

## Corrección y Ajuste de Techo Flotante

### Introducción

Cuando un tanque tiene techo flotante [ya sea interior o exterior], el techo va a desplazar un cierto volumen de líquido, equivalente a su propio peso, siempre y cuando el techo esté flotando totalmente sobre el líquido.

Ese desplazamiento producirá una variación en el nivel de líquido medido en el tanque.

Por tanto, al calcular cuánto producto se encuentra en el tanque, se debe considerar la magnitud del desplazamiento producido por el peso del techo.

En el Capítulo 12.1.1 del Manual of Petroleum Measurement Standards del American Petroleum Institute (MPMS API), se indica el procedimiento para aplicar esta corrección en el proceso de cálculo de cantidades estáticas.

La corrección por el desplazamiento de un techo flotante es volumétrica.

Si bien el peso del techo flotante permanece constante (salvo variaciones estructurales o depósitos de material sobre su superficie), el volumen que desplaza es directamente proporcional a la Densidad Observada [o Gravedad API a la temperatura observada] del líquido en el cual está flotando. También se debe considerar que la Densidad de un líquido varía con la temperatura del mismo.

La determinación de la corrección por techo flotante puede realizarse por uno de los dos métodos que se describen a continuación, dependiendo de si en la Tabla de Calibración ya se ha considerado el desplazamiento del techo o no:

- a) **Corrección de Techo Flotante:** en esta situación los volúmenes de la Tabla de Calibración no han sido corregidos por el desplazamiento debido al peso del techo; por tanto, el volumen total desplazado debe ser calculado y aplicado como una corrección al volumen leído en la Tabla. Esta corrección es siempre negativa (se resta al volumen de la Tabla) y se calcula dividiendo el peso del techo por la densidad observada a la temperatura del líquido en contacto con el techo.
- b) **Ajuste de Techo Flotante:** en este caso el volumen desplazado por el techo ya está considerado en la Tabla de Calibración y ha sido calculado para una densidad de referencia. Sin embargo, una segunda corrección, o ajuste, debe ser aplicado cuando la densidad observada del líquido en el tanque sea distinta a la densidad utilizada como referencia en la Tabla de Calibración. Este ajuste puede ser positivo o negativo.

En cualquier caso, vale la pena recordar que la Densidad, o Gravedad API, que debe

aplicarse para la corrección o ajuste de techo flotante es la **Densidad o Gravedad API Observada**, es decir, a la **temperatura del producto en el tanque al momento de la medición** y no la Densidad o Gravedad API a una temperatura de referencia (15°C o 60°F)

### Corrección de Techo Flotante

El descuento por desplazamiento debido al peso del techo se calcula dividiendo el peso del techo flotante por la Densidad Observada, que es la densidad del líquido a la temperatura medida en el tanque.

A su vez, la Densidad Observada puede determinarse multiplicando la Densidad en Aire a la temperatura estándar (15°C o 60°F) por el Factor de Corrección de Volumen (FCV) para la temperatura observada en el tanque.

Por lo tanto, la fórmula para calcular la Corrección de Techo Flotante (CTF) es la siguiente:

$$CTF = \frac{\text{Peso del Techo}}{\text{Densidad}_{T^{\circ}\text{Ref.}} \times \text{FCV}}$$

**Nota:** Las unidades de Densidad deben ser compatibles tanto para el FCV como para las unidades de peso del techo. Además, se debe utilizar la Densidad en aire.

El siguiente es un ejemplo de la aplicación de este método, en el cual se asume que la Tabla de Calibración no incluye ninguna corrección por efecto del Techo:

- Producto: Diesel Oil
- Gravedad API 60°F: 34,0
- Dens. en Aire a 60°F: 0,8530 kg/l (Tabla 13 Mod.)
- Temp. del líquido: 81 °F
- FCV (T-6B-1980): 0,9903
- Peso del Techo: 93500 kgs

Corrección Techo Flotante (CTF):

$$CTF = \frac{\text{Peso del Techo}}{\text{Densidad } T_{\text{Ref}} \times \text{FCV}}$$

$$CTF = \frac{93500 \text{ kg}}{0,8530 \text{ kg/l} \times 0,9903}$$

**CTF = - 110.687 litros**

**Nota:** con este método la corrección es **siempre negativa** y debe restarse del volumen leído en la Tabla de Calibración.

## Ajuste de Techo Flotante

Lo habitual es que la corrección de techo flotante ya esté calculada en la Tabla de Calibración, utilizando una densidad de referencia. Los volúmenes de la tabla ya incluyen esa corrección (a partir del nivel de líquido en el que el techo comienza a flotar totalmente), pero deben ser ajustados para compensar la diferencia entre la densidad de referencia y la densidad observada a la temperatura del líquido en el tanque en el que el techo se encuentra flotando.

En este caso, en la Tabla de Calibración se agrega una sección donde se establece la forma de proceder para determinar el ajuste adicional que debe aplicarse.

