

Lo que se debe saber de los **RECIPIENTES VOLUMÉTRICOS...**

Propiedades físicas

Requisitos Metrológicos

Calibración y Verificación

...y algo más



Del autor:

Julio Casilla Gutiérrez
Responsable Laboratorio de Flujo
jcasilla@ibmetro.gob.bo

Agradecimiento por los aportes técnicos a:

Juan Carlos Castillo V.
Franklin Espejo A.



Instituto Boliviano de Metrología - IBMETRO
Avenida Camacho N°1488
Edif. Anexo (Planta baja)
Teléfono/Fax: (2) 237 2046 - 231 0037
La Paz - Bolivia

Este artículo se ha desarrollado en el marco de las actividades del proyecto:

FOMENTO A LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD QUE APOYA A LAS MEDICIONES Y ENSAYOS EN AGUA POTABLE.

El objetivo general de este programa es el mejoramiento de las capacidades de las EPSA, tanto en el análisis confiable de la calidad como para la medición del consumo de agua potable.

Este proyecto es ejecutado en forma conjunta por los institutos nacionales de metrología de Alemania y Bolivia, Physikalisch-Technische Bundesanstalt - PTB e Instituto Boliviano de Metrología - IBMETRO.



CONTENIDO

Recipientes volumétricos:

- Algo de historia.
- Conceptos generales.
- Clasificación.
- Propiedades físicas importantes.
- Requerimientos metrológicos mínimos.
- Métodos de calibración.
 - Recipientes IN - EX
 - Lectura del menisco.
- Calibración y verificación.
 - Su importancia.
 - Referencia bibliográfica.
- Servicios del Laboratorio de flujo y Recipientes Volumétricos.

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Algo de historia

Los recipientes tienen su origen en la prehistoria.

El hombre primitivo utilizaba piel de animales como recipiente para transportar fruta. Los chinos desarrollaron recipientes de barro para guardar productos sólidos y líquidos. Los egipcios crearon los primeros recipientes de vidrio. La invención de la cerámica supuso un gran paso hacia adelante en la fabricación de recipientes.

En el siglo XX, la transformación de la vida rural a la urbana exigió que los alimentos pudieran ser transportados desde el campo a la ciudad, por lo tanto, el uso de recipientes de todo tipo se generalizó de gran manera.

En el presente siglo los recipientes volumétricos son utilizados casi en todas las actividades rutinarias del hombre, desde los recipientes para sus bebidas hasta inmensos recipientes móviles que viajan al espacio exterior transportando el combustible de los cohetes.

Recipiente es un término general para cualquier objeto, que contiene en su concavidad productos líquidos, sólidos o gases.

La palabra **Recipiente** deriva del latín *recipiēns, -entis* cuyo significado es "que recibe", y que es el participio del verbo *recipere*, «recibir»; este término apareció en el vocabulario francés en el año 1555, como adjetivo y epíteto de "vasija".

En Francia fue utilizado en el siglo XVII como sustantivo sinónimo de vasija, término al que acabó sustituyendo.



Recipiente de cerámica (Neolítico)

Recipiente sinónimo de "Volumen"

Al inicio del uso del Sistema Métrico se propuso que 1 kg debería ser la masa de 1 dm³ de agua pura en su máxima densidad, esto es cerca de 4 °C.

Después de que el prototipo de kilogramo internacional fue creado, se decidió que el nombre de "litro" debería designar el volumen de 1 kg de agua a 4 °C.

Desde 1901 hasta 1964, la relación fue:

$$1 \text{ litro} = 1.000\,028 \text{ dm}^3$$

En la XII Conferencia General de Pesas y Medidas (1964) se estableció que:

$$1 \text{ litro} \text{ equivale a } 1.000\,000 \text{ dm}^3$$



Clepsidra o reloj de agua egipcio

Un **recipiente graduado** sirvió como elemento base para la invención de la **Clepsidra** o reloj de agua egipcio cuyo mecanismo estaba orientado a la medición del tiempo mediante el flujo regulado de un líquido (agua).

Estos primeros relojes de agua consistieron en una vasija de cerámica que contenía agua hasta cierto nivel, con un orificio en la base de un tamaño adecuado para asegurar la salida del líquido a una velocidad determinada y, por lo tanto, en un tiempo prefijado. El recipiente graduado disponía en su interior de varias marcas de tal manera que el nivel de agua indicaba los diferentes períodos, tanto diurnos como nocturnos

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Conceptos generales

Un **recipiente volumétrico** es un contenedor de medición que sirve para la determinación estática del volumen de líquidos y se utiliza ya sea para determinar un volumen de líquido específico (en reposo) o para medir un volumen desconocido.

