



Artículo Técnico N° 1

Medición de Nivel en Tanques de Almacenamiento MPMS API Capítulo 3.1A

Introducción

La medición estática se refiere a la medición de un líquido cuando éste no está en movimiento. La medición estática del petróleo y sus derivados, así como en los líquidos en general, se lleva a cabo usualmente en tanques de tierra, tanques de buque o tanques de barcasas. Existen, sin embargo, algunos aspectos que necesitan ser establecidos antes de entrar en los detalles específicos de la medición estática de tanques.

- Todos los líquidos se expanden al aumentar su temperatura y se contraen si su temperatura disminuye. **Este es un aspecto fundamental en la medición de hidrocarburos y líquidos en general.**
- Los líquidos pueden ser medidos en volumen o peso (masa). En general, el petróleo y sus derivados se venden en unidades de volumen, usualmente Barriles o Metros Cúbicos. Debido a que el volumen varía con la temperatura, es necesario calcular dichos volúmenes a una temperatura estándar (o de referencia), con el fin de mantener la consistencia. Las temperaturas estándar que se usan en la industria del petróleo son 60°F o 15°C.

La mayoría de las veces, la medición de tanques se realiza como parte de un proceso de transferencia de un producto. Para determinar cuánto material se transfirió dentro o fuera de un tanque, éste debe ser medido, y la cantidad en su interior calculada, antes y después de la transferencia del producto. La cantidad en el tanque antes de transferir el producto se resta de la cantidad en el tanque después de la transferencia. La diferencia es la cantidad transferida. La cantidad total de producto a ser embarcado puede estar en más de un tanque. En este caso, cada tanque involucrado en la transferencia es medido antes y después de la misma, y las cantidades transferidas hacia o desde cada tanque se suman para determinar la cantidad total transferida.

Aunque este documento se orienta principalmente a la medición de petróleo crudo y productos del petróleo, tales como gasolina, diesel oil, kerosene, kerosene de aviación y fuel oils, los principios y procedimientos generales de la medición también se aplican a otros tipos de líquidos. En lo sucesivo, se usarán indistintamente los términos “crudo” o “petróleo” o “hidrocarburo”, para referirse al mismo tipo de material.

Medición de Tanques de Tierra

La premisa básica de la medición de un tanque de tierra es determinar la altura del líquido en el tanque, el nivel de agua libre (en tanques de hidrocarburos) y su temperatura. Luego, usar ésta y otra información para calcular el volumen de material dentro del tanque.

Contenidos del Tanque

Esencialmente, hay tres tipos de material dentro de un tanque de almacenamiento de petróleo:

- El **hidrocarburo** (crudo o derivado), es el producto comercial que deseamos medir.
- **Agua Libre** (Free Water, FW), es agua que decanta en el fondo del tanque, separada del petróleo que se sitúa por sobre aquella. Esta separación se produce debido a que el agua no es miscible con los hidrocarburos y, como tiene una densidad mayor, se deposita debajo de la capa de hidrocarburo.
- **Agua y Sedimentos en Suspensión (S&W)**, son partículas muy finas de agua y sedimento que permanecen suspendidas en el líquido, sin decantar en el fondo del tanque. **El volumen de S&W siempre debe restarse del volumen de petróleo crudo. En productos derivados, en cambio, esta reducción no es aplicable habitualmente.**

Los niveles de producto y de agua libre se determinan por medio de la medición directa, o “sondaje”. Para determinar el contenido de agua y sedimentos en suspensión, en cambio, se debe analizar en el laboratorio una muestra del producto contenido en el tanque.



Artículo Técnico N° 1

Terminología

Antes de describir los procedimientos de medición, necesitamos revisar los distintos tipos de volúmenes y lo que representan. Esta terminología es uniforme en la industria petrolera y debe ser claramente entendida por quienes deben hacer uso de la misma.