Un ejemplo de este ajuste es el siguiente:

Producto: Diesel Oil  
Gravedad API @ 60°F: 34,0  
Temperatura del Líquido: 81 °F

Densidad de Referencia de Calibración: API = 35,0  
Densidad = 0,8479 kg/l

Peso del Techo: 93.500 kgs

### Anexo de la Tabla de Calibración del tanque:

*"Un total de 110.272 litros han sido descontados de esta tabla entre 1610 mm y 1800 mm (zona crítica), debido al desplazamiento que experimenta el líquido por el peso de 93500 kgs del techo flotante. La corrección se efectuó considerando un líquido cuya densidad es equivalente a 35,0 grados API. Las mediciones sobre 1800 mm reflejan esta corrección, pero deben ser ajustadas, en función de la Gravedad API Observada del líquido al momento de la medición, de acuerdo a los siguientes parámetros:*

- **Para API Observado = 35,0, no hay ajuste.**
- **Por cada °API por debajo de 35,0: Sumar 659 litros.**
- **Por cada °API por sobre 35,0: Restar 659 litros.**

#### Paso 1:

Debemos calcular la Gravedad API Observada del producto para una temperatura de 81°F, que es la temperatura medida en el tanque. Para ello

contamos con el dato de que la Gravedad API a 60°F del producto es 34,0. El API Observado se obtiene trabajando con la Tabla 5B (5A si el producto es Petróleo Crudo) a la inversa de como se utiliza normalmente. Primero ubicamos en el "cuerpo" de la tabla la línea horizontal que corresponde a la temperatura observada en el tanque (81°F en este ejemplo) y luego ubicamos en esa línea el punto o valor donde se encuentra el valor del API a 60°F (34,0). Entonces subimos desde ese punto, en forma vertical, hasta la línea de la parte superior donde se encuentran los valores del API Observado.

En este ejemplo una Gravedad API a 60 °F de 34,0 con una temperatura observada de 81,0 °F entregará un resultado de **Gravedad API Observada @ 81.0 °F igual a 35,6.**

**Nota:** en este ejemplo se ha utilizado la Tabla 5B de la edición impresa del año 1980. Las tablas de 1980 han sido reemplazadas por las versiones digitales del año 2004. Sin embargo, para los niveles de precisión que se requieren aun es aceptable su uso para estos fines.

En la imagen de la página 4 de este documento se muestra gráficamente la operación del Paso 1.

#### Paso 2:

Ahora debemos determinar la diferencia entre la Gravedad API Observada y la Gravedad API de Referencia de la Tabla de Calibración y luego multiplicar esa diferencia por el

ajuste volumétrico indicado en el Anexo que indica los parámetros de ajuste del techo flotante (en el ejemplo, +/- 659 litros). Si el API Observado es menor que el API de Referencia, entonces la corrección es positiva y habrá que sumarle un volumen adicional al desplazamiento calculado al confeccionar la Tabla de Calibración. Esto es lógico ya que **un API menor** significa que el producto en el tanque tiene una **densidad mayor** a la utilizada como referencia en la calibración, lo cual implica que el líquido ofrece una mayor “resistencia” al peso del techo y, por lo tanto, el volumen desplazado será menor. En el ejemplo, el volumen de desplazamiento que ha sido descontado en la Tabla de Calibración es de 110.272 litros, pero como el desplazamiento en realidad es menor, hay que compensar con un ajuste positivo, que aumente el volumen leído en la tabla, para el nivel medido de líquido.

Lo contrario aplica cuando la Gravedad API Observada es mayor que la Gravedad API de Referencia (densidad real menor a la de referencia), en cuyo caso el desplazamiento debido al peso del techo será mayor y el volumen real de líquido en el tanque será menor al que indica la Tabla de Calibración, siendo entonces negativo el ajuste.

Para el ejemplo dado, tenemos lo siguiente:

API de Referencia :	35,0
API Observado a 82°F :	35,6
Diferencia:	+0,6

Por cada grado API sobre 35,0 se debe restar 659 litros

**Ajuste de Techo Flotante:**  
**0,6 x - 659 = - 395 litros**

En este ejemplo, el ajuste resultante puede considerarse poco significativo, pero la magnitud del mismo dependerá de las diferencias de API y temperatura, así como del tamaño del tanque y el peso del techo flotante.

## Comentarios Finales

La Corrección o Ajuste por Techo Flotante es un paso obligado en el proceso de cálculo del volumen de producto contenido en un tanque de este tipo y debe ser aplicada correctamente.

Mucho cuidado se debe tener también al establecer los parámetros relacionados con este ajuste, durante el proceso de calibración de un tanque y luego en la generación de su Tabla de Calibración.

La densidad de producto que se debe tener en cuenta al aplicar la corrección o el ajuste, es la Densidad Observada, es decir, la densidad a la temperatura medida del producto en el tanque.

Usualmente, dicha densidad se calcula a la temperatura promedio del producto en el tanque (resultado de promediar las temperaturas tomadas a distintos niveles). Del mismo modo, la densidad se mide en una corrida (o de todo nivel) o bien a una muestra compuesta del tanque (a partir de muestras de niveles superior, medio e inferior).