La forma más común y más adecuada es aquella conocida como tipo "Seraphin", cuya característica principal es un cuello angosto donde va colocada una escala graduada que indica su volumen nominal y las variaciones mínimas de volumen que pueden apreciarse en este cuello.

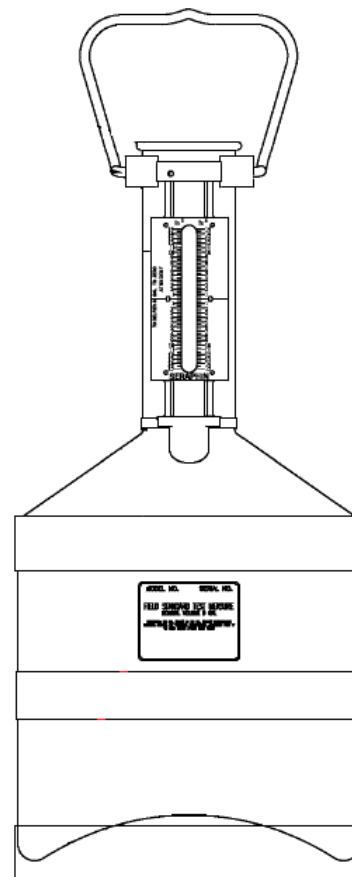
En general, son contenedores en los cuales su volumen está definido por su capacidad nominal, por la lectura de su marca graduada o por la indicación de su volumen en su escala.

El uso apropiado de recipientes en los niveles de producción, en el intercambio comercial y en el consumo ayuda a promover la precisión y uniformidad de volúmenes en el ámbito de las mediciones de flujos líquidos.

La clase indicada en un recipiente tiene carácter nominal. Es muy recomendable considerar que la exactitud de un instrumento en general y un recipiente en particular, **se determina mediante su calibración y su correspondiente incertidumbre asociada.**

RECIPIENTE PATRÓN NACIONAL

Capacidad: 20 Litros
División de escala: 0,01 L
Clase Nominal: 0.05%
Material: Acero inoxidable



RECIPIENTE DE 20 LITROS

RECIPIENTE PATRÓN NACIONAL

Capacidad: 500 Litros
División de escala: 0,2 Litros
Clase Nominal: 0.04%
Material: Acero inoxidable



Fórmula de cálculo:

$$\% \text{ Clase Nominal} = \frac{\text{Div. Esc.}}{\text{Cap.}} * 100$$

Los cálculos son los siguientes:

$$\% \text{ Clase Nominal} = \frac{0,2 \text{ L} \times 100}{500 \text{ L}}$$

$$\% \text{ Clase Nominal} = 0.04 \%$$

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Clasificación

Los recipientes volumétricos se clasifican, de acuerdo al nivel de exactitud que se logra con cada uno de ellos.

Por la exactitud requerida en las mediciones de volumen y de su rango de medición los medidores volumétricos o de volumen se podrían clasificar en:

1. Instrumentos volumétricos de laboratorio, los cuales son fabricados generalmente en vidrio, se usan en los laboratorios para medir volúmenes de líquidos involucrados en la realización de ensayos. También son utilizados para verificar el contenido neto de productos pre empacados. La capacidad de estos instrumentos oscila entre unos cuantos micro litros hasta litros.



Instrumentos volumétricos de laboratorio

Para la determinación de los errores máximos permisibles y otros requisitos metrológicos en **instrumentos volumétricos de Laboratorio** se recomienda considerar lo establecido en las normas de la International Organization for Standardization - ISO o en las recomendaciones de la Organización Internacional de Metrología legal - OIML.

2. Recipientes volumétricos metálicos utilizados para medir volúmenes de líquidos, son instrumentos constituidos por un cuerpo, un cuello (sobre el cual se coloca generalmente una escala de graduación) y dependiendo de su capacidad inclusive pueden contar con un sistema de desagüe. Estos recipientes pueden ser de diferentes capacidades desde 1 litro hasta 5000 litros.

Recipientes volumétricos metálicos



Por ejemplo para **Probetas (Instrumentos volumétricos de laboratorio)** se debe considerar lo establecido en la Norma ISO 4788 Laboratory glassware graduated measuring cylinders.

