustibles y no es más que la relación entre el peso de combustible (o cualquier otro líquido) respecto al peso del agua a la temperatura de referencia de 60 °F.

La gravedad específica del agua a 60 °F es =1 y su densidad es de 62.371 libras/pie³ (@15.6 °C; 1 kg/litro). Así un líquido cuya gravedad específica es de 0.8 nos dice que es más ligero que el agua a la temperatura de 60 °F y su densidad será de $0.8 * 62.371 = 49.9$ libras/pie³. Para el ejemplo anterior, la Gravedad específica resulta 0.8 y la densidad 49.9 libras/pie³. Ambos valores son diferentes y las variables difieren en el valor asignado.

NOTA: Ingeniería Energética General basa los contenidos y publicaciones técnicas, en el Sistema Inglés de Unidades, producto de la acostumbrada utilización de este sistema en el mercado de Norteamérica y los países latinoamericanos. Ocurre también que muchas de las definiciones de parámetros que caracterizan los combustibles, se definen utilizando el Sistema Inglés de Unidades, como por ejemplo los grados API.

Si empleamos el Sistema Internacional de Unidades, un líquido cuya gravedad específica es de 0.8 tendría una densidad de $0.8 * 1 = 0.8$ kg/litro. Como vemos son

valores idénticos. En el SI coinciden ya que la gravedad específica del agua @ 15.6 °C es igual a la unidad y en esas condiciones un litro pesa 1 kg, es decir, su densidad también es 1.

El crudo es la materia prima que porta la energía química primaria. Esta materia prima se procesa y se convierte en energía secundaria, compuesta por los diferentes combustibles líquidos y gaseosos que conocemos. Estos combustibles que se extraen del crudo van desde corrientes gaseosas, que contienen las cadenas moleculares más pequeñas y ligeras, los combustibles blancos como las naftas y gasolinas y hasta el residuo pesado, negro, compuesto por cadenas cíclicas de hidrocarburos de alto peso y complejidad, que forman las pastas asfálticas.

Variaciones de la gravedad específica con la temperatura de los combustibles líquidos

Una propiedad física de los hidrocarburos líquidos es que molecularmente se expanden o contraen con la temperatura a la que están sometidos, por lo que su densidad variará, haciéndose menor cuándo aumenta la temperatura y mayor cuando disminuye.

Las transacciones comerciales y las operaciones tecnológicas del crudo (energía primaria) y de sus derivados líquidos (energía procesada o secundaria) se realizan intercambiando volúmenes ya que su estado físico es líquido. Estas transacciones son netamente energéticas, se compra o se vende energía, por lo que se hace necesario conocer que cantidad de energía se corresponde con cada unidad de volumen que se transporta. En las operaciones tecnológicas en la mayoría de los casos se requiere conocer cuánta energía entra al proceso de transformación para controlar la eficiencia con la que se realizan las operaciones industriales.

La energía es una variable extensiva, depende de la cantidad de masa, por lo que estamos obligados a conocer primero la cantidad de masa que está contenida en la unidad de volumen. Es la densidad del combustible la que nos informa sobre la cantidad de masa por unidad de volumen que tiene una sustancia.

Se hace necesario disponer de medios de medición precisos y estandarizados de la densidad para poder determinar la masa correspondiente en cada unidad de volumen y con ello, la cantidad total de energía que se comercializa.

Al estar el petróleo crudo y sus derivados procesados entre las principales materias primas de la comercialización mundial, se han regulado las formas y procedimientos contractuales, para oficializar y comprobar el precio, el volumen y la energía que se intercambia. Esos procedimientos estandarizados se cumplen internacionalmente.

Todas las transacciones de crudo y de sus derivados, están amparadas por Certificados que registran la densidad del hidrocarburo, a una temperatura de referencia, especificando bajo que método analítico fue determinado ese valor. El emisor del Certificado asegura que el producto que está despachando tiene esa propiedad y fija su valor asignado. El receptor o comprador está en su derecho de comprobar si el producto que le está llegando se corresponde con lo que contrató. Para estar seguro,

realiza un muestreo y determina la densidad de cada muestra, siguiendo el mismo método de análisis físico que aplicó el vendedor y que está descrito y formando parte del contrato. Si los valores coinciden, o las variaciones se encuentran entre los límites establecidos contractualmente, el producto es aceptado. Si hay diferencias fuera del límite permitido, se procede a la reclamación legal ante el vendedor. Alrededor de esto hay todo un procedimiento técnico, normalizado, legal, riguroso, pero a pesar de ser complejo es muy conocido por todos los que operan y transportan combustibles líquidos, pues es cotidiano. Una característica conocida es que las transacciones y operaciones se realizan en Unidades Inglesas, empleándose el Bbl y los grados API como parámetros característicos para fijar precios y calidades.