Sin embargo, en algunos terminales se toma una muestra desde el nivel superior y se utiliza la temperatura del nivel superior del líquido, utilizando estos parámetros para el cálculo de la Densidad o Gravedad API Observado, en lugar de utilizar el promedio de temperatura y de densidad del tanque. Aun cuando la norma no se expresa en forma directa sobre este punto, parece bastante lógico este proceder, especialmente cuando se trabaja con Petróleo Crudo y otros productos en los que se puede observar una estratificación, una diferencia importante de temperatura entre los distintos niveles de medición o bien el peso del techo es relativamente alto.

Otras consideraciones a tener presente son las siguientes:

- La corrección o ajuste de techo flotante no será exacta si el nivel de líquido se encuentra dentro de la **Zona Crítica** del techo flotante, independiente del tipo de tabla.
- En una Tabla de Calibración, para la zona crítica, el descuento del peso del techo normalmente está distribuido (prorratedo) entre el nivel inicial y final de esta sección.
- Las correcciones de Techo no son aplicables a volúmenes bajo la zona crítica (allí el techo no está flotando).
- Si en un techo flotante existen grandes cantidades de agua, hielo o nieve, éstos deben ser removidos antes de realizar la medición.

**Forma de proceder para determinar la Gravedad API Observada, a partir de la Temperatura del producto en el tanque y la Gravedad API a 60°F, utilizando las Tablas 5A o 5B**

**TABLE 5B, GENERALIZED PRODUCTS  
API CORRECTION TO 60 F**

TEMP. F	API GRAVITY AT OBSERVED TEMPERATURE											TEMP. F
	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	
CORRESPONDING API GRAVITY AT 60 F												
75.0	33.9	34.4	34.9	35.4	35.9	36.3	36.8	37.3	37.8	38.3	38.8	75.0
75.5	33.8	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3	36.8	37.3	37.8	38.3	38.8	75.5
76.0	33.8	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3	36.8	37.3	37.7	38.2	38.7	76.0
76.5	33.8	34.3	34.8	35.2	35.7	36.2	36.7	37.2	37.7	38.2	38.7	76.5
77.0	33.7	34.2	34.7	35.2	35.7	36.2	36.7	37.2	37.7	38.2	38.6	77.0
77.5	33.7	34.2	34.7	35.2	35.7	36.2	36.6	37.1	37.6	38.1	38.6	77.5
78.0	33.7	34.2	34.6	35.1	35.6	36.1	36.6	37.1	37.6	38.1	38.6	78.0
78.5	33.6	34.1	34.6	35.1	35.6	36.1	36.6	37.1	37.5	38.0	38.5	78.5
79.0	33.6	34.1	34.6	35.1	35.6	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	79.0
79.5	33.6	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.4	79.5
80.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5	36.9	37.4	37.9	38.4	80.0
80.5	33.5	34.0	34.5	34.9	35.4	35.9	36.4	36.9	37.4	37.9	38.4	80.5
81.0	33.4	33.9	34.4	34.9	35.4	35.9	36.4	36.9	37.4	37.8	38.3	81.0
81.5	33.4	33.9	34.4	34.9	35.4	35.9	36.3	36.8	37.3	37.8	38.3	81.5
82.0	33.4	33.9	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3	36.8	37.3	37.8	38.2	82.0
82.5	33.3	33.8	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3	36.7	37.2	37.7	38.2	82.5
83.0	33.3	33.8	34.3	34.8	35.2	35.7	36.2	36.7	37.2	37.7	38.2	83.0
83.5	33.3	33.7	34.2	34.7	35.2	35.7	36.2	36.7	37.2	37.6	38.1	83.5
84.0	33.2	33.7	34.2	34.7	35.2	35.7	36.1	36.6	37.1	37.6	38.1	84.0
84.5	33.2	33.7	34.2	34.6	35.1	35.6	36.1	36.6	37.1	37.6	38.0	84.5
85.0	33.1	33.6	34.1	34.6	35.1	35.6	36.1	36.6	37.0	37.5	38.0	85.0
85.5	33.1	33.6	34.1	34.6	35.1	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	85.5
86.0	33.1	33.6	34.1	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	37.9	86.0
86.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.4	36.9	37.4	37.9	86.5
87.0	33.0	33.5	34.0	34.5	34.9	35.4	35.9	36.4	36.9	37.4	37.9	87.0
87.5	33.0	33.5	33.9	34.4	34.9	35.4	35.9	36.4	36.9	37.3	37.8	87.5
88.0	32.9	33.4	33.9	34.4	34.9	35.4	35.8	36.3	36.8	37.3	37.8	88.0
88.5	32.9	33.4	33.9	34.4	34.8	35.3	35.8	36.3	36.8	37.3	37.7	88.5
89.0	32.9	33.3	33.8	34.3	34.8	35.3	35.8	36.3	36.7	37.2	37.7	89.0
89.5	32.8	33.3	33.8	34.3	34.8	35.2	35.7	36.2	36.7	37.2	37.7	89.5
90.0	32.8	33.3	33.8	34.2	34.7	35.2	35.7	36.2	36.7	37.1	37.6	90.0

\* DENOTES EXTRAPOLATED VALUE

API GRAVITY = 35.0 TO 40.0