



## Calibración de Tanques (1)

### Introducción

Los tanques de almacenamiento no son cilindros perfectos, la superficie del fondo por lo general no es uniforme, la estructura de los tanques cambia con el tiempo y, por tanto, también lo hace su capacidad volumétrica. Por otro lado, durante la construcción de un tanque diversas variables pueden cambiar con respecto a los planos de diseño del tanque.

La **Calibración de Tanques** (Tank Strapping, por su denominación inglesa) es el proceso mediante el cual se determinan físicamente, en terreno, los diversos parámetros dimensionales y estructurales de un tanque de almacenamiento, necesarios para generar luego, mediante el uso de algoritmos y programas computacionales, una “**Tabla de Calibración**” o “Tabla de Capacidad” que muestre el volumen de líquido en el tanque a cualquier altura dada de líquido, sea ésta medida manualmente o por medio de instrumentos de diverso tipo. Cualquier error cometido en alguna de las etapas del proceso de calibración conducirá a errores en la tabla de calibración, lo cual podría generar costos significativos durante la operación del tanque (errores que, muchas veces, no son fáciles de detectar). Por otra parte, también se puede dar el caso de que un proceso de calibración en terreno se realice con la mayor exactitud posible, pero la tabla de calibración generada sea inexacta debido a errores en el manejo o traspaso de la información obtenida en terreno.

La medición de un tanque de almacenamiento con 20.000 m<sup>3</sup> de Diesel Oil, cuyo valor total fluctúa entre 5 y 6 millones de dólares, requiere el máximo de exactitud posible. La premisa básica de una buena medición es la confianza en que el tanque ha sido correctamente calibrado y que la Tabla de Calibración refleja fielmente la relación entre la Altura de Líquido y el Volumen del mismo contenido en el tanque, a la temperatura observada. Ningún procedimiento o equipo o tecnología, por más costosa y sofisticada que sea, podrá entregar resultados confiables si la calibración y/o la tabla de calibración del tanque contiene errores que impactan negativamente la exactitud del proceso de medición.

### Parámetros Críticos de Calibración

El proceso de calibración involucra mediciones internas y externas. Dentro de las mediciones que se realizan durante el proceso de calibración de un tanque, las siguientes son consideradas críticas:

- Longitud de la circunferencia (perímetro) de cada anillo.
- Diámetro interno de cada anillo.
- Altura de cada anillo.
- Altura de Referencia para la medición de nivel de líquido.
- Altura Máxima de Calibración
- Altura Máxima de Llenado (debido a un tema de Seguridad)
- Espesor de las planchas en cada anillo.



## Informativo Técnico N° 3

---

- Inclinación del Tanque (Tilt).
- Obra Muerta (Deadwood). Estructuras que ocupan espacio en el interior del tanque (ej. serpentines, líneas, pilares) o que liberan o adicionan espacio (ej. escotillas pasa-hombres o manholes). Se determina su tamaño, volumen y posición.
- Configuración del Fondo del Tanque (Bottom Survey)
- Altura de la Mesa o Placa de Medición (Datum Plate). Normalmente este punto representa el punto cero de la medición de nivel de líquido.
- Volumen de Fondo. Volumen que queda por debajo de la Mesa de Medida.
- Características del Techo Flotante (si corresponde). El peso del techo flotante es entregado por el fabricante o constructor y debe ser verificado y confirmado.
- Zona Crítica, en tanques de techo flotante.
- Posición de los soportes o “patas” del techo flotante (operación o mantención). La zona crítica de un tanque de techo flotante debe establecerse considerando los soportes en posición de “operación”.

Por otra parte, algunos parámetros de operación deben ser registrados y considerados al momento de generar la Tabla de Calibración del tanque:

