



**INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETROLEO Y DEL GAS**

PRÁCTICA **RECOMENDADA**

PR IAPG-SC-40-2025-00

DISEÑO Y CALIBRACIÓN DE TANQUES PROBADORES

1 NOTAS ESPECIALES

- Por tratarse de una Práctica Recomendada (PR) las acciones, modalidades operativas y técnicas en ellas incluidas, carecen de contenido normativo, legal o interpretativo, y no resultan obligatorias ni exigibles por terceros bajo ninguna condición.
- No podrán ser invocadas para definir responsabilidades, deberes, ni conductas obligatorias para ninguno de los sujetos que las utilice, ya que sólo integran un conjunto de consejos para el mejoramiento de las operaciones comprendidas.
- La adopción de una PR no libera a quien la utilice del cumplimiento de las disposiciones legales nacionales, provinciales y municipales, como así tampoco de respetar los derechos de patentes y /o propiedad industrial o intelectual que correspondieren.
- El IAPG no asume, con la emisión de esta PR, la responsabilidad propia de las Compañías, sus Contratistas y Subcontratistas, de capacitar, equipar o entrenar apropiadamente a sus empleados. Así mismo el IAPG no releva ni asume responsabilidad alguna en lo que respecta al cumplimiento de las Normas en materia de salud, seguridad y protección ambiental.
- Toda cita legal o interpretación normativa contenida en el texto de esta PR no tiene otro valor que el de un indicador para la conducta propia e interna de quienes voluntariamente la adopten o utilicen, bajo su exclusiva responsabilidad.
- La presente PR fue aprobada en la reunión de Comisión Directiva, celebrada en Sede Central, el 15 de marzo de 2021.

2 PROPÓSITO

El propósito de este documento es brindar información sobre diseño, calibración y frecuencia de calibración de medidas patrón utilizadas en la industria para la calibración de medidores en campo.

3 ALCANCE

Esta Práctica Recomendada especifica las características de tanques probadores estacionarios (fijos) o portátiles que son de uso general y procedimientos para su calibración. Se proporcionan directrices para el diseño, fabricación, calibración y uso. No está destinado a demostrar la obsolescencia de tanques probadores existentes. Los criterios de diseño más específicos están disponibles en el manual NIST1 105-3, Especificaciones y tolerancias para estándares volumétricos de campo tipo cuello graduado (incluye probadores, Sección 1.1 del NIST 105-3). También se deben tener en cuenta los requisitos de cualquier autoridad de pesos y medidas que puedan estar involucrados.

El propósito principal de un Tanque Probador estándar de campo es proporcionar un volumen estandarizado, utilizado para la calibración de medidores volumétricos, comúnmente en islas de carga. Se calibran mediante el método de extracción de agua (Waterdraw Calibration), mediante medidas patrón estándar de campo, con medidores maestros (Master Meter) o por gravimetría. Son recipientes fabricados para cumplir con criterios de diseño específicos y calibrados por un Instituto Nacional de Metrología (NMI) o bien por agencias calibradoras habilitadas por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). A lo largo de este documento, las cuestiones de la trazabilidad se abordan por referencia al NIST. Todas las medidas de prueba estándar de campo utilizadas para calibraciones de probadores en la República Argentina tendrán un "Informe de calibración" actualizado, emitido por INTI.

4 DEFINICIONES

Válvula de purga. Válvula para purgar el aire atrapado de una tubería.

Carga inferior. Método de llenado de un recipiente volumétrico. La admisión se realiza con un adaptador de carga inferior.

Capacidad nominal. La capacidad nominal de una medida o tanque probador estándar de campo es el volumen que se utiliza para designar la medida de prueba o el probador (por ejemplo, tanque probador de 3000 litros). El volumen está determinado por la marca nominal en el cuello superior graduado en un tanque probador y la válvula de cierre inferior o marca cero en el cuello inferior.

Coefficiente cúbico de expansión térmica. Expansión o contracción tridimensional de un material debido al cambio de temperatura, expresado en $1/^\circ\text{C}$.

Resina epóxica. Cualquiera de las diversas resinas (generalmente termoendurecibles) que se obtienen mediante la polimerización de un epóxido (por ejemplo, óxido de etileno o epiclorhidrina) con un difenol. Usado comúnmente como adhesivo o sellador.

Cese del flujo principal. El momento en que una corriente de descarga completa “se rompe” y se convierte en un pequeño chorro o un goteo.

Temperatura de referencia. La temperatura a la que el probador ha sido calibrado en su capacidad nominal.

Indicador de flujo visual. Un accesorio con ventanas para observar visualmente el flujo a través de una tubería.

Tubería de llenado sumergida. Tubería utilizada en el llenado desde la parte superior para minimizar la formación de espuma de líquidos, como fuel oil.

Tolerancia. Error máximo permitido. Un valor que fija el límite de error o desviación permitido del verdadero valor.

Recuperación de vapor. Un sistema para atrapar y recolectar los vapores con el objeto de regresarlos al tanque y evitar la expulsión a la atmósfera.

5 DESARROLLO

5.1 Probadores

Los Tanques probadores son recipientes volumétricos grandes con drenaje inferior o bien pequeños probadores que poseen drenaje inferior, con o sin cuello inferior graduado (también llamado fondo cero o fondo húmedo).

Los probadores pueden ser independientes o estar montados permanentemente en un camión, plataforma o remolque.

El volumen se establece entre una válvula de cierre o una graduación en el cuello inferior y una graduación en la escala del cuello superior.

En esta práctica se especifican las características de tanques probadores estacionarios (fijos) o

portátiles que son de uso general y procedimientos para su calibración. Se proporcionan pautas para el diseño, fabricación, calibración y uso.

Los criterios de diseño más específicos están disponibles en el manual NIST 105-3, Especificaciones y tolerancias para Estándares Volumétricos de Campo tipo Cuello Graduado.

5.2 Equipamiento

Todos los componentes de la instalación del tanque probador, incluidos las tuberías de conexión, válvulas y colectores deben estar de acuerdo con los códigos de presión aplicables.

Una vez que un tanque probador cerrado está en funcionamiento, se convierte en parte del sistema presurizado. Deben tomarse recaudos para la expansión y contracción, vibración, reacción a picos de presión, y otras condiciones del proceso. Se debe tener en cuenta la instalación de válvulas para aislar el tanque probador de la línea cuando el sistema no está en uso o durante el mantenimiento. Todos los tanques probadores cerrados deben estar equipados con ventilación y conexiones de drenaje.

Se deben proporcionar bridas ciegas o conexiones de válvulas a ambos lados de una válvula de doble bloqueo y purga en el sistema de tuberías del tanque probador. Estas conexiones pueden servir para probar medidores portátiles o como medio de calibración del Tanque probador; por el método del medidor maestro o bien por el método de extracción de agua (waterdraw calibration).

5.3 Válvulas

Todas las válvulas utilizadas en un sistema de prueba con tanque, que pueden proporcionar o contribuir a un desvío de líquido alrededor del tanque probador o medidor o una fuga entre el probador y el medidor, deben ser válvulas de doble bloqueo y purga, o el sistema debe estar provisto de válvulas y tuberías equivalentes. Se requiere un método para verificar las fugas en el sistema de válvulas.