En términos generales, los tipos de volúmenes se pueden clasificar en dos categorías:

- Los volúmenes que no son ajustados (corregidos) por efecto de la temperatura se denominan **Volúmenes Observados** (Observed Volumes), ya que ellos son registrados a la temperatura observada del producto en el tanque.
- Los volúmenes que han sido corregidos por la temperatura son denominados **Volúmenes Estándar** (Standard Volumes), ya que éstos son informados a la temperatura estándar, usualmente 60°F o 15°C. Para convertir volúmenes a temperatura observada en volúmenes a temperatura estándar, se usan los denominados "Factores de Corrección de Volumen" (VCF).

Volumen Total Observado (Total Observed Volume, TOV): es el volumen total medido de todos los líquidos/materiales presentes en el tanque, usualmente crudo o producto, agua libre y agua y sedimentos, a la temperatura observada.

Volumen Bruto Observado (Gross Observed Volume, GOV): es el volumen total de producto y S&W presente en el tanque, a la temperatura observada, excluyendo el agua libre (FW). Por lo tanto, es igual a la expresión:

$$\text{GOV} = \text{TOV} - \text{FW}$$

Volumen Bruto Estándar (Gross Standard Volume, GSV): es el volumen total de producto y S&W, excluyendo al agua libre, corregido por un "factor de corrección de volumen, VCF", a la temperatura estándar de 60°F o 15°C.

$$\text{GSV} = \text{GOV} \times \text{VCF}$$

Volumen Neto Estándar (Net Standard Volume, NSV): es el volumen total de petróleo crudo, sin agua libre (FW) ni agua y sedimentos en suspensión (S&W), a la temperatura estándar.

$$\text{NSV} = \text{GSV} - \text{S\&W}$$

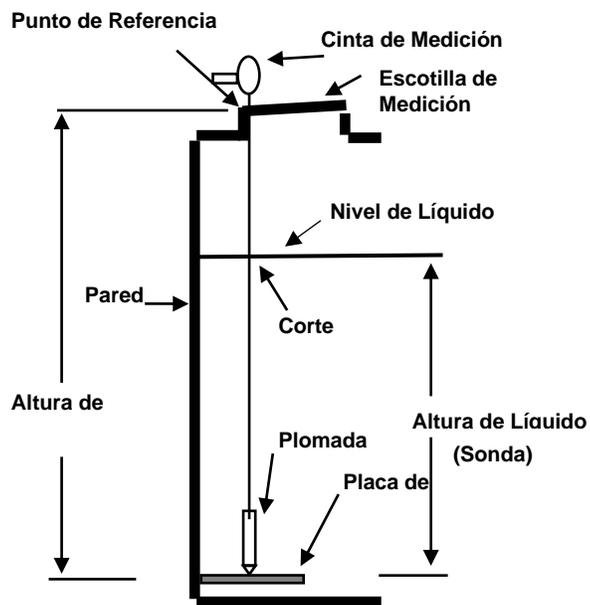
Volumen Total Calculado (Total Calculated Volume, TCV): es la suma del Volumen Bruto Estándar (GSV) y del Agua Libre (FW). Este volumen se emplea en el análisis de diferencias y el control de mermas (loss control) para comparar volúmenes transferidos.

$$\text{TCV} = \text{GSV} + \text{FW}$$

Tipos de Medición de Nivel

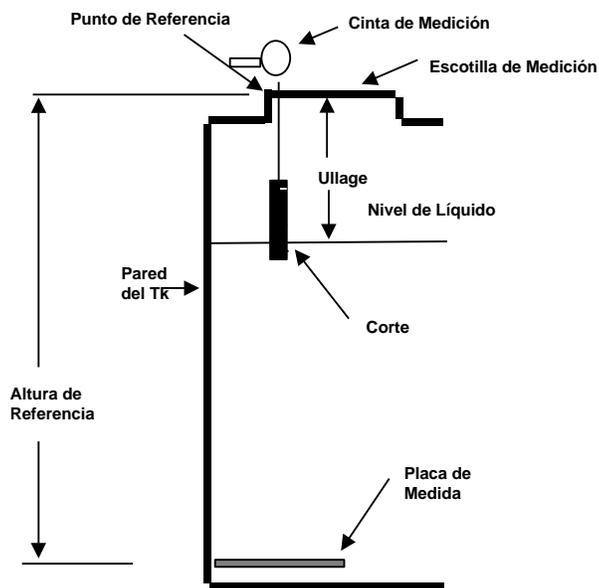
La medición de nivel es una medida de la distancia vertical o altura del líquido en el tanque. Hay dos métodos básicos para obtener una medida de nivel.

