

Interrelación de Unidades de Medida

Introducción

La interrelación de las unidades suele ser un valor numérico que expresa que cantidad de una unidad es igual a otra unidad. Por ejemplo, 1.000 kilos equivalen a una tonelada métrica, en tanto que 2240 libras equivalen a una tonelada larga.

Antes, las tablas que entregaban estos factores de conversión estaban incorporadas en los volúmenes XI/XII de la norma ASTM D-1250 o en el API MPMS (Manual of Petroleum Measurement Standards) Capítulo 11.1, del año 1980.

En la versión actual de estas normas, vigente desde el 2009, estas conversiones ahora están contenidas en tres sub-partes del API MPMS Capítulo 11.5. Todas las agrupaciones de las tablas que se encontraban en los volúmenes XI/XII se incluyen en el MPMS Capítulo 11.5 además de algunas adicionales, que en su mayoría son factores de peso en vacío. Por ejemplo, en los volúmenes XI/XII Tabla 8, que entregaban las libras por galón para diferentes valores de gravedad API, sólo entregan el peso en aire. El MPMS Capítulo 11.5 ahora entrega los valores del peso en aire y en vacío.

En realidad, no hay tablas en el Capítulo 11.5 del MPMS. Esta norma proporciona las fórmulas o algoritmos para el cálculo de los distintos factores de conversión.

Definiciones

Esta norma hace referencia a muchos términos tales como Masa, Peso, Densidad Absoluta, etc. Usted debe estar familiarizado con estos términos, y lo que significan; por lo tanto, a continuación se indican algunos de los términos mas comunes, junto con una explicación de sus significados.

Densidad: Se define generalmente como masa por unidad de volumen o peso por unidad de volumen a una temperatura determinada y a presión atmosférica o presión de vapor de equilibrio. Por ejemplo, kilogramos por metro cúbico @ 15 °C o libras por galón @ 60 °F.

Densidad Absoluta, es el término utilizado en el MPMS Capítulo 11.5 que se refiere a la **masa por unidad de volumen**. También es denominado "Densidad Verdadera" o "Densidad en Vacío".

Densidad Aparente, es el término que a veces se utiliza en referencia a la Densidad que se expresa en **peso por unidad de volumen**. También es denominada "Densidad Aparente" o "Densidad en Aire".

Densidad Relativa (DR) es la relación entre la densidad de una sustancia a una temperatura específica y la densidad de una sustancia de referencia, normalmente agua, a una temperatura de referencia. Por lo tanto, es un número sin dimensiones (adimensional). Al

informar los resultados, indique explícitamente las temperaturas de cada uno, por ejemplo 60°F/60°F o 15°C/4°C., La Densidad Relativa antes era conocida como **Gravedad Específica**, término que todavía se usa frecuentemente aunque es considerado arcaico.

Gravedad API es un término usado por la industria del petróleo para expresar la Densidad Relativa del petróleo líquido. La relación entre la Gravedad API y densidad relativa es la siguiente:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{DR}_{60/60^{\circ}\text{F}}} - 131.5$$

La Gravedad API es un número adimensional y, como se deriva en última instancia de la Densidad Absoluta, está "en vacío."

Masa - en términos sencillos se puede considerar como el **peso en vacío**. Por definición, es una medida absoluta de una determinada cantidad de materia y es directamente proporcional al número de átomos o moléculas presentes. La masa de un objeto se mantiene constante, independiente de cualquier efecto debido a la gravedad, mientras que el Peso varía en función de los efectos de la gravedad. La unidad métrica de Masa es el Kilogramo (kg).

Peso - en términos sencillos se puede considerar como el **peso en aire**. Por definición, es una

medida de la fuerza gravitacional sobre un objeto. Como la fuerza de gravedad disminuye con la distancia desde el centro de la tierra, el peso se refiere al nivel medio del mar. En Chile, la unidad "habitual" de peso es el kilogramo (kg), del sistema métrico.

Peso en Aire es la masa que una sustancia parece tener cuando es pesada en aire lo que refleja que el aire ejerce una fuerza neta de flotabilidad sobre la sustancia igual a la masa de aire desplazado por ella. **El peso en aire es siempre menor al peso en vacío.**

Las definiciones anteriores son específicas de nuestra industria y hemos intentado ser tan descriptivos como sea posible en la definición de ellas. Como en la mayoría de los términos técnicos usted podrá encontrar otras definiciones, aunque el contenido debe ser similar.

