



Termómetros de Mercurio vs Termómetros Electrónicos Portátiles

Importancia de la Medición de Temperatura

Debido a sus altos coeficientes de expansión térmica, la temperatura de los hidrocarburos líquidos es el parámetro que más influye en la exactitud de la determinación de los volúmenes almacenados y/o transferidos.

La exactitud de la medición de temperatura es, por tanto, el factor más crítico asociado al proceso de medición de estanques. Pequeños errores en la determinación de la temperatura influyen significativamente en la exactitud de un proceso de transferencia de custodia o de control de inventario. Un error de sólo 1 °F puede conducir a un error de entre 0,2 % y 0,6 % en el volumen estándar calculado, dependiendo de la magnitud del volumen medido o transferido y de la configuración del estanque que lo contiene.

Contar con procedimientos y equipos que permitan maximizar la exactitud de la determinación de temperatura es una necesidad reconocida por la industria a nivel internacional. Los termómetros electrónicos portátiles cubren dicha necesidad y actualmente son de uso habitual en casi todas las instalaciones de almacenamiento y distribución de petróleo crudo y combustibles líquidos a nivel mundial.

Situación Actual en Plantas y Terminales de Chile

Con algunas excepciones, actualmente la medición de temperatura en los estanques de almacenamiento en la mayoría de las plantas y terminales nacionales se realiza con

termómetros de mercurio-en-vidrio, sujetos a un soporte de madera provisto de un recipiente (cubeta o copa de metal, cuya capacidad es de 100 ml aproximadamente) donde se sitúa el bulbo del termómetro.

El proceso de medición consiste en sumergir el termómetro hasta el nivel de medida correspondiente (normalmente se debe medir la temperatura en tres niveles), esperar el tiempo suficiente para que la temperatura se estabilice (entre 10 y 30 minutos cada vez, dependiendo del tipo de producto) y luego extraer el termómetro del estanque para leer la temperatura donde la columna de mercurio intersecta la escala graduada del instrumento.

El proceso de medición de temperatura con termómetros de mercurio-en-vidrio está sujeto a un conjunto de factores que afectan la exactitud de la medida y conducen frecuentemente a una determinación errada de la temperatura promedio del producto en el estanque. Entre estos factores se pueden mencionar los siguientes:

- a) **La temperatura se debe determinar después de extraer el instrumento desde el estanque.** Esto produce normalmente una variación en la temperatura del líquido en el cual se encuentra el bulbo del termómetro (un volumen de sólo 100 ml en un recipiente metálico muy pequeño), antes de que el operador pueda observar la columna de mercurio y leer la escala graduada. Esta desviación es mayor mientras menor sea la cantidad de líquido en el estanque (o mayor el recorrido que debe hacer el instrumento desde la superficie del líquido



Informativo Técnico N° 7

hacia el exterior del estanque). Esta situación es más dramática mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre el exterior del estanque y el líquido contenido en él (ejemplo, en regiones con clima frío o en época de invierno en lugares de clima más templado). La lectura de la escala graduada también se ve afectada cuando la medición se hace de noche o, en el caso del petróleo crudo, por la necesidad de tener que limpiar el termómetro antes de poder visualizar la columna de mercurio y la escala graduada.

- b) **El tiempo necesario para estabilizar la temperatura en el bulbo del termómetro de mercurio inmerso en la cubeta.** Las normas de medición (ASTM/API/EI) establecen los tiempos en que un termómetro de mercurio-en-vidrio debe permanecer sumergido en el punto (o nivel) de medición para asegurar que el instrumento se estabilice a la temperatura del líquido en dicho punto. Estos tiempos van desde los 10 minutos (en gasolina) hasta 30 minutos o más en petróleo crudo e incluso hasta 60 minutos en petróleo combustible (MPMS API Cap. 7). Los tiempos de inmersión recomendados por las normas han sido establecidos mediante procedimientos empíricos, de manera que responden al comportamiento térmico real de los distintos productos e instrumentos.

En la práctica, sin embargo, es muy poco habitual observar a un operador mantener sumergido un termómetro de mercurio-en-vidrio durante todo el tiempo que las normas recomiendan de acuerdo al tipo de producto. Probablemente ese tiempo sólo se cumpla para el caso de las gasolinas. Es claro que

resulta poco atractivo (y muy inconfortable, en general) permanecer en la escotilla de un estanque por casi una hora para obtener las tres temperaturas que deben ser tomadas (incluso cuando se cuente con tres termómetros sumergidos al mismo tiempo). Cuando se deben medir varios estanques (por ejemplo, para un control de inventario), resulta hasta ineficiente cumplir con rigurosidad los tiempos recomendados de medición. El problema es que al no hacerlo el proceso de medición se vuelve menos confiable.

A través de pruebas en terreno se ha podido comprobar que el error de medición de temperatura con termómetros de mercurio-en-vidrio fluctúa entre 2 °F y 10 °F, dependiendo de las condiciones de medición. Esto resulta en un error demasiado grande en los volúmenes calculados.

Hay que consignar que el problema de la exactitud no está en el instrumento mismo. Los termómetros de mercurio son bastante exactos (de hecho, se utilizan habitualmente como patrones para la verificación y calibración de termómetros electrónicos). El problema está en el proceso de medición y en las condiciones existentes al momento de medir.

Eliminación de los Termómetros de Mercurio en la Industria

Desde hace alrededor de seis años, distintas agencias regulatorias y normalizadoras, tales como el NIST, EPA, ASTM, API, EI e incluso las Naciones Unidas, han estado llevando a cabo iniciativas orientadas a eliminar y reemplazar el uso de los termómetros de mercurio, como uno de los medios de reducir el mercurio presente en el medioambiente (provenientes en gran medida de los desechos de este tipo de instrumentos), elemento considerado como una neurotoxina



Informativo Técnico N° 7

altamente dañina para la salud de los seres vivos.