5.4 Sistemas Cerrados

Si el líquido a medir por medidor tiene una presión de vapor alta, se debe utilizar como sistema de prueba un tanque probador cerrado. Los tanques probadores abiertos (con o sin control de evaporación) se pueden utilizar para líquidos que tienen baja presión de vapor. La distinción entre líquido de baja presión de vapor y líquido a alta presión de vapor depende de si su presión vapor en equilibrio es menor o mayor que la presión atmosférica a la temperatura de funcionamiento.

5.5 Cuellos

Los tanques probadores pueden tener cuellos graduados en la parte superior e inferior (ver Figuras 1, 2, 3, 4 y 5) o un cuello graduado superior solamente (ver Figura 6). El tanque probador con cuellos graduados superior e inferior es un recipiente que tiene un cuello de sección transversal reducida para que se pueda realizar una determinación precisa del volumen incremental. Se puede utilizar como tanque probador abierto o cerrado y es adecuado para la mayoría de los líquidos. Tanto el cuello superior como el inferior deben tener escalas graduadas y tubos visores u otros medios adecuados para indicar el nivel del líquido. Cada cuello puede tener una o más escalas.

5.6 Diseño y construcción

El diseño y los materiales utilizados en la construcción y los códigos aplicables a un tanque probador a presión cerrado dependerán de la presión máxima a la que el probador puede estar sometido y las características del líquido a ser medido.

La construcción de un tanque probador debe ser fuerte y resistente suficiente para evitar la distorsión del recipiente que puede influir en la medición cuando el tanque probador esté lleno de líquido a la presión de prueba. Los tanques probadores se construirán de manera tal que aseguren el drenaje completo de todo el líquido en el nivel inferior de referencia, sin que queden atrapados bolsones de líquido o sedimento. Los cambios de secciones transversales deben ser graduales y suficientemente inclinados para que las burbujas de gas no queden atrapadas, y puedan viajar a la parte superior del tanque. A medida que se vacía la cámara del tanque, el líquido se drenará rápidamente.

El tanque probador debe ser lo más auto limpiante posible para que los productos corrosivos, la grasa de válvulas y otras materias extrañas no se acumulen en el interior. Se deben hacer arreglos para inspección interna del mismo. El revestimiento de un tanque probador para prevenir la oxidación puede, en algunos casos, extender en gran medida los intervalos entre calibraciones. Los tubos visores deben ser capaces de poder ser limpiados con hisopos, sin ser removidos del tanque probador. Los accesorios se deben instalar en lugares convenientes para una operación práctica rápida y de precisa lectura.

5.7 Medición de temperatura

La medición de la temperatura del líquido en ambos; medidor y tanque probador es esencial en la prueba. Todos los dispositivos de temperatura se deben comprobar con un termómetro certificado por un ente autorizado, o un termómetro de precisión trazable a un certificado NIST. Los dispositivos de temperatura se deben revisar con frecuencia para garantizar una indicación precisa continua (consultar API MPMS Capítulo 7 – Determinación de temperatura). Los dispositivos de temperatura de rango adecuado se deben graduar en grados fraccionarios y deben tener una precisión de 0.1°C o mejor.

La ubicación de los sensores de temperatura en el tanque probador es importante. El uso de un sensor en tanques probadores que soportan 400 litros es aceptable. El uso de dos sensores se recomienda en probadores que tienen una capacidad no mayor de 1500 litros y mayor a 400 litros. Se deben usar tres sensores en los probadores que tienen una capacidad a 1500 litros o más. Si se utiliza un sensor, se debe colocar en el centro del tanque probador altura vertical. Si se utilizan dos sensores, uno debe estar ubicado en el tercio superior de la altura del tanque y el otro en el tercio inferior. Si se utilizan tres sensores, uno debe estar ubicado dentro de cada tercio de la altura de la carcasa del tanque probador. Cuando se utiliza más de un sensor, los mismos deben estar igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del tanque.

Donde la presión de operación del tanque probador lo permita, los sensores de temperatura se deben instalar directamente a través de la pared del tanque probador sin utilizar una termovaina. Se recomienda una profundidad de inmersión del vástago de un tercio del radio del tanque; sin embargo, es deseable una profundidad mínima de 12 pulgadas (30 centímetros), siempre que el sensor no se extienda más allá del centro del tanque probador.

Si se deben utilizar termovainas para los sensores de temperatura en un tanque probador (por ejemplo, cuando la presión es lo suficientemente grande como para requerir de ellas), el sensor debe estar construido de modo que tenga el menor diámetro posible y la sección metálica consistente con la resistencia necesaria.

5.8 Temperatura de referencia

La temperatura a la que se referencian los probadores durante la calibración y durante el uso para probar productos derivados del petróleo es generalmente de 15°C. Referencia de normas internacionales productos del petróleo a 15°C. Los probadores pueden usarse para aplicaciones distintas a los productos derivados del petróleo; en tales casos, se debería utilizar la temperatura de referencia adecuada.

5.9 Medición de presión

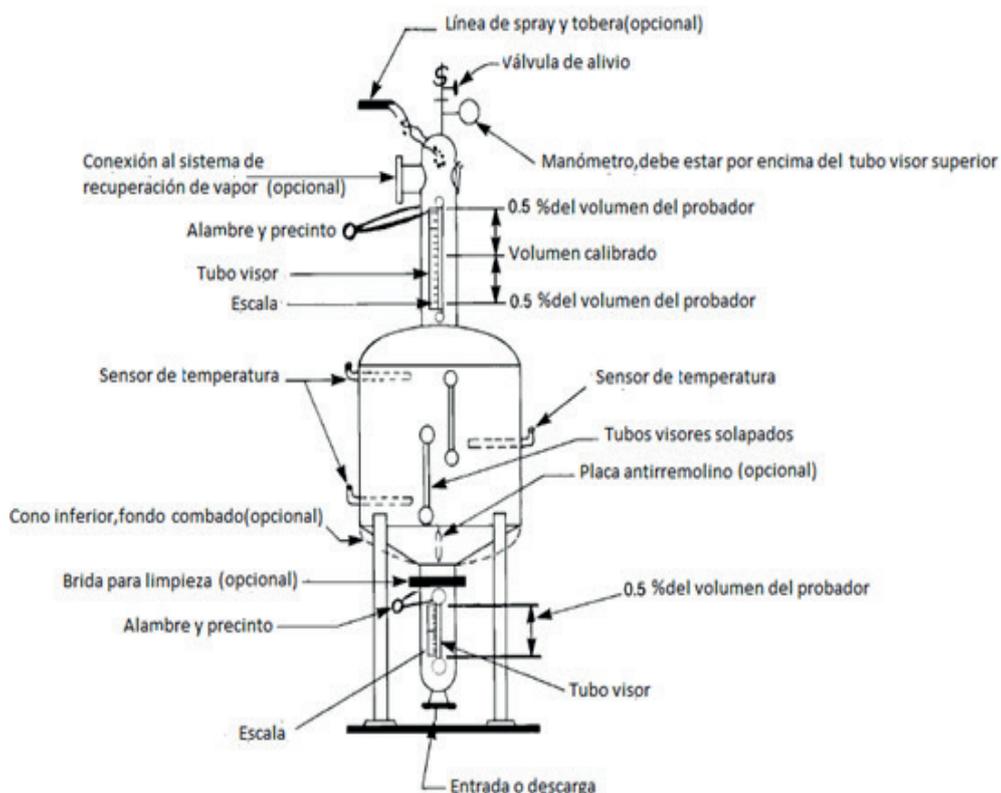
En los tanques probadores cerrados se requiere un manómetro; el mismo debe estar inclinado para evitar atrapamientos de vapores o líquidos. El instrumento debe ser del rango adecuado y calibrado con una precisión del 2 por ciento de la lectura a escala completa. Las conexiones del manómetro deben estar por encima del nivel superior del líquido.