Conocer la gravedad específica de un hidrocarburo líquido, los grados API y las variaciones de este parámetro con la temperatura se convierte en una necesidad operacional para muchos técnicos, operadores, comerciantes y personal energético. De ahí que por nuestra parte incluyamos una herramienta de cálculo mediante la cual registrando parámetros característicos del combustible y la temperatura ambiente, se calcule su gravedad específica o los grados API.

Escala API

Para la medida de la gravedad específica se emplean el sistema basado sobre el peso de iguales volúmenes de hidrocarburos y de agua a una temperatura de 60 °F (densidad a 60° / 60°F), es decir, 15.6 °C

En los Estados Unidos y muchos países se emplea un sistema conocido como escala API, relacionada con la gravedad específica con la siguiente ecuación:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{\text{grav. específica } 60^{\circ}/60^{\circ}\text{F}} - 131.5$$

Ref: Modern Petroleum Technology, Versión Española.
Peso específico, Propiedades Físicas de los HC pags, 159 y 160

Las unidades de este parámetro se expresan en grados API. Es fácil determinar en esta ecuación que cuándo la gravedad específica del hidrocarburo sea 1, los grado API del hidrocarburo serán igual a 10. Valores superiores a la gravedad específica del agua @60 °F reportarán API menores de 10 y valores inferiores, API mayores que 10.

En los Contratos realizados y en los Certificados de Calidad, se registra el grado API del combustible líquido y con ello, se puede calcular la gravedad específica del mismo y su densidad. El valor API se calcula determinando primero la densidad del combustible a 60 °F mediante marchas analíticas estandarizadas, relacionándola con la del agua a esa temperatura para calcular su gravedad específica y aplicando la ecuación anterior.

Coefficiente expansión promedio por °F a 60 °F

El National Bureau of Standards y el Institute of Petroleum han publicado tablas que

dan los **factores de corrección** de la gravedad específica y del volumen para los hidrocarburos líquidos dentro de un amplio margen de temperaturas. La siguiente tabla nos informa los coeficientes de expansión de la gravedad específica en función de la temperatura, tomando como referencia 60 °F de temperatura. Para ello se han organizado la naturaleza química de los combustibles líquidos en 7 grupos, según el Grado API y como se puede apreciar, la corrección se hace más importante en la medida que los hidrocarburos líquidos son más ligeros (mayor grado API). En la columna final de la Tabla se encuentran los límites o intervalos de temperaturas entre los que se cumple el factor de corrección, considerando que los cortes más ligeros tienen un punto de gasificación (MABP) menor.

Grupo No.	Rango del Grado API @60°F	Coefficiente expansión promedio por °F a 60 °F	Intervalo de temperaturas, °F
0	0 - 14.9	0.00035	0 - 500
1	15 - 34.9	0.00040	0 - 500
2	35.0 - 50.9	0.00050	0 - 250
3	51.0 - 63.9	0.00060	0 - 200
4	64.0 - 78.9	0.00070	0 - 150
5	79.0 - 88.9	0.00080	0 - 150
6	89.0 - 93.9	0.00085	0 - 150
7	94.0 - 100.0	0.00090	0 - 150

Tomado de PETROLEUM HANDBOOK

El parámetro API a la vez se hace relevante pues se incluye en muchas de las funciones arbitrarias o factores que caracterizan a los crudos y sus derivados, como pueden ser la correlación carbono/hidrógeno, la constante de viscosidad, índice de correlación, índice diesel, calor de combustión, y otras.

Cálculo de la gravedad específica si conocemos los grados API.