Método de la Sonda (Innage): mide la distancia vertical desde la superficie del líquido hasta el fondo del tanque (o viceversa). Nota: el fondo del tanque puede ser el piso del tanque mismo o una placa de medida (conocida también como placa de referencia, mesa de medida, **datum plate**), la cual es una plancha metálica colocada y nivelada directamente bajo el punto de referencia de la medición (en la escotilla de medición) y muy cerca del piso del tanque. Esta placa provee una superficie fija de contacto desde la cual las mediciones de nivel pueden efectuarse.



MEDICION DE SONDA

Método del Vacío (Ullage, Outage): mide la distancia vertical entre la superficie del líquido y un punto situado en la escotilla del tanque, denominado "punto de referencia". El término comunmente usado para este método es "Ullage". Este es un término náutico y es usado extensivamente, especialmente en buques y barcazas.



MEDICION DE ULLAGE

Algunos términos adicionales relacionados con la medición de nivel, y con los cuales hay que estar familiarizado, son los siguientes:

Tabla de Calibración del Tanque: es la tabla que indica el volumen que corresponde a cada altura de líquido medida en el tanque. Una Tabla de Calibración puede calcularse y confeccionarse tanto para mediciones de sonda o ullage. A bordo de buques y barcasas, estas tablas son usualmente denominadas como “tablas de ullage”.

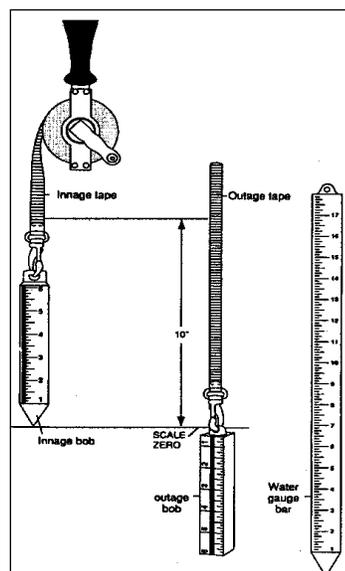
Punto de Referencia de la Medición: es el punto, situado en el techo del tanque (normalmente sobre la escotilla de medición), desde el cual se ejecuta la medición. Su ubicación precisa debe estar claramente marcada en el borde de la escotilla.

Altura de Referencia: es la altura “oficial” del tanque, medida desde el fondo, o desde la placa de medida, hasta el punto de referencia, cuando se calibra el tanque. La magnitud de este parámetro debe estar indicada en la Tabla de Calibración, y también en una placa de datos colocada cerca de la escotilla de medición. Su valor debe ser registrado por el operador y el inspector de la medición antes de proceder a determinar el nivel de líquido.

Altura de Referencia Observada: es la altura, entre el punto de referencia y el fondo del tanque, medida al momento de efectuar la medición de nivel de líquido. Es una medida de verificación de la Altura de Referencia. La altura de referencia observada se compara con la altura de referencia de la tabla de calibración, para determinar si la cinta de medición ha alcanzado efectivamente el fondo del tanque y/o para verificar si el fondo o piso del tanque sufre distorsiones que producen variaciones en la altura de referencia, tanto con respecto a la calibración como entre mediciones realizadas en momentos distintos.