5.10 Capacidad del probador

La capacidad de un Tanque probador no debe ser menor al volumen entregado en 1 minuto al caudal normal de funcionamiento a través del medidor a ser probado. La capacidad será preferentemente 1,5 veces el volumen entregado en 1 minuto.

El diámetro interior de los cuellos de los tanques probadores debe ser tal que la graduación más pequeña no represente más del 0.02% (por ciento) del volumen total del tanque.

El diámetro interior del cuello no será inferior a 10 centímetros (10 cm). La capacidad del cuello superior que cae dentro de la longitud del tubo de nivel debe ser de al menos el 1% del volumen del tanque probador, y la capacidad del cuello inferior que cae dentro de la longitud del tubo indicador de nivel, debe ser al menos del 0,5% del volumen del tanque probador. Cuando se prueben medidores de gran capacidad, es posible que se requiera un rango de lectura más largo (mayor capacidad del cuello) para proporcionar observación del nivel de líquido durante el tiempo necesario en que se manipulan las válvulas.



5.11 Construcción

5.11.1 Material

Los probadores se construirán de acero con bajo contenido de carbono o acero inoxidable serie 300. Todas las partes de un probador (es decir, los cuellos y el cuerpo deben ser del mismo material. El conjunto de accesorios no integral puede ser de otros materiales siempre que sean duraderos y adecuados para el propósito previsto.

El material se debe elegir en función del uso previsto y debe ser térmicamente estable. El uso de combustibles oxigenados, productos químicos (por ejemplo, fertilizantes, pesticidas) o productos alimenticios pueden determinar el tipo de metal que puede ser usado. Los estándares de laboratorio se deben construir en acero inoxidable de la serie 300.

Las propuestas para la exención de los requisitos de materiales y para el uso de otros materiales adecuados se deben presentar a la Oficina de Pesas y Medidas, (Secretaría de Comercio de la Nación).

Todos los datos de propiedad física aplicables se documentarán con precisión para cualquier material seleccionado. El material propuesto se evaluará para determinar la idoneidad según el uso previsto, y se informará al solicitante por escrito de la decisión.

5.11.2 Propiedades físicas y mecánicas

5.11.2.1. Cuerpo

Cualquier sección transversal tomada en un plano perpendicular al eje vertical será circular. El volumen de un probador normalizado se establecerá sin el uso de rellenos, tapones de ajuste o cavidades de ningún tipo de modo que la capacidad nominal sea aproximadamente a mitad de escala en la placa de la misma.

5.11.2.2. Forma

La forma del probador debe garantizar el vaciado, el drenaje y la prevención de atrapamiento de aire.

Los pasos de cono superior e inferior recomendados se proporcionan en las Tablas 1 y 2. Los pasos de cono son destinados a facilitar el vaciado completo.

Volumen (litros)	Espesor Mínimo de Metal * (mm)	DI Máximo Cuello Superior *** (mm)	DI Tubo Visor (mm)	Paso del Cono Superior	Paso del Cono Inferior	Dimensión mínima del Drenaje (Pulg.)
2 000	3,6	336	16	25°	20°	3
3 000	4,36	336	16	25°	20°	4
5 000	4,36	387	16	25°	20°	4

Tabla 1. Requerimientos dimensionales para tanques probadores

DI = diámetro interior.

* Los espesores deben ser nominales. El espesor real de la chapa metálica variará ligeramente.

*** El diámetro del cuello puede variar; Los factores críticos a considerar que afectan el diámetro del cuello son los volúmenes por encima y por debajo del cero, los tamaños de graduación, el espacio mínimo entre graduaciones y el uso de tuberías de llenado y sistemas de recuperación de vapor.

Para una capacidad intermedia entre dos capacidades enumeradas en el listado, los tamaños prescritos serán para la capacidad más baja

Capacidad (L)	Tolerancia (0.02 %) (mL)	Escala		
		Volumen del Cuello sobre la Escala (1.5 %)*	Máximo Valor por División (mL)	Subdivisiones (mL)
2 000	400	30 L	1000	500
3 000	600	45 L	1000	500
5 000	1000	75 L	1000	500

Tabla 2. Tolerancias de escala para probadores estándares

* El volumen del cuello debe contener un mínimo de 1,5 veces la tolerancia de mantenimiento en ambos bajo registro y sobre registro para las capacidades nominales enumeradas para un volumen total del cuello de 3 por ciento. Si se desea una mayor legibilidad del rango o una mayor sensibilidad, la longitud de la lectura de la escala se puede ajustar con un ajuste proporcional al diámetro del cuello, siempre que haya restricciones de altura que no se deben superar.

5.11.2.3. Diseño anti-vórtice del cono inferior

Se debe instalar un dispositivo anti-vórtice eficaz en el cono inferior de un probador para minimizar el remolino de líquido durante el vaciado, ya sea con llenado superior o inferior.

5.11.2.4. Cuellos

Los tanques probadores pueden tener cuellos graduados en la parte superior e inferior (ver Figuras 1, 2, 3, 4 y 5) o un cuello graduado superior solamente (ver Figura 6). El tanque probador con escalas de cuello graduadas superior e inferior es un recipiente que tiene un cuello de sección transversal reducida para que se pueda realizar una determinación precisa del volumen incremental. Se puede usar como tanque probador abierto o cerrado y es adecuado para la mayoría de los líquidos. Tanto el cuello superior como el inferior deben tener escalas graduadas y tubos visores u otros medios adecuados para indicar el nivel del líquido. Cada cuello puede tener una o más escalas de calibre. Los cuellos (superior o inferior) de un probador se deben inspeccionar y seleccionar especialmente por uniformidad en su sección transversal circular. El cuello debe ser perpendicular a un plano horizontal nivelado.

La parte superior del cuello de un probador estándar de campo se terminará de tal manera que colocando un nivel burbuja de precisión a través de él, se pueda determinar la posición de nivel del probador. Esto también prevé el ajuste adecuado de los niveles de reemplazo en los probadores.