Recipientes volumétricos metálicos



3. Tanques medidores de volumen que son recipientes de gran capacidad por lo general de forma cilíndrica, provistos por una escala graduada, que se pueden emplear como simples depósitos o como instrumentos de medición. Su capacidad puede oscilar desde centenares de litros hasta miles de metros cúbicos.



Tanque medidor de volumen

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Propiedades físicas importantes

Material

Todas las partes de un recipiente, que estén en contacto con la sustancia a ser medida deben ser químicamente resistentes a esta sustancia. (Las partes deben ser resistentes y no corrosibles).

En general debe ser construido en un **acero de bajo carbono o en acero inoxidable**.

La superficie interna del recipiente debe ser lisa y no debe presentar obstáculos que impidan el vertido completo del líquido.

Las paredes exteriores del recipiente deben ser de un espesor suficiente, que no permita la deformación de su geometría por efectos de cambios de temperatura.

Tamaño

Los **volúmenes nominales** de los recipientes volumétricos se seleccionan idealmente de los siguientes valores 1×10^n , 2×10^n , 5×10^n donde $n=0, 1, 2, 3...$ para facilitar la calibración de los mismos.

Un **recipiente volumétrico** debe tener claramente identificable la siguiente información:

- Capacidad nominal indicada en litros.
- Marca o nombre del fabricante.
- Modelo.
- Número de serie.

- Año de fabricación.
- Tipo de material en el que está fabricado.
- Coeficiente de expansión cubica del material en el que está fabricado por °C o °F.
- Temperatura de referencia.
- Indicación del tiempo de escurrimiento después de la interrupción del flujo principal.



Recipientes volumétricos de 20 L, 10 L y 5 L (2×10^1 , 1×10^1 y 5×10^0)

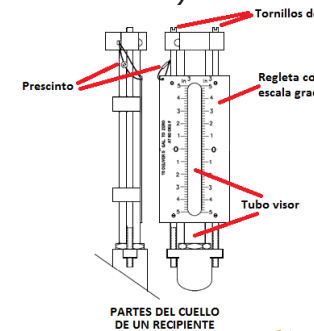
Construcción

Para una mayor robustez, los recipientes deben ser construidos en forma de vasos simétricos. Se debe tomar la previsión de que su construcción evite la formación de burbujas de aire durante el llenado y que no permita restos de agua en el momento de su vaciado.

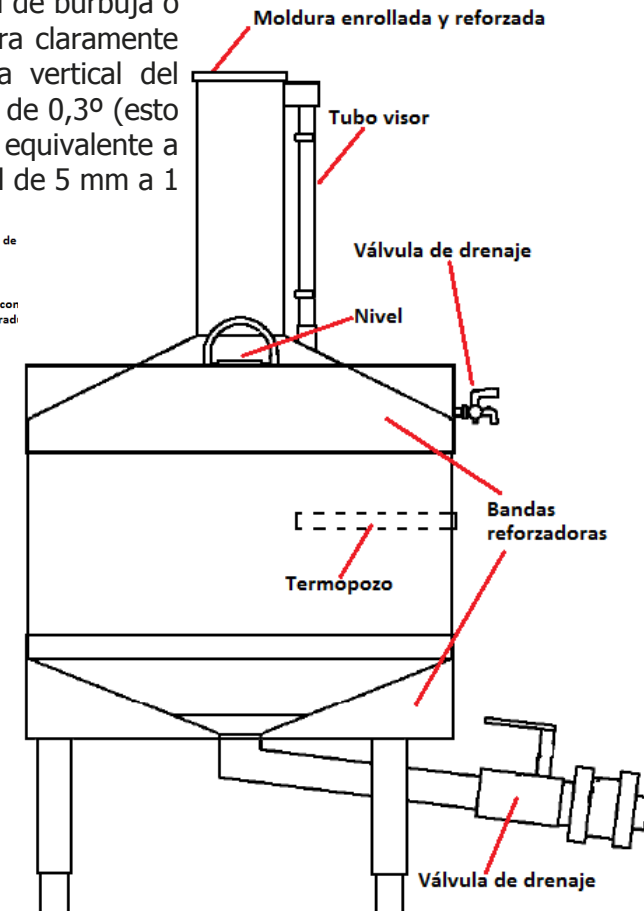
Instalación

Los recipientes fijos deben ser anclados de una manera tal que su posición (inclinación, etc.) no debe cambiar después de que se toma la medida de su volumen y debe estar acompañado de accesorios auxiliares apropiados, como una plomada o nivel de burbuja con la suficiente sensibilidad.