Aplicando la expresión anterior, se puede calcular la gravedad específica del líquido a 60 °F. Así un Fuel-Oil de **18 °API** tiene una gravedad específica igual a:

$$\text{grav. esp. } 60^\circ/60^\circ\text{F} = \frac{141.5}{\text{API} + 131.5} = 0.9465$$

Se trata entonces que una unidad de volumen del hidrocarburo pesa 0.9465 veces que igual volumen de agua a esa temperatura. Recordemos antes que la gravedad específica del agua a 60 °F es =1 y su densidad es de 62.371 libras/pie³ (@15.6 °C; 1 kg/litro). Así nuestro combustible tendría una densidad de 0.9465 * 62.371 = 59.03 libras/pie³. En el SIU, un combustible cuya gravedad específica es de 0.9465, tendría una densidad de 0.9465 * 1 kg/l = 0.9465 kg/l.

Debido a su composición química y estructura molecular el agua tiene un coeficiente de dilatación despreciable respecto a la temperatura al compararlo con el coeficiente que

experimentan los hidrocarburos.

Durante el almacenamiento de grandes volúmenes de hidrocarburos líquidos, cómo puede ocurrir en las grandes instalaciones de destilación y refinación de crudo, el petróleo se estratifica dentro del tanque, debido a su constitución formada por mezclas de diferentes hidrocarburos. Así las fracciones más pesadas tienden a ir al fondo del tanque, mientras que las más ligeras van a la parte superior. Por eso se utilizan sistemas mecánicos de bombeo que recirculan el combustible constantemente. Una medición con la menor probabilidad de error (representativa) se logra realizando muestreos del combustible a diferentes alturas del tanque y anotando las temperaturas correspondientes. En el laboratorio se realizan las determinaciones de su densidad y se efectúan las correcciones llevándolo a la temperatura de referencia estándar de 60 °F. El promedio estadístico de las lecturas anteriores servirá de base para estimar los grados API más probable del combustible y su gravedad específica. Estas cifras se reportan considerando el intervalo de coincidencia probable de esta cifra.

Y todo este mecanismo complicado y riguroso por qué es? Veamos en cifras lo que representa estar al margen de las operaciones de corrección por temperatura de la gravedad específica:

- a) Un tanque de almacenamiento de 100 000 Bbls de capacidad puede contener unos 90 000 Bbls de un fuel-Oil de 18 °API, (13313 ton). El precio de cada Bbl de este F/O puede rondar los 100.00 USD y de la tonelada 675.00 USD. Un error en la estimación de la gravedad específica de una milésima (0.001) equivale a unas 90 Bbls de F/O (13.3 t). El valor producto de este error es de unos 9000.00 USD.
- b) Análogamente, mientras que 5000 toneladas de gasolina en un tanque ocupan 6944.4 m³ si la gravedad específica es de 0.720, si esta es de 0,721 el volumen será de 8934.8 m³, siendo la diferencia de 9.6 m³, o sea el 0.14%

Para facilitar los conocimientos anteriores en herramientas simplificadas, tendremos que dar solución a dos problemas de cálculo:

- Determinar la gravedad específica conocido los grados API así cómo los parámetros que relacionan el peso y el volumen en las diferentes unidades.
- Considerar el caso en que solo se conozca la gravedad específica del combustible líquido y se necesite determinar sus grados API.
- El Calculador reportará como información de salida, las relaciones peso - volumen y sus inversos del combustible líquido (indicadores) en las unidades más utilizadas globalmente.



Sobre el Autor: René Ruano Domínguez tiene más de 35 años de experiencia en actuaciones en sistemas y equipos energéticos, tanto en los que utilizan energía fósil como fuentes renovables. Se inició como operador, posteriormente tecnólogo y Gerente Técnico en la Industria de Conversión y Refinación de los Combustibles. Ha sido fundador y Gerente Técnico de varios Equipos de Ingeniería Energética dirigidos al Proyecto, Montaje y los Servicios Técnicos en los Sistemas de Calor y Frío, abarcando la generación, distribución y uso del vapor y el agua caliente en mediana y pequeñas instalaciones, hasta 10 bar de presión; y en los sistemas de Frío las bajas temperaturas (refrigeración y producción de hielo industrial), medianas temperaturas (conservación) y altas temperaturas (Aire Acondicionado) para instalaciones industriales y comerciales. Ha realizado múltiples actuaciones en proyectos, ejecución y servicios de Ingeniería Energética General.