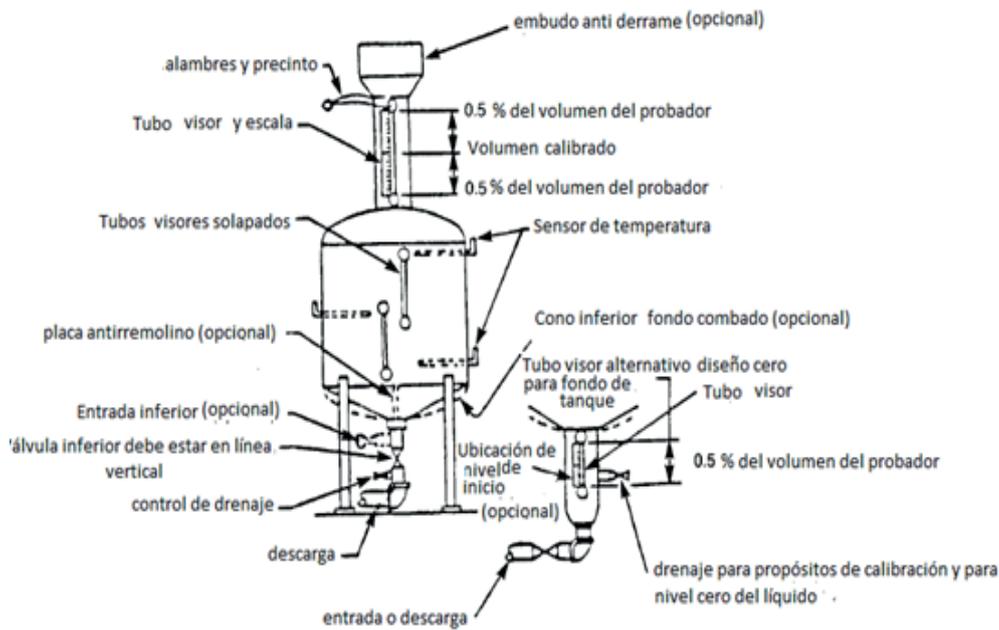


Figura 2 - Tanque Probador Estacionario Abierto (Drenaje a Cero o Tipo Tubo Visor Inferior)

Figura 2. Tanque probador estacionario abierto (drenaje a cero o tipo tubo visor inferior)

Las tuberías necesarias para el llenado o la descarga del probador no deben interferir con la calibración.

Los sistemas de drenaje se deben desconectar para el drenaje por gravedad durante la calibración y para la observación del cese del flujo.

5.11.2.5. Nivelación del probador

Todos los probadores, incluidos los montados de forma permanente, deberán disponer de medios adecuados para la nivelación.

Un camión o remolque en el que esté montado un probador deberá estar equipado con al menos tres gatos niveladores. para mantener un nivel y una condición estable cuando está bajo carga completa de líquido.

Todos los gatos niveladores deben operar libremente y ser estables bajo carga. Se debe determinar la capacidad de carga sobre la base del 125% de la carga máxima anticipada, incluido el producto más pesado a ser probado.

5.11.2.6. Niveles

Todos los probadores con drenaje inferior deben estar equipados con dos, niveles del tipo burbuja montados en ángulo recto entre sí, en el cono superior o donde sea mejor visible desde una posición de pie. Cada nivel se debe montar en un estante resistente y estar equipado con una tapa protectora. Los tornillos de ajuste deben tener provisiones para ser precintados.

Los probadores montados en vehículos o remolques pueden tener niveles auxiliares montados en un plano inferior para conveniencia del operador al ajustar los gatos niveladores. Los niveles primarios en el probador se deben usar como referencia para ajustar los niveles auxiliares y; los niveles auxiliares solo se deben usar para nivelación gruesa.

5.11.2.7. Tubo indicador de nivel

Los probadores deben estar equipados con un tubo indicador (nivel de líquido) montado en el lado del cuello. El tubo indicador debe estar hecho de vidrio borosilicato y ser transparente y libre de cualquier marca, irregularidad o defecto que distorsione la apariencia de la superficie del líquido. Los tubos visores deben tener un diámetro interior mínimo de 16 milímetros, preferiblemente más grandes. También se deben instalar tubos de nivel en los tanques probadores en el cuerpo del tanque. Se pueden proporcionar vidrios de calibre adicionales para cualquier vidrio de un solo calibre la longitud máxima es de 60 centímetros para cubrir el cuerpo principal del tanque. Esta longitud minimiza los errores que resultan de las diferencias de temperatura. entre el líquido en el indicador de nivel y el tanque probador.

Los tubos se deben montar en accesorios que penetren en el cono cerca del cuello (lo más al ras posible para minimizar el atrapamiento de aire) El accesorio en la parte superior del tubo puede tener un tapón extraíble para que se pueda limpiar. El tapón no debe interferir con el vapor adecuadamente equalizado (es decir, sin acumulación de presión que afecte el nivel de líquido). La remoción y reemplazo del tubo debe ser posible y a prueba de fugas mediante el uso de juntas compresibles u anillos “O”.

5.11.2.8. Protectores

En los probadores donde la protección del tubo es proporcionada por una pantalla o cubierta, el diseño de la cubierta debe permitir la sustitución del tubo indicador sin dificultad.

5.11.2.9. Placa de escala y graduaciones

La placa de escala debe ser rígida y resistente a la corrosión y decoloración (aluminio o acero inoxidable).

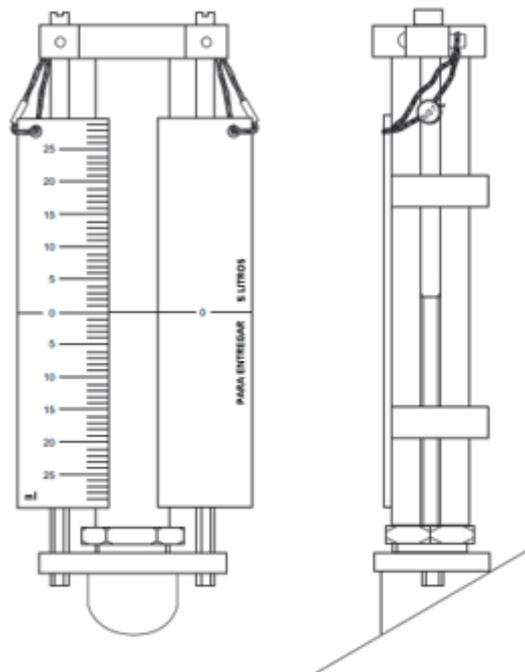


Figura 3. Tubo visor y conjunto escala

5.11.2.9.1. Ubicación

La placa de la escala debe montarse en un secante al frente o ligeramente por delante del tubo de indicador de nivel. En cualquier caso, no debe estar a más de 6 mm del tubo.

5.11.2.9.2. Montaje

Debe haber una cantidad suficiente de soportes de escala (mínimo dos) para sostener la(s) placa(s) de escala firmemente. Los soportes se montarán en dos varillas guía de ajuste utilizando material resistente a la corrosión.