Suficiente sensibilidad presenta aquel accesorio (nivel de burbuja o plomada) que muestra claramente una desviación de la vertical del recipiente de no más de $0,3^\circ$ (esto es aproximadamente equivalente a una desviación lateral de 5 mm a 1 m de altura).



PARTES PRINCIPALES DE UN RECIPIENTE VOLUMETRICO



RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Requerimientos metrológicos mínimos

Escala de graduación del cuello

La **escala de graduación del cuello** de un recipiente debe tener las marcas correspondientes a la capacidad nominal y las divisiones sucesivas de al menos el 1% de su capacidad, tanto hacia arriba como hacia debajo de la marca del cero, es decir, si el recipiente tiene una capacidad de 20 L, la graduación de la regla del cuello al menos debe indicar 200 ml hacia arriba y 200 ml hacia abajo, en la regla de indicación del recipiente.

Escala del cuello de un recipiente de 20 L, se puede apreciar 200 ml arriba y 200 ml abajo del 0 (volumen nominal del recipiente).



Error máximo permisible

El error máximo permisible para los recipientes volumétricos según OIML R 120:2010 "Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water" es $\pm 0.05\%$ de la capacidad nominal.

Error máximo permisible

La calibración de un recipiente volumétrico se llevará a cabo de tal manera que la incertidumbre expandida de la calibración sea una quinta parte del error máximo permitido en las pruebas de aprobación de modelo y una tercera parte del error máximo permitido en las pruebas de verificación.

El error máximo permisible para los recipientes volumétricos según OIML R 120:2010 "Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water" es $\pm 0.05\%$ de la capacidad nominal.

A manera de ejemplo, con los siguientes datos se puede apreciar el cálculo del EMP de:

Capacidad: 500 L
División de escala: 0,2 L (200 ml)

El error máximo permisible para el recipiente es:

$$EMP = \pm(500 L * 0.05\%)$$

$$EMP = \pm 0.25 L \text{ ó } 250 ml$$

Este valor indica que durante la calibración del recipiente volumétrico, el error máximo permisible para el recipiente es $\pm 0.25 L$ ($\pm 250 ml$)

Un valor que representa un poco más de una división de escala del recipiente.

Sensibilidad de un recipiente

La sensibilidad de un recipiente es la requerida si se cumple que una variación de volumen representa un cambio de al menos 3 mm en el nivel del líquido, cambio que debe apreciarse en la indicación de la regla del recipiente.

Sensibilidad

El **diámetro del cuello** de un recipiente deberá ser lo suficientemente grande para evitar problemas con respecto a la captura del nivel del líquido y suficientemente pequeño que permita la detección de cambios en el nivel del volumen que indica el recipiente.

La sensibilidad de un recipiente es la requerida si se cumple que una variación de volumen representa un cambio de al menos 3 mm en el nivel del líquido, cambio que debe apreciarse en la indicación de la regla del recipiente.



Los cambios de volumen de 10 ml se pueden apreciar claramente en esta escala de graduación que tiene un espaciamiento de 3 mm entre línea y línea.

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

Métodos de calibración Recipientes "IN" – "EX" Lectura del menisco

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Calibración de recipientes volumétricos

La calibración de recipientes se realiza por los métodos Gravimétrico y Volumétrico.

El **método gravimétrico** es el recomendado para la calibración de recipientes, utiliza como patrón una balanza (Clase I o Clase II), requiere la determinación de la densidad del fluido con el que se calibra (generalmente agua destilada) y un procedimiento que se basa en el pesaje de la masa de agua colectada. Al conocerse la masa y la densidad, de manera indirecta se determina el volumen. Este volumen representa el volumen para la calibración del recipiente.

El **método volumétrico** se basa en la transferencia de líquidos desde un recipiente patrón que ha sido calibrado con un nivel de exactitud significativamente superior a otro recipiente de menor exactitud.

Este método se utiliza cuando la capacidad de un recipiente es tan grande que el uso del método gravimétrico es impracticable o los EMP de la balanza disponible son mayores a los del recipiente a calibrar.

Recipientes contruidos para "Contener IN" y para "Entregar EX": La calibración debe corresponder con la manera en la cual el recipiente será usado.