Equipo de Medición de Nivel

El elemento principal del equipo de medición es la “cinta de medición” (gauge tape). Hay dos tipos de cintas: una cinta de sonda (innage) y una cinta de ullage. Ambos tipos de cinta consisten en una cinta graduada de acero inoxidable, montada en una cámara metálica provista de un mango para su fácil manejo. El extremo libre de la cinta termina en un gancho al cual se conecta una plomada de medición (gauge bob), usualmente de bronce, cuyo peso es de alrededor de 650 gramos. Su función es proveer el peso suficiente al extremo de la cinta, para permitir que ésta sea introducida en el tanque con la tensión necesaria para mantenerla en posición vertical, mientras se realiza la medición. La diferencia entre una cinta de sonda y una cinta de ullage es que el punto cero de una cinta de sonda está en la punta de la plomada, mientras que en la cinta de ullage el punto cero está en la punta del gancho que sujeta la plomada.



Cintas de Sonda y Ullage



Artículo Técnico N° 1

- Una cinta de sonda se puede usar para medir el ullage; sin embargo no se debe usar una cinta de ullage para medir la sonda de líquido.
- Una plomada de cinta de sonda tiene un cuerpo redondeado y su extremo inferior es puntiagudo, en tanto que la plomada de ullage tiene sección cuadrada y su extremo es plano.
- **Barra de Medición de Agua** (Water Gauge Bar): es una plomada de sondaje extra-larga (12" o 18") que se usa cuando el corte de agua libre se sitúa en el segmento de la cinta donde se ubica el gancho, o en caso de que hubiera una capa de residuos en el tanque que necesite una plomada más pesada para penetrarlo y alcanzar el fondo.
- **Pasta Indicadora de Agua**: es una pasta que se coloca sobre la plomada y la cinta, en una película delgada, para detectar el nivel o "corte" del agua libre. La pasta cambia de color en contacto con agua, permitiendo así su medición.
- **Pasta Indicadora de Gasolina**: también llamada "pasta de corte de gasolina". En productos de petróleo muy livianos, el nivel del líquido ("corte") no se puede ver en la cinta debido a que el producto se evapora mientras la cinta se extrae desde la superficie del líquido. Para resolver este problema, se aplica a la cinta una pasta que reacciona con los líquidos de petróleo, cambiando de color y, de este modo, permitiendo detectar el nivel del líquido en el tanque. *Nota: no se debe usar tiza en lugar de pasta indicadora, pues la tiza produce lecturas erróneas.*

Procedimiento de Medición

La medición manual de tanques requiere obtener tres (3) lecturas consecutivas de nivel, dentro de un rango de 1/8" (un octavo de pulgada) o 3 mm (API MPMS Cap. 3.1A). Estas lecturas deben registrarse y promediarse. El promedio debe registrarse redondeado a 1/8" o 1 mm (dependiendo del sistema de unidades en que esté graduada la cinta). Si dos lecturas son idénticas, este valor debe ser considerado como lectura promedio final.

Las cintas deben ser inspeccionadas diariamente, o bien, antes de cada uso, para detectar probables dobleces o deterioros que puedan perjudicar la medida. La exactitud del ensamble cinta-plomada debe ser verificada antes de su primer uso y, posteriormente, una vez al año. Un certificado o registro de calibración/verificación debe emitirse en cada oportunidad y mantenerse disponible en la oficina operacional respectiva.

Medición de Sonda (Innage)

El siguiente procedimiento es aplicable cuando se toma el nivel de líquido usando el método de la sonda (innage).

- Después de conectarse a tierra la cinta y el propio operador, bajar lentamente la plomada y la cinta dentro del tanque, manteniendo contacto entre la cinta y el metal de la escotilla en el punto de referencia, hasta que la punta de la plomada toque levemente la superficie del fondo del tanque o de la placa de medida.
- Registre la Altura de Referencia Observada y compárela con la altura de referencia indicada en la Tabla de Calibración.
- Retire la cinta desde el tanque, rebobinándola con cuidado, hasta que se observe el corte del líquido. Lea y registre esta lectura como sonda o altura de líquido.
- Repita el procedimiento hasta obtener el número de lecturas requeridas.