La(s) placa(s) de la escala se sujetarán de forma segura a los soportes y se proporcionarán medios para precintar

5.11.2.9.3. Unidades de escala

La escala básica en todos los estándares será mililitros o litros en medidas patrones de prueba métricas y probadores, Las unidades en cada lado de la placa de escala pueden ser de construcción de una pieza ajustables y precintables como una unidad

5.11.2.9.4. Unidades de escala mixta

Si se utiliza una escala de unidad secundaria, se requieren dos placas de escala que se deben poder ajustar y precintar de forma independiente. Las unidades secundarias se colocarán en el lado derecho del tubo visor.

5.11.2.9.5. Precintado y ajuste

Todos los ajustes deberán estar provistos de un medio para precintar que evite el movimiento o juego. La remoción o movimiento del mecanismo de ajuste o placas de escala no será posible sin romper el precinto.

5.11.2.9.6. Ajuste incremental

Cuando el diseño del ajuste de escala prevé el movimiento de la escala en incrementos; el incremento máximo debe ser inferior al 25% de la división de escala más pequeña. Cualquier movimiento o juego en el mecanismo de ajuste o de las placas de escala debe ser menor que 1/4 de la más pequeña división de la escala.

5.11.2.9.7. Espaciado de graduación

La distancia mínima entre cualquier línea de graduación adyacente será de 2 mm, y las líneas deben estar espaciadas uniformemente.

5.11.2.9.8. Rango de graduaciones

Las escalas de los tubos visores de nivel se graduarán tanto por encima como por debajo de la graduación de capacidad nominal por una cantidad no inferior a 1,5 veces la tolerancia de mantenimiento (o 1,5% del volumen del probador) para el volumen determinado por la capacidad nominal del probador.

5.11.2.9.9. Líneas de escala

Las líneas de graduación, números y otras inscripciones en la placa de escala deberán estar grabadas permanentemente, y de color contrastante al de la placa.

5.11.2.9.10. Espaciado y ancho de línea

Las líneas divisorias principales, de acuerdo con el sistema de medición utilizado, serán más largas que la subdivisión, y estarán numeradas. La longitud de las líneas de graduación principales (numeradas) en la placa de escala será no menor a 6 mm, y las líneas intermedias no deben tener menos de 3 mm de longitud. Todas las líneas se extenderán hasta el borde de la placa de escala más cercana al tubo visor. Las líneas de graduación deberán ser de ancho uniforme y no más de 0,6 mm ni menos de 0,4 mm de ancho.

5.11.2.9.11. Marcado nominal y cero

El volumen nominal y las líneas cero en todas las placas de escala se extenderán por todo el ancho de la placa de escala y deben estar claramente identificados. Los probadores con un cero inferior solo tendrán una línea.

5.11.2.9.12. Marcas adicionales

Las placas de escala deben estar claramente marcadas con el volumen nominal del probador y el método previsto. Un probador con dos placas de escala, graduadas en diferentes unidades, deberá tener cada marca de capacidad nominal claramente identificada. Letras y números deben ser legibles y de tamaño adecuado, en ningún caso menores de 5 mm de altura.

5.11.2.10. Bomba de retorno

La bomba y la tubería se deben dimensionar de acuerdo con el volumen del probador y deben estar diseñadas para su uso.

5.11.2.11. Entrampamiento de aire

La fabricación debe garantizar que no haya bolsillos, abolladuras o grietas que puedan atrapar aire o líquido, o bien perjudicar el llenado y drenaje adecuado del probador. Toda la tubería de drenaje debe estar tendida en un nivel más bajo que el cero húmedo inferior, o en un nivel más bajo que la válvula de cierre para evitar que el líquido regrese al probador una vez que se abre la válvula y evitar un bolsón de aire.

5.11.2.12. Calidad de terminación

Un probador de campo, junto con sus válvulas asociadas, tuberías, manómetros, etc., debe estar libre de escoria, incrustaciones, soldadura o salpicaduras de soldadura, arena, suciedad, abolladuras, óxido interior, agua o residuos de productos, o cualquier otra materia extraña, antes del envío desde la fábrica o antes del envío para calibración.

5.11.2.13. Juntas metálicas

Todas las costuras, soldadas, deben estar rellenas y lisas para proporcionar una superficie continua. Con el objeto de evitar el atrapamiento de aire o líquido, y no deben presentar fugas.

5.11.2.14. Recubrimientos internos

La superficie interior de los probadores fabricados de acero con bajo contenido de carbono, debe ser resistente a la corrosión o estar pintada con un material adecuado que sea impermeable a los líquidos para los que se utilizará.

5.11.2.15. Recubrimientos externos

La superficie interior de los probadores fabricados de acero con bajo contenido de carbono, debe ser resistente a la corrosión o estar pintada con un material adecuado que sea impermeable a los líquidos para los que se utilizará.

5.11.2.16. Identificación

Cada probador deberá llevar, en un lugar visible, la siguiente información:

- Capacidad nominal.
- Temperatura de referencia para la calibración.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Número de modelo y año de fabricación.
- Número de serie o de identificación no repetitivo.
- Identificación y espesor del material.
- Coeficiente cúbico de expansión térmica del material por °C.
- Tiempo de drenaje en segundos después del cese de flujo principal para probadores de drenaje de fondo.

La información de identificación se colocará permanentemente en una placa de metal fijada permanentemente al probador por el fabricante sin el uso de adhesivos.

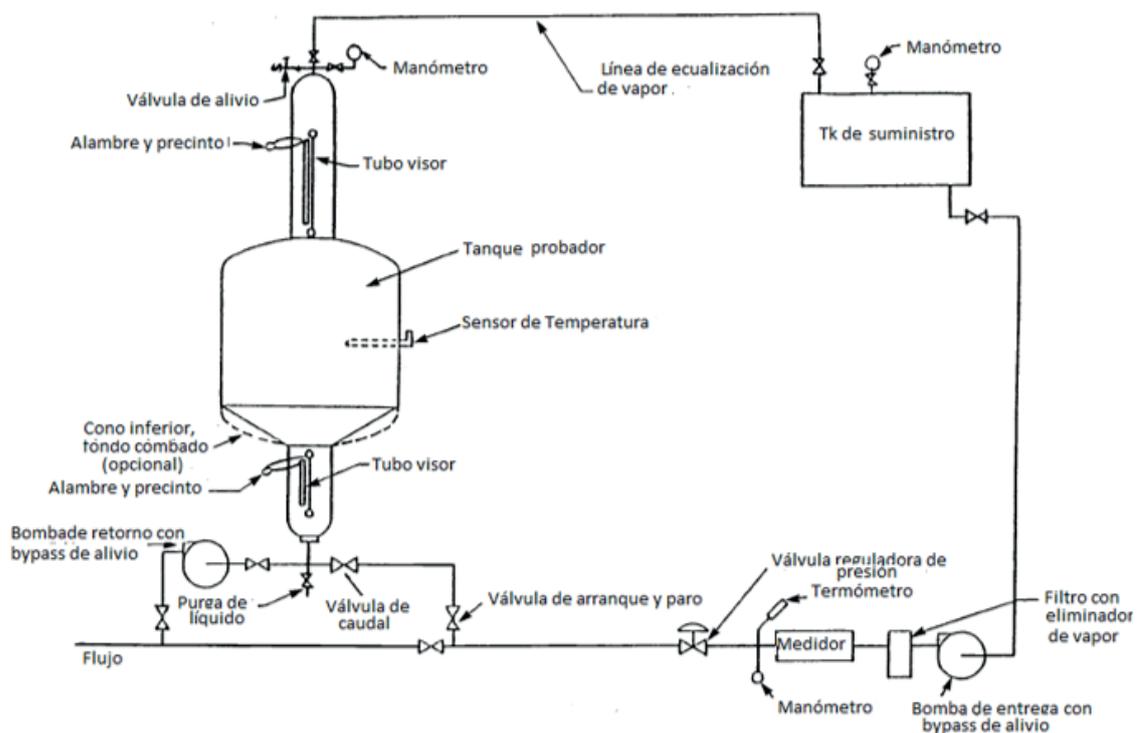


Figura 4. Diagrama esquemático operativo de un probador volumétrico con desplazamiento de vapor