Si un recipiente está construido para **"Entregar"** debe ser calibrado para determinar el volumen de agua en su entrega, con una especificación de su tiempo de escurrimiento, mientras que un recipiente construido para **"Contener"** debe ser calibrado para determinar el volumen de agua que es requerido para su llenado en seco o pre humedecido.

Temperatura de referencia

El valor de la temperatura de referencia que se toma en cuenta durante la calibración de un recipiente volumétrico depende del uso final de este recipiente.

Para los recipientes que se utilizan con combustibles inflamables (gasolina, diésel, etc.) o tanques, se recomienda tomar como referencia la temperatura de 15 ° C.

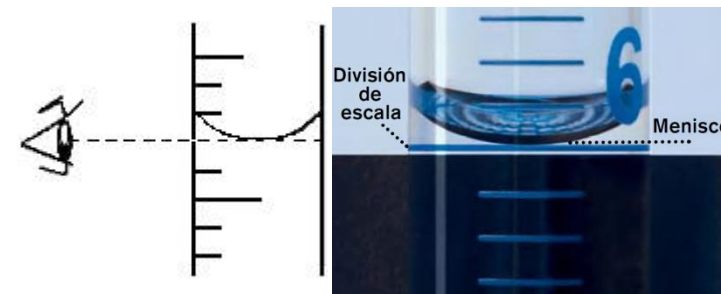
Para recipientes que se usan para leche se recomienda 10 °C como temperatura de referencia.

En general, la temperatura de referencia es de 20 °C. La temperatura de referencia en la calibración se indica en el certificado de calibración que debe ser tomado en cuenta durante el uso del mismo.

Lectura del Menisco

Un requisito para la medición de volumen es la lectura del menisco. El término 'menisco' se utiliza para describir la curvatura que se forma en la superficie del líquido, que resulta de la relación de fuerzas entre adhesión y cohesión del líquido (agua) y el material (por lo general vidrio) que forma parte del tubo visor.

En el caso de recipientes se forma un menisco cóncavo, por lo tanto, la lectura del volumen se realiza a la altura del punto más bajo de la superficie del líquido. El punto más bajo del menisco debe tocar el borde superior de la división de la escala.



Lectura del menisco

Formación del menisco

Para leer el menisco sin error de paralaje, el recipiente volumétrico debe estar en posición vertical y los ojos del operador deben encontrarse a la altura del menisco. En esta posición, el aforo se visualiza como una línea.

Colocando una cinta oscura inmediatamente por debajo del aforo, o una división de la escala detrás del recipiente, el menisco se observará más oscuro y podrá leerse más fácilmente.

Tiempo de escurrimiento en la calibración de recipientes

Después del vaciado, un **tiempo de escurrimiento** de 30 segundos **se debe** aplicar, una vez de que el flujo principal deja de fluir y se convierte en un flujo discontinuo de goteo.

Líquido usado en la calibración

El líquido usado para la calibración de recipientes debe ser **agua** conforme se especifica en OIML R 43.

El líquido usado para la calibración debe ser agua completamente limpia y libre de contaminantes o corrosivos químicos, además se debe procurar que no contenga aire ni burbujas.

RECIPIENTES VOLUMETRICOS

En este documento **recipiente volumétrico** y **medidor volumétrico** tienen el mismo significado.

Calibración y Verificación Su importancia

Que es la calibración

De acuerdo con el vocabulario internacional de metrología (VIM), es la "operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación".

Por ejemplo, para calibrar un recipiente volumétrico por **método volumétrico**, es necesario disponer de otro recipiente de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero, valor que se empleará para compararlo con la indicación del instrumento sometido a calibración. Solo a través de la calibración de un equipo de medición respecto de patrones con trazabilidad internacional, se pueden asegurar las mediciones.

Instrumento nuevo

El hecho de que un instrumento de medición sea nuevo y parezca "confiable", no garantiza necesariamente que sus indicaciones (mediciones) sean correctas.

Que es la verificación

Inicialmente debe quedar muy en claro que verificación **no es lo mismo que calibración**.

La verificación es una etapa posterior a la realización de una calibración y no hay verificación sin una calibración. La verificación consiste en confirmar el cumplimiento de requerimientos (generalmente expresados en errores máximos permisibles o tolerancias) utilizando evidencia objetiva.