Medición de Ullage (Outage)

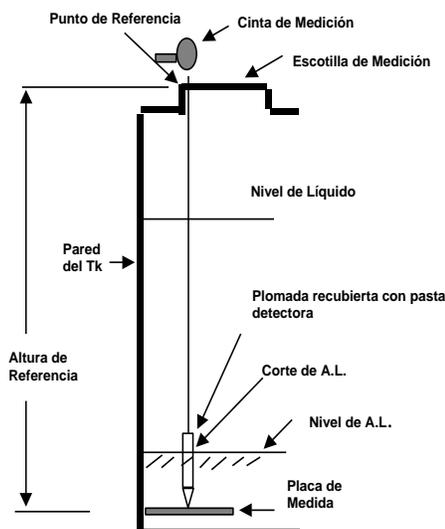
El siguiente procedimiento es aplicable cuando se determina el nivel de líquido usando el método del vacío o ullage:

- Después de conectarse a tierra la cinta y el propio operador, bajar lentamente la plomada y la cinta dentro del tanque, manteniendo contacto entre la cinta y el metal de la escotilla en el punto de referencia, hasta que una pequeña porción de la plomada se sumerja en el líquido.
- Registre la lectura de la cinta en el punto de referencia situado en la escotilla del tanque. Esta lectura corresponde a la longitud de cinta que ha sido introducida en el tanque.
- Retire la cinta desde el interior del tanque y lea el corte de líquido sobre la plomada. Si se está usando una **cinta de ullage**, **sume** la lectura de la plomada a la lectura de la cinta en el punto de referencia, indicada en el punto anterior. Si se está usando una **cinta de sonda**, **reste** la lectura del corte en la plomada de la lectura de la cinta en el punto de referencia.

Medición de Agua Libre

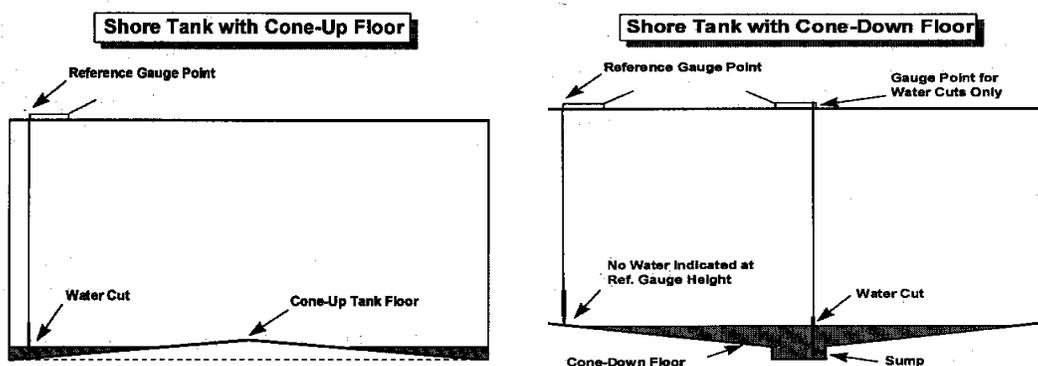
Aunque es aceptable usar tanto el método del sondaje o del ullage para medir el nivel de agua libre, el procedimiento recomendable para mediciones de agua libre es la sonda o innage.

- Aplicar una película delgada de pasta detectora sobre la plomada, permitiendo que la escala graduada permanezca libre de pasta.
- Permitir que la plomada permanezca en la posición de medición por al menos 10 segundos para productos livianos, tales como gasolina y diesel oil; y desde 1 hasta 5 minutos para crudos pesados.
- La pasta detectora de agua cambia de color (normalmente al rojo) al reaccionar con el agua. De este modo, el nivel de agua libre, o "corte", queda definido por una línea clara de demarcación entre la porción de pasta que ha cambiado de color y aquella que permanece sin variación.
- Si se observan manchas o puntos coloreados sobre la línea del corte bien definido, se debe registrar su presencia, indicando entre que niveles están localizadas, pero no deben considerarse como agua libre.
- Existen distintos fabricantes o marcas de pastas detectoras de agua, las cuales poseen algunas características diferentes entre sí. Se recomienda verificar que tipo de pasta trabaja mejor con un determinado producto.