API MPMS Cap. 11.5.1

Este capítulo provee los procedimientos de cálculo para convertir cualquier valor de **Gravedad API a 60 °F** a su valor equivalente en las siguientes unidades de densidad:

- Densidad Relativa a 60/60 °F.
- Densidad Absoluta a 60 °F.
- Densidad Absoluta a 15 °C.
- Libras por Galón U.S. a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Galones U.S. por Libra a 60 °F *en vacío y en aire.*

- Toneladas cortas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Galones U.S. por Tonelada Corta a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas cortas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Barriles por Tonelada Corta a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas Largas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Galones U.S. por Tonelada Larga a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas Largas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Barriles por Tonelada larga a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas Métricas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas Métricas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Metros Cúbicos por Tonelada Corta a 15 °C *en vacío y en aire.*
- Metros Cúbicos por Tonelada Larga a 15 °C *en vacío y en aire.*
- Galones U.S. a 60 °F a Litros a 15 °C.
- Barriles a 60 °F a Litros a 15 °C.

API MPMS Cap. 11.5.2

Este capítulo provee los procedimientos de cálculo para convertir cualquier valor de **Densidad Relativa (60/60 °F)** a su valor equivalente en las siguientes unidades de densidad:

- Gravedad API a 60 °F (antigua Tabla 21).
- Densidad Absoluta a 60 °F.
- Densidad Absoluta a 15 °C. (antigua Tabla 21).
- Libras por Galón U.S. a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 26).
- Galones U.S. por Libra a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 26).
- Toneladas Cortas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 27).
- Galones U.S. por Tonelada Corta a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 28).
- Toneladas Cortas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 27).
- Barriles por Tonelada Corta a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 28).
- Toneladas Largas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 29).
- Galones U.S. por Tonelada Larga a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 30).
- Toneladas Largas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 29).
- Barriles por Tonelada Larga a 60 °F *en vacío y en aire* (antigua Tabla 30).
- Toneladas Métricas por 1000 Galones U.S. a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Toneladas Métricas por Barril a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Barriles por Tonelada Métrica a 60 °F *en vacío y en aire.*
- Metros Cúbicos por Tonelada Corta a 15 °C *en*

vacío y en aire (antigua Tabla 31).

- Metros Cúbicos por Tonelada Larga a 15 °C en *vacío y en aire* (antigua Tabla 31).

Aunque no están relacionadas con la Densidad Relativa, las siguientes se incluyen para conveniencia del usuario:

- Galones U.S. a 60 °F a Litros a 15 °C (antigua Tabla 22).
- Barriles a 60 °F a Metros Cúbicos a 15 °C (antiguas Tablas 22, 52)

API MPMS Cap. 11.5.3

Este capítulo provee los procedimientos de cálculo para convertir cualquier valor de **Densidad Absoluta a 15 °C** a su valor equivalente en las siguientes unidades de densidad:

- Densidad Relativa a 15/15 °C.
- Densidad Absoluta a 60 °F.
- Densidad Relativa a 60/60 °F (antigua Tabla 51).
- Gravedad API a 60 °F (antigua Tabla 51).
- Densidad a 15 °C en aire (similar a la antigua Tabla 56).
- Conversión de Densidad Aparente a 15 °C a Densidad Absoluta a 15 °C.
- Metros Cúbicos por Tonelada Métrica a 15 °C en

vacío y en aire (similar a la antigua Tabla 56).

- Metros Cúbicos por Tonelada Corta a 15 °C en *vacío y en aire*.
- Metros Cúbicos por Tonelada Larga a 15 °C en *vacío y en aire*.
- Libras por Galón U.S. a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Galones U.S. por Libra a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Toneladas Cortas por 1000 Litros (Metros cúbicos) a 15 °C en *vacío y en aire* (antigua Tabla 57).
- Toneladas Cortas por 1000 Galones U.S. a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Galones U.S. por Tonelada Corta a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Toneladas Cortas por Barril a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Barriles por Tonelada Corta a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Toneladas Largas por 1000 Litros (Metros Cúbicos) a 15 °C en *vacío y en aire* (antigua Tabla 57).
- Galones U.S. por Tonelada Métrica a 60 °F en *vacío y en aire* (antigua Tabla 58).
- Barriles por Tonelada Métrica a 60 °F en *vacío y en aire* (antigua Tabla 58).
- Toneladas Largas por 1000 Galones U.S. a 60 °F en *vacío y en aire*.

- Galones U.S. por Tonelada Larga a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Toneladas Largas por Barril a 60 °F en *vacío y en aire*.
- Barriles por Tonelada Larga a 60 °F en *vacío y en aire*.

Si bien no guardan relación con la Densidad Absoluta, las siguientes se incluyen para conveniencia del usuario:

- Litros a 15 °C a Galones U.S. a 60 °F.
- Metros Cúbicos a 15 °C a Barriles a 60 °F (antigua Tabla 52).

Conclusión

Actualmente, casi todas las transferencias y mediciones de petróleo y combustibles en el mundo se cuantifican utilizando los factores de corrección y conversión establecidos en los procedimientos publicados a partir del año 2004. Desde el punto de vista de la estandarización de procesos y de las buenas prácticas de operación, no cabe duda que su implementación en las plantas y terminales petroleros de nuestro país es del todo recomendable.