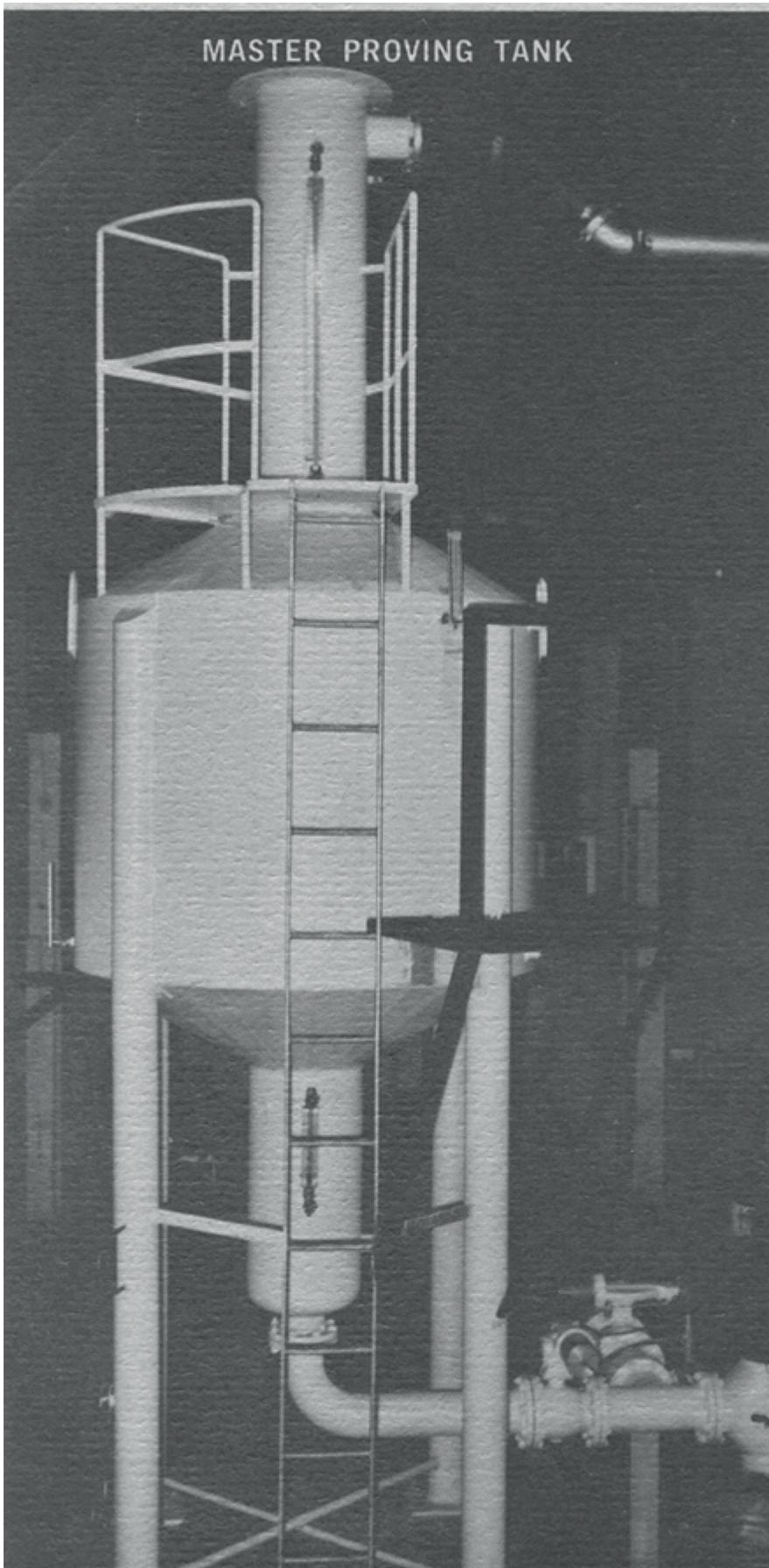


Figura 5. Tanque probador abierto con escala inferior y superior

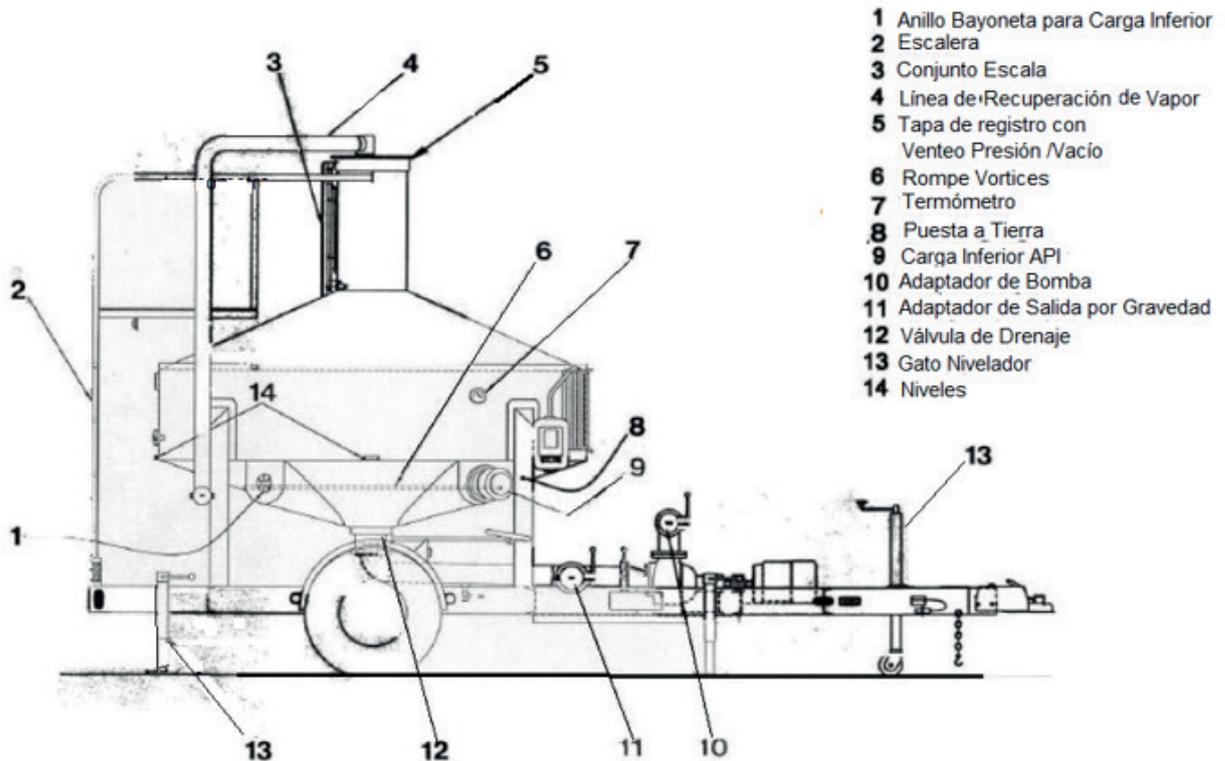


Figura 6. Probador portátil

5.11.2.17. Tapa para el cuello

El cuello de todos los probadores montados en vehículos debe estar equipado con una cubierta para evitar la contaminación o daños durante el transporte. La cubierta puede ser del tipo abisagrado hermética, o si el probador es de gran tamaño, una tapa de registro de llenado activado por presión como se usa en camiones cisterna.

5.11.3. Requisitos eléctricos

5.11.3.1. Puesta a tierra

Se requiere una toma de conexión a tierra u otro mecanismo en los probadores que se utilizan con líquidos volátiles. Como medida de protección contra descargas accidentales de electricidad estática. La toma debe estar firmemente sujeta al borde del probador y en el mismo lado desde el que se carga el probador.

5.11.3.2. Cableado

Todas las conexiones eléctricas deben ser a prueba de explosión. Todo el cableado, incluido el cableado de bajo voltaje debe cumplir con los requisitos del Artículo 300, 500, Grupo D, Clase 1, División 1 y 250.45 y/u otros artículos aplicables de la última edición del Código Eléctrico Nacional (NEC).

5.11.4. Escaleras y plataformas

Se debe instalar una escalera y una plataforma de metal expandido (con pasamanos de seguridad apropiados), cuando sea necesario. La escalera debe estar construida de tal manera que no provoque distorsión en el probador cuando la misma esté en uso. Los peldaños deben estar contruidos con un material antideslizante.

5.11.5. Limpieza

En caso de que el Tanque Probador se encuentre muy contaminado con residuos de aceite, petróleo u otros hidrocarburos se requerirá limpiar el interior de este con agua caliente y vapor antes de cualquier limpieza con solvente o lavado con detergente biodegradable. Una vez que el mismo ha quedado limpio, se debe enjuagar y dejar secar, para así poder realizar la calibración del mismo.

5.12. Calibración del Tanque Probador

Los tanques probadores normalmente se calibran a presión atmosférica utilizando agua limpia desgasificada como medio de prueba. Cuando los tanques probadores se calibran y operan a presión atmosférica, no se necesitan correcciones presión-volumen. Sin embargo, cuando se va a operar con presiones superiores a la atmosférica, se deben hacer correcciones sobre el volumen resultante determinado en la calibración a presión atmosférica. Esta corrección se debe determinar experimentalmente durante la calibración.

El agua se considera el mejor medio para la calibración la misma debe ser limpia (potable) y desgasificada.

Hay dos métodos aceptados en la industria para calibrar tanques probadores:

- Calibración mediante medidas patrón estándar de campo; o
- Calibración mediante medidor maestro.

El método preferido, es utilizando medidas patrón estándar de campo, ello implica la determinación del volumen de agua retirado del probador lleno, a medidas estándar de campo; o bien la determinación del volumen de agua tomado de las medidas estándar de campo para llenar el tanque probador.