Medición de Agua Libre

- Cuando se mide agua libre en productos negros (petróleo crudo, fuel oils), se hace necesario rociar la porción de cinta y plomada que contiene la pasta detectora con un solvente (gasolina, kerosene, por ejemplo), para remover el producto y poder visualizar el corte en la pasta.
- La medición de agua libre en petróleo crudo y combustibles pesados puede dificultarse debido a que algunos componentes pesados (hidrocarburos parafínicos de alto peso molecular) pueden adherirse a la pasta, formando a su alrededor una capa solidificada que impide el contacto entre el agua y la pasta, lo cual produce mediciones erróneas. La aplicación de una cubierta de un aceite lubricante liviano sobre la zona con pasta, antes de sumergir la cinta en el producto, previene la interferencia de dichos componentes.
- Algunos tanques de tierra poseen fondos “cónico descendentes”. En estas situaciones la presencia de agua libre podría no ser detectada desde la escotilla de medición situada cerca de la pared del tanque y, en tal caso, podría ser necesario medir el nivel de agua libre desde una escotilla situada en el centro del tanque. En estas situaciones la Tabla de Calibración del tanque debería tener una sección especial que indique los volúmenes correspondientes a los niveles medidos desde dicha escotilla central.



Tanques con Techo Flotante

Hay dos tipos de techos flotantes: internos y externos. En ambos casos, el techo flota sobre la superficie del líquido, formando un sello para ayudar a minimizar las pérdidas de vapores y la contaminación atmosférica. Un tanque con techo flotante interno también posee un techo fijo, mientras que un tanque con techo flotante externo no lo tiene.

El techo flotante interno está hecho normalmente de un material liviano, mientras que un techo flotante externo usualmente es una estructura de acero y puede llegar a pesar tanto como 150 toneladas.

Desde el punto de vista de la medición, ambos tipos de techo flotante son tratados de la misma forma. El techo flotante desplazará un cierto volumen de líquido, igual a su propio peso. Este desplazamiento debe ser considerado en el proceso de cálculo de cantidad, tomando la forma de una “Corrección por Efecto del Techo Flotante”.

Zona Crítica

Los techos flotantes tienen soportes o “patas” que sostienen al techo, aproximadamente a uno o dos metros (tres a seis pies) por sobre el piso del tanque, cuando el tanque está vacío o casi vacío. Cuando el techo está flotando completamente sobre el líquido, es decir, cuando ninguno de sus soportes está tocando el piso del tanque, entonces debe aplicarse una corrección por desplazamiento debido al techo flotante. Cuando el techo esté completamente apoyado sobre sus patas, la corrección no se aplica. La zona comprendida entre el punto donde las patas del techo comienzan a tocar el piso del tanque, aun cuando el techo sigue flotando sobre el líquido, y aquel punto en el cual el techo descansa completamente sobre sus patas, se denomina **zona crítica** del tanque. La sección de la altura del tanque que forma la zona crítica está claramente indicada en la Tabla de Calibración del tanque.

- Un tanque no debe ser medido cuando el techo, y por tanto el nivel de líquido, se encuentra en la zona crítica. Cuando esta situación ocurra, el encargado del terminal debe ser notificado y se debe solicitar tomar alguna medida para llevar al nivel de líquido fuera de la zona crítica, extrayendo o agregando una cantidad adicional de líquido, por ejemplo.
- Cuando el nivel de líquido se encuentra dentro de la zona crítica, no es posible determinar con precisión qué proporción del peso del techo flota sobre el líquido y qué proporción está apoyado en sus patas. Por lo tanto, tampoco es posible determinar el volumen de líquido que está siendo desplazado por el techo en dicha zona del tanque, lo cual significa que los volúmenes que entrega la tabla en aquel tramo no tienen la exactitud mínima requerida.