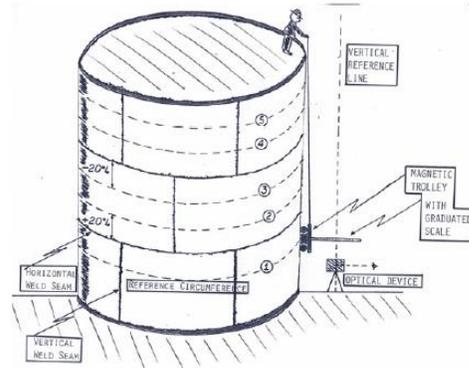
- Cuál será el **método de medición de nivel** de líquido (Sonda o Innage; Vacío o Ullage). Actualmente, por ejemplo, las tablas de los tanques destinados a almacenar productos viscosos, como el Fuel Oil, usualmente se elaboran en base a la medición de nivel por vacío o ullage.
- **Temperatura** promedio estimada del producto durante la operación del tanque. El tanque sufrirá una expansión o una contracción dependiendo de la diferencia de temperatura que exista entre la temperatura de referencia de la calibración (la que se ingrese como dato al programa de calibración) y la temperatura real al momento de medir el nivel de líquido, durante la operación del tanque. El programa de calibración generará una tabla que indicará los volúmenes por altura para a la temperatura de referencia.
- **Densidad del producto** a ser almacenado en el tanque, a la temperatura estimada de operación del tanque. Esta variable tiene que ver con la presión que ejercerá la columna de líquido contra las paredes del tanque, provocando una expansión del mismo y, por consiguiente, un aumento en su capacidad. El programa de calibración debe tomar este dato y calcular la expansión a esa densidad de referencia. El peso del líquido también ejerce presión sobre el fondo del tanque, pero el efecto de expansión del mismo no es posible de estimar o calcular, pues depende también de muchos otros factores (ej. compactación del terreno, tipo de fundaciones, entre otros). La densidad del producto a la temperatura observada durante un proceso de medición también afectará el desplazamiento de líquido producido por el peso del techo flotante. Para elaborar la tabla de calibración de un tanque de techo flotante, la densidad y temperatura de referencia determinarán ese desplazamiento, que ya vendrá incluido en los volúmenes de la tabla. Variaciones con respecto a esa densidad y temperatura de referencia requerirán ajustes o correcciones adicionales en el cálculo del desplazamiento (Corrección por Techo Flotante).



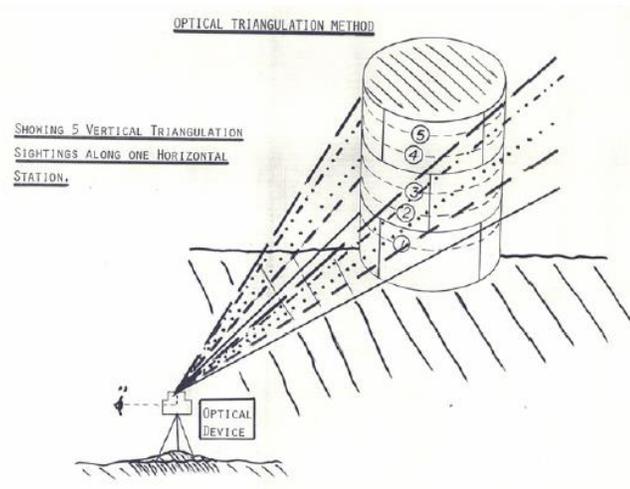
## Métodos de Calibración

El Capítulo 2 del Manual de Normas de Medición de Petróleo, del American Petroleum Institute (MPMS API), contiene los diversos métodos que se utilizan para calibrar tanques de almacenamiento.

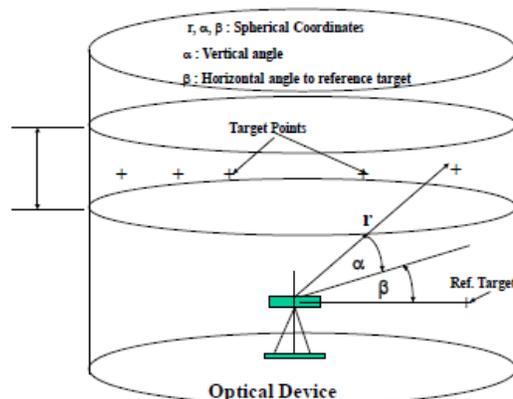
- **API Cap. 2.2A: Calibración de Tanques Cilíndrico-Verticales por el Método del Encintado Manual (Strapping Method).** Este fue el método tradicional utilizado por muchos años y ha sido desplazado por métodos más modernos. Consiste en medir las circunferencias de cada anillo (al 20% y 80% de su altura) con una cinta que “envuelve” el contorno total del tanque. Una variación del mismo consiste en medir cada circunferencia por segmentos. En ambos casos la medición requiere de mucho tiempo y no es fácil lograr una buena precisión y exactitud en cada medida. Desde el punto de vista de la Seguridad, este método tampoco es actualmente una buena alternativa. De todas maneras, esta norma contiene las instrucciones y algoritmos para la determinación de una serie de parámetros y estructuras, internas y externas, que deben ser considerados a la hora de generar la Tabla de Calibración, por ello, el método manual se utiliza normalmente en conjunto con los métodos más modernos.
- **API Cap. 2.2B: Calibración de Tanques Cilíndrico-Verticales Usando el Método de la Línea de Referencia Óptica (Optical Reference Line Method, ORLM).** Este método usa la cinta manual para determinar la circunferencia al 80% de la altura del primer anillo (aquel que es menos difícil de medir con adecuada exactitud). Por medio de una plomada óptica (instrumento que provee una línea óptica perpendicular o de 90°) y de un carro magnético móvil provisto de una regla de precisión de escala milimétrica, el cual se adosa a la pared del tanque y se mueve desde abajo hacia arriba por los distintos anillos, se determinan las desviaciones de cada punto de medida (20% y 80% de la altura de cada anillo) con respecto a la medida óptica de referencia tomada en el primer anillo. Este procedimiento se repite alrededor del tanque en una serie de “estaciones de medición”, cuyo número depende del diámetro del tanque. Este método puede usarse para calibrar interna o externamente, pero no es adecuado para tanques con deformaciones anormales.