Cuando calibrar

La **frecuencia de calibración** de un instrumento de medición depende entre otros básicamente de su robustez frente a las condiciones de uso, a la frecuencia de su uso, a la calidad de su fabricación y al criterio técnico definido por el usuario del equipo. En términos generales, estas frecuencias fluctúan entre los 6 y 24 meses.

Tener un instrumento calibrado no significa que el equipo está funcionando "bien": solo quiere decir que conocemos la diferencia entre lo que el instrumento indica y "lo que debiera indicar", esta diferencia queda establecida en el certificado de calibración.

Frecuencia de calibración

La robustez de un recipiente frente a sus condiciones de uso, la frecuencia de su uso, la calidad de su fabricación y al criterio técnico definido por el usuario permite definir el periodo de calibración de un recipiente que en términos generales, pueden ser definidas entre los 6 y 24 meses.

Importancia de la calibración

El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos deterioran poco a poco sus funciones y prestaciones.

Esta situación puede ser evitada, por medio de un proceso de calibración.

Se debe calibrar los equipos de medición, con la finalidad de:

- Mantener y verificar el buen funcionamiento de estos equipos
- Responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad.
- Garantizar la confiabilidad de la trazabilidad de sus mediciones.

Calibración de un recipiente

Los resultados obtenidos en la calibración de un recipiente volumétrico se considerarán válidos, si la incertidumbre expandida de la calibración tiene un valor que representa a una quinta parte del error máximo permitido en las pruebas de Aprobación de Modelo y un tercio del error máximo permitido en las pruebas de Verificación.

Para recipientes volumétricos el error máximo permisible debe ser $\pm 1/2000$ o 0,05% de la capacidad nominal del recipiente.

Referencia bibliográfica

-OIML R 120: 2010 "Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water".

-NIST Handbook 105-3 February 2010 "Specifications and tolerances for reference standards and field standards weights and Measures-Specifications and tolerances for graduated neck type volumetric field standards".

-Norma boliviana: Norma de emergencia N.E. 35/92 Metrología- Medidores volumétricos de trabajo de 20 Litros – Requisitos.

Laboratorio de Flujo

El Laboratorio de Flujo líquido del Instituto Boliviano de Metrología es el encargado de diseminar la exactitud de esta magnitud en el país, garantizando la confiabilidad de las mediciones en el sector científico, industrial y comercial.

Para cumplir con estos propósitos cuenta con el respaldo de personal altamente calificado y continuamente capacitado en el exterior del país.

Estas condiciones tornan al Laboratorio en la referencia nacional para todas las mediciones de flujo líquido.

El Laboratorio de Flujo Líquido de IBMETRO, fue implementado en el marco de la de cooperación técnica con el Instituto Nacional de Metrología de Alemania, PTB-Physikalisch-Technische Bundesanstalt.



Mayor información o consultas adicionales:

Laboratorio de Flujo

Ing. Julio Casilla Gutiérrez - Responsable de Laboratorio - jcasilla@ibmetro.gob.bo

Ing. Franklin Espejo Álcazar – Profesional de Laboratorio – fespejo@ibmetro.gob.bo

Ing. Erik Guevara Murillo – Técnico de Laboratorio – eguevara@ibmetro.gob.bo

Telf.: (591-2) 2372046 Int 123 – 121

Av. Camacho Esq. Bueno Edif. Anexo No. 1488

La Paz - Bolivia

Servicios del Laboratorio de Flujo y Recipientes Volumétricos

Los servicios que presta el Laboratorio de Flujo están abocados principalmente a la calibración de:

- Recipientes volumétricos desde 20 L hasta 100 L por método gravimétrico o volumétrico en laboratorio.
- Recipientes volumétricos desde 100 L hasta recipientes volumétricos mayores a 2500 L por método volumétrico "in situ".
- Medidores de agua domiciliarios desde DN 15 hasta DN 20 mm
- Medidores de agua DN 80 mm hasta un caudal de 500 L/min en laboratorio.
- Medidores que usan líquidos diferentes al agua (Diésel, jet fuel y leche) desde 20 L/min hasta 2500 L /min "in situ".
- Ensayos de Aprobación de Modelo para medidores de agua de uso domiciliario DN 15 y DN 20 mm

Adicionalmente, se brinda los siguientes cursos:

- Introducción a la medición de Flujo.
- Medidores domiciliarios de agua potable.
- Medidores que utilizan líquidos diferentes al agua.
- Calibración de Recipientes Volumétricos.