La recomendación de esta práctica es que es preferible calibrar un probador extrayendo agua en medidas de prueba, sin embargo, en determinadas instalaciones, puede ser conveniente invertir el procedimiento. En cualquier caso, se aplicarán correcciones de volumen de agua para compensar las diferencias de temperatura entre el agua en el tanque probador y el agua en las medidas de prueba estándar.

El segundo método de calibración implica el uso de un medidor maestro, previamente probado con un Probador Maestro.

Cuando se trata de probadores suficientemente grandes como para que el uso de medidas estándar de campo resulte impráctico, o cuando circunstancias, como las que se encuentran en el desierto o el ártico, y que no son físicamente compatibles para calibrar con agua usando medidas de prueba; se puede aplicar este método, utilizando un líquido derivado del petróleo, estable, de baja viscosidad para poder medir dentro o fuera del tanque probador y aplicar factores de corrección según sea necesario.

Los siguientes procedimientos generales se aplican a la calibración de tanques probadores portátiles y de instalación permanente:

- a. El tanque probador se limpiará internamente y se nivelará a plomo.
- b. Todos los dispositivos e instrumentos que afecten el volumen interno del probador, como líneas de rociado, sensores de temperatura deben estar en su lugar.
- c. Se debe controlar que el líquido de prueba se mantenga y no se verifiquen pérdidas, incluyendo

todas las válvulas, accesorios y bridas.

Se deben tomar los recaudos necesarios para facilitar el llenado y la extracción del líquido de prueba.

5.12.1. Incertidumbre

El Capítulo 13 del MPMS API contiene procedimientos para estimar la desviación estándar e incertidumbre de la calibración del tanque probador.

Límites de rango de 0,02% entre la carrera más alta y más baja, se utilizan normalmente para prescribir la calibración del tanque probador como requisitos de aceptación. La desviación estándar estimada del promedio de las dos a cinco carreras de calibración que coinciden dentro de un rango de 0,02% se muestran en la Tabla 3. La incertidumbre de la media a un nivel de confianza del 95% de dos a cinco carreras de calibración que coinciden dentro de un rango del 0,02% se muestra en la Tabla 4.

5.12.2. Exactitud

La medición exacta demanda el uso de equipos y estándares de calibración con exactitud trazables a estándares nacionales o internacionales y el uso de procedimientos normalizados. Las mediciones trazables requieren el análisis de la incertidumbre de la medición y una evaluación de esa incertidumbre para determinar la idoneidad para el uso previsto. En el caso de los estándares de campo utilizados en aplicaciones de pesos y medidas, la incertidumbre expandida para la calibración debe ser menor a 0,07% del volumen medido.

Para lograr la incertidumbre expandida requerida, las siguientes estimaciones demuestran las incertidumbres estándar asociadas con los principales contribuyentes en la calibración patrón(es) de laboratorio: 0,01% del volumen del probador bajo prueba; proceso de medición: 0,02% del volumen del probador bajo prueba; calibración del cuello: 0,5% del volumen del cuello (el volumen del cuello es al menos el 3% del volumen total) del probador bajo prueba; y la tolerancia aplicable: 0,02% del volumen nominal para el probador bajo prueba.