- API Cap. 2.2C: Calibración de Tanques Cilíndrico-Verticales Usando el Método de la Triangulación Óptica (Optical-Triangulation Method, OTM).** Al igual que en el método anterior, la circunferencia (y, por consiguiente, el diámetro) del primer anillo es medida en forma manual. Luego, utilizando un Teodolito Digital (o Estación Total) se miden los ángulos que forman los puntos de medición de cada anillo con el punto opuesto en el otro extremo del cilindro, a la misma altura, proceso que se repite, al igual que en el método ORLM, en un número de estaciones predeterminadas alrededor del tanque.



- API Cap. 2.2D: Calibración de Tanques Cilíndrico-Verticales Usando el Método Electro-Optico para la Determinación de Distancias Internas (Internal Electro-Optical Distance Ranging Method).** Este método es de uso interno y utiliza una estación Total Laser para medir los radios desde el interior del tanque. También se puede aplicar esta técnica para tanques horizontales.



Hasta aquí se han mencionado los métodos para calibrar tanques cilíndrico-verticales. Sin embargo, las normas API también cubren la calibración de otros tipos de tanques:

- **API Cap. 2.2E:** Calibración de Tanques Cilíndrico-Horizontales. Método Manual
- **API Cap. 2.2F:** Calibración de Tanques Cilíndrico-Horizontales. Método Electro-Optico de Medición de Distancias Internas
- **Standard 2552:** Calibración de Tanques Esféricos y Esferoides
- **Standard 2554:** Calibración de Camiones-Tanque
- **Standard 2555:** Calibración Líquida de Tanques
- **API Cap. 2.7:** Calibración de Barcazas
- **API Cap.2.8A:** Calibración de Tanques de Barcos

## Comentarios Finales

La calibración de un tanque y la elaboración de la Tabla de Calibración es un trabajo de ingeniería que involucra procesos de medición y cálculo complejos y que requiere de equipos adecuados y, actualmente, bastante sofisticados. El personal que ejecuta la calibración en terreno, así como los que interpretan y utilizan los datos de medición para generar la tabla utilizando programas computacionales especializados, deben poseer un alto conocimiento de estas materias y probada capacitación y calificación.

La importancia de la calibración de los tanques, como proceso crítico asociado a la operación de terminales y plantas de almacenamiento y distribución, por lo general no es un aspecto que al que se le otorgue la debida atención al momento de contratar los servicios de calibración a un tercero. En consecuencia, lo mencionado en el párrafo anterior tampoco



## Informativo Técnico N° 3

---

recibe toda la atención que un trabajo de estas características debiera demandar. Si bien es cierto que existe una entidad pública, el Servicio Nacional de Aduanas, que entrega la autorización (no Acreditación) a las empresas que proveen estos servicios, es necesario considerar que, desde el punto de vista técnico y metrológico, quizás no sea el organismo más adecuado para otorgar esas facultades.

Tal vez como consecuencia de todo lo anterior, es posible observar que los servicios de calibración en nuestro país no son valorados en su real dimensión e importancia. Los contratantes, usualmente, basan sus decisiones de adjudicación de estos trabajos solamente en el aspecto económico: al menor precio (y así, las tarifas de estos servicios en Chile han caído muy por debajo de lo que sucede en los demás países de la región). Esto puede representar un riesgo que puede costar muy caro. Una forma de mitigar esos riesgos es contar, en las empresas que poseen en gran cantidad estos activos, con personas capacitadas y calificadas en los procesos de calibración de tanques, de manera que puedan ejercer una selección y un control más eficiente de estos servicios.

**Autor: Juan Zanetta Hurtado / Oil and Gas Measurement Specialist**