La implementación de estas iniciativas ha estado orientada principalmente al ámbito de los centros de salud (hospitales), de los laboratorios, de la industria alimentaria y, por cierto, de la industria petroquímica.

En consecuencia, el uso de termómetros de mercurio-en-vidrio ha sido descontinuado en la mayor parte de las instalaciones petroleras a nivel mundial, no sólo por razones de eficiencia y exactitud, sino también por razones de seguridad y medioambientales. Se estima que dentro de dos o tres años los termómetros de mercurio-en-vidrio estarán obsoletos.

Sólo por citar algunos ejemplos relacionados con las iniciativas de reemplazo de estos termómetros:

- El NIST (National Institute for Standardization and Testing), dejó de calibrar termómetros de mercurio a partir de marzo de 2011.
- La ASTM ha llevado a cabo distintos programas de investigación sobre alternativas a los termómetros de mercurio y publicado estándares y guías para el reemplazo de los mismos.
- Las Naciones Unidas ha implementado el programa "United Nations Environmental Program – Hg", orientado a la eliminación de todos los productos que contengan mercurio.

La EPA (Environmental Protection Agency) está trabajando en conjunto con ASTM y el NIST para introducir nuevas regulaciones sobre el uso de mercurio en termómetros. En varios estados de Norteamérica ya existe prohibición al respecto. Ver el link: <https://www.epa.gov/mercury/phasing-out->

[mercury-thermometers-used-industrial-and-laboratory-settings](#)

Exactitud de la Medición con Termómetros Electrónicos

La medición de temperatura con **Termómetros Electrónicos Portátiles** (PET's, por su sigla en inglés), consigue los resultados más precisos y exactos que se pueden alcanzar actualmente, no sólo porque utilizan sensores altamente sensibles a los cambios de temperatura, sino porque el proceso de medición con estos instrumentos no se ve influenciado por los factores que afectan la medición con termómetros de mercurio-en-vidrio.

En general, para la medición electrónica o digital de temperatura se utilizan tres tipos de sensores o detectores:

- a) **Detectores de Temperatura Resistivos (RTD, Resistance Temperature Detector)**, basados en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. De ellos, el más efectivo y exacto son los detectores de Platino o PRT (Platinum Resistance Thermometer).
- b) **Termistor**, basado en la resistividad que presenta un semi-conductor con la temperatura (Thermally Sensitive Resistor). El principal inconveniente del termistor es su falta de linealidad.
- c) **Termopar o Termocupla**, que es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que producen una diferencia de potencial muy pequeña, la que a su vez es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos (el punto de medida) y el otro (punto de referencia). Aunque son ampliamente



Informativo Técnico N° 7

utilizados en la industria como sensores de temperatura, su principal limitación está en la exactitud. Actualmente han sido desplazados por los RTD.

Los termómetros electrónicos portátiles en general utilizan sensores de platino o PRT (Pt1000), lo cual les otorga el grado máximo de exactitud (+/- 0.2 °F).

Una de las principales ventajas del uso de los PET's, y que los diferencia enormemente con respecto al uso de termómetros de mercurio-en-vidrio, es que la lectura de la temperatura del producto, en cada uno de los niveles de medición dentro de un estanque, se realiza directamente en la pantalla del instrumento mientras el sensor se encuentra sumergido en el punto de medición deseado y ha alcanzado la estabilidad térmica. A diferencia del termómetro de mercurio, no se requiere retirar el sensor desde el interior del estanque para determinar la temperatura y no existe, por tanto, posibilidad de que el proceso de medición conduzca a lecturas erradas. Esta situación, unida a la propia exactitud del instrumento, hace que el proceso de medición de temperatura usando termómetros electrónicos portátiles logre un grado de exactitud inigualable, si no absoluto.

La otra ventaja importante es que la medición de temperatura en los distintos niveles de altura de líquido se puede realizar sin mayor esfuerzo en un tiempo dramáticamente menor: entre **30 y 75 segundos**, dependiendo de la densidad del producto. Así, un proceso de medición que puede requerir hasta más de una hora con un termómetro de mercurio se reduce a menos de 5 minutos con un termómetro electrónico portátil, considerando tres niveles de medición.

Las normas internacionales recomiendan no utilizar termómetros de mercurio y promueven el uso de termómetros electrónicos portátiles.

Los termómetros electrónicos portátiles poseen una resolución de 0,1° (°F o °C), lo cual provee, además, un mayor grado de exactitud en el cálculo del Factor de Corrección de Volumen (FCV) al utilizar esta medida en conjunto con las nuevas Tablas API/ASTM de FCV del año 2004, que permiten el cálculo del factor para diferencias de décimas de grado.

Otros atributos operacionales que ofrecen los PET's son los siguientes:

- Indicador de estabilización de temperatura
- Rango de medición amplio (-40 a +400 °F)
- Alarma de batería baja
- Uso de baterías alcalinas comunes (200 horas de operación)
- Función de autocalibración
- Cables de distinta longitud
- Sondas de diferente peso para distintos tipos de productos
- Luz de fondo en pantalla para lecturas nocturnas
- Intrínsecamente seguros

Por otra parte, el uso de termómetros electrónicos implica requerimientos adicionales que se deben gestionar, tales como: capacitar al personal operativo sobre el uso y cuidado del instrumento, programas de verificación y calibración de aplicación periódica, disponibilidad de piezas y partes de repuesto y un servicio técnico que provea las reparaciones necesarias durante la vida útil del instrumento. El uso de termómetros electrónicos portátiles, al optimizar la exactitud del proceso de medición, permite reducir al mismo tiempo las mermas asociadas a las transferencias de custodia y al control de inventarios.