Cuando estos factores se combinan en un método de suma de raíz cuadrada y se multiplica por un factor de cobertura $k=2$ (para un Intervalo de confianza del 95 por ciento), proporciona una incertidumbre menor del 0,07% del volumen medido. Si alguno de los factores enumerados es mayor que lo que se indica en la lista anterior, los otros factores deben reducirse para compensar cuando se desean mantener los valores requeridos para la incertidumbre expandida. Por ejemplo, para el ejemplo anterior, los valores se combinan de la siguiente manera:

$$U = \pm 2 \times \sqrt{0.01^2 + 0.02^2 + (0.5 * 0.03)^2 + 0.02^2}$$

$$U = \pm 2 \times \sqrt{0,0001 + 0.0004 + 0,000225 + 0.0004}$$

$$U = \pm 2 \times \sqrt{0,001125} = \pm 0,067\%$$

Nº de Carreras de Calibración	Desviación Estándar Estimada (Porcentual)
2	0.018
3	0.012
4	0.010
5	0.009

Tabla 3. Desviación estándar estimada del promedio de un juego de carreras de calibración de un tanque probador

Nº de Carreras de Calibración	Incertidumbre
2	±0.159
3	±0.029
4	±0.016
5	±0.011

Tabla 4. Incertidumbre del promedio al 95% de nivel de confianza de un juego de calibración de un probador

Para lograr la exactitud necesaria, el volumen corregido depende de:

- Uso de correcciones de temperatura adecuadas
- La incertidumbre asociada con el coeficiente cúbico de expansión térmica
- La precisión de las mediciones de temperatura.

Mediante el uso adecuado de procedimientos documentados de laboratorio y de campo, los factores de incertidumbre adicionales se pueden minimizar a un nivel que no contribuyan significativamente a los factores descriptos anteriormente.

Incertidumbres estándar adicionales en la calibración de probadores de campo y su uso en la verificación de medidores puede incluir:

- Cómo se establece el nivel del probador.
- Cómo se determinan los tiempos de entrega y drenaje.
- El uso de un adecuado "mojado" antes de la calibración o el uso.
- Si se utiliza drenaje por gravedad durante la calibración o si el volumen de agua se elimina por bombeo.
- Diferencias en el drenaje entre la calibración y el uso.
- Limpieza del probador y del medio de calibración.
- Características de retención del probador relacionadas con la superficie interior, la contaminación o corrosión.
- Drenaje total.
- Posible atrapamiento de aire en el agua.
- La capacidad de leer correctamente el menisco.

Se debe seguir una lectura adecuada del menisco para evitar errores adicionales en la calibración y uso (consultar el Manual NIST 145, Buenas prácticas de medición 3).

5.12.3. Repetibilidad

Quince (15) es el número máximo recomendado de entregas de un estándar de laboratorio a un probador bajo prueba para minimizar las incertidumbres de calibración a los niveles identificados previamente.

Los valores obtenidos durante ejecuciones repetidas de una sola calibración deben coincidir dentro del 0,02% del volumen de prueba.

Los problemas de repetibilidad se pueden deber a una fuga en las válvulas o sellos del probador, contaminación o falta de limpieza o malas condiciones de campo, como cuando la calibración se realiza en condiciones ambientales inestables.

Los problemas de repetibilidad se deben corregir antes de que se pueda completar la calibración.

5.12.4. Frecuencia de calibración

Los tanques probadores de campo se deben verificar antes de su uso y volver a comprobar tan a menudo como las reglamentaciones o las circunstancias lo requieran, especialmente cuando se sabe o se sospecha que hay daños, los sellos están rotos o las válvulas en la sección de medición son reparadas o reemplazadas.

El marco legal argentino establece su verificación con una frecuencia anual.

En el caso de medidas que no sean alcanzadas por el marco legal, podrían extender esta frecuencia según lo recomendado en API MPMS 4.8 Anexo B.

A continuación, se indica el método utilizado para determinar la frecuencia de recalibración de un probador, descripto en dicho Anexo.

El método establece el cambio permisible en el volumen del probador antes de la recalibración en 0,06% y usa el cambio de volumen real entre calibraciones sucesivas, junto con el tiempo (en meses) entre las dos calibraciones, para calcular un tiempo proyectado (número de meses), cuando se puede esperar que el volumen cambie en un 0,06%.

La única parte que puede discutirse es si la cantidad de cambio permisible en el volumen de prueba debe ser de 0,06%. Se ha argumentado que el cambio de volumen se debe establecer en 0,02%, porque esa es la tolerancia de calibración del probador. Sin embargo, poner el punto de activación en 0,02% puede resultar en calibrar algunos probadores con más frecuencia de la necesaria. Basado en este argumento, 0,06%, es un compromiso razonable.

Para utilizar este método, debe aplicarse la siguiente fórmula:

$$MPC = \frac{Mec \times 0,06\%}{Pv}$$

donde:

MPC: Meses para la Próxima Calibración (expresado en meses enteros, redondeado al siguiente mes entero (50,1=51)).

Mec: Meses entre calibraciones (se expresa de la misma manera que MPC).

Pv: Variación porcentual del volumen entre calibraciones (expresado en X.XX%, con truncamiento de los decimales).

Se deben cumplir las siguientes pautas con respecto al uso del cálculo anterior:

- En ninguna circunstancia el tiempo proyectado para la próxima calibración debe exceder los 60 meses (5 años) para el caso de tanques probadores fijos. Si se trata de tanques probadores móviles, se deben fijar períodos máximos entre calibraciones de 3 años.
- Es común acordar que la frecuencia no sea menor a los 12 meses. Por lo tanto, si la ecuación arroja un valor de MPC menor a los 12 meses, se puede fijar la siguiente calibración a los 12 meses.
- Si se realizan reparaciones mecánicas, alteraciones o cambios que afectan el volumen certificado del probador antes de la próxima fecha de calibración proyectada, entonces calibrar el probador inmediatamente después de completar este trabajo, y luego, programar otra calibración a los 12 meses para empezar la determinación de la frecuencia.

Por ejemplo:

- Fecha calibración actual = 27/08/2020
- Volumen determinado en la calibración actual = 320,094 litros
- Fecha calibración anterior = 25/04/2016
- Volumen determinado en calibración anterior = 319,950 litros

Tenemos que:

Mec = 52 meses

$P_v = (320,094 - 319,950) / 319,950 = 0,045\%$

$$MPC = \frac{Mec \times 0,06\%}{P_v} = \frac{52 \text{ meses} \times 0,06\%}{0,04\%}$$

$$MPC = 78 \text{ meses}$$

Como MPC es mayor a 60 meses (5 años), debe fijarse la fecha para la nueva calibración para el 27/08/2025.

6 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

OIML - Cuarto Anteproyecto, Documento Internacional sobre Medición del Volumen de Líquidos.

NIST - Handbook 44, Especificaciones, tolerancias y otros requisitos técnicos para el pesaje y dispositivos de medición, consultar la edición actual, publicada anualmente.

NIST - Handbook 145, Manual para aseguramiento de la calidad de las mediciones en Metrología.

API - Manual de Normas de Medición de Petróleo, Capítulo 4, Sistemas de prueba:
Sección 4, Tanques Probadores.

ASTM - D 1250, Guía estándar para tablas de medición de petróleo.

NPL - Buenas Prácticas de Medición para limpieza de Tanques volumétricos metálicos.