

**Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**Elaboración de una norma técnica y guía para la estimación de incertidumbre
para pruebas de laboratorio de hidrómetros en Costa Rica.**

Trabajo de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

René A. Ángel Umaña

Director de Proyecto de Graduación:

Ing. Alberto Serrano Pacheco, PhD.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

Agosto, 2015

Ángel Umaña, René Adalberto

Elaboración de una norma técnica y guía para la estimación de la incertidumbre para pruebas de laboratorio de hidrómetros en Costa Rica

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José, C.R.:

R. Ángel U., 2015

vii, 32, [210]h; 13 refs.

RESUMEN

La correcta medición del volumen de agua consumido por cada hogar y empresa costarricense, y su respectivo cobro, es la única manera en la que se llegará a valorar el recurso hídrico. Es necesaria la redacción de una nueva norma que regule la instalación, requisitos y características de los medidores de agua para que se llegue a tener un mejor control de la administración del recurso. Siguiendo esta línea, durante la investigación se identificó la necesidad, a nivel de país, de abrir paso al tema de las pruebas para medidores de agua por parte de cada uno de los prestadores del servicio, principalmente a aquellos que cuentan con bajos recursos, tales como muchas ASADAS.

Este trabajo apunta a proporcionar las herramientas necesarias para encaminar la redacción de la nueva normativa y la regulación del consumo de agua en todo el país, al realizar el trabajo previo de investigación y depuración de fuentes bibliográficas relevantes en lo que respecta el tema de la medición y las pruebas de laboratorio en hidrómetros.

La investigación resalta el problema que se vive en el país en lo que respecta al recurso hídrico, y la necesidad de instaurar una cultura de medición en Costa Rica. Basándose en la propuesta de norma formulada a partir de esta investigación, el ente regulador ARESEP, junto con todas las partes interesadas y responsables, podrán llegar a redactar una nueva normativa para el país, tomando en cuenta sus necesidades y capacidades. La guía para la estimación de la incertidumbre en pruebas de laboratorio, presentada en el trabajo, permitirá a cualquier proveedor realizar pruebas de laboratorio en sus equipos de medición, de una manera científica y bajo parámetros adecuados para llegar a resultados que ayuden a mejorar su sistema de acueducto. R.A.U.

HIDROMETROS; MEDIDORES DE AGUA; INCERTIDUMBRE; PRUEBAS DE LABORATORIO; SERVICIO DE ACUEDUCTO.

Ing. Alberto Serrano Pacheco, Ph.D.
Escuela de Ingeniería Civil.

Miembros del Comité Asesor

Director del comité:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alberto Serrano Pacheco', written over a horizontal line.

Ing. Alberto Serrano Pacheco, Ph.D.

Asesor:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gravin Mayorga Jimenez', written over a horizontal line.

Ing. Gravin Mayorga Jimenez

Asesor:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pamela Castro Leitón', written over a horizontal line.

Ing. Pamela Castro Leitón

Estudiante:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'René Adalberto Ángel Umaña', written over a horizontal line.

René Adalberto Ángel Umaña

Dedicatoria

A mis papás, por sus años de dedicación y esfuerzo para criarme y convertirme en la persona que soy. Les devuelvo un granito de arena en comparación con tanto que me han dado.

A Mónica, por su aliento y apoyo incondicional. Con una hermana como vos los obstáculos se vuelven más fáciles.

A Caro, por estar a mi lado a través de toda la carrera, tanto en las buenas como en las malas. Siempre me has impulsado a dar un poco más de mi. Este logro es tuyo también.

A Tefa, Luisja y Ale. Sin ustedes definitivamente no hubiera sido posible llegar hasta el final. Estoy seguro de que van a lograr todo lo que se propongan.

Al Ingeniero Carlos Bonilla (Q.E.P.D), por convencerme de estudiar esta carrera y hacer que me la creyera.

Agradecimientos

Este proyecto de graduación no hubiera sido posible sin la ayuda de cada uno de los miembros del comité asesor: la Ing. Pamela Castro de la Intendencia de Agua en ARESEP, Ing. Gravin Mayorga profesor de la Escuela de Ingeniería Civil e Ing. Alberto Serrano, también profesor de la Escuela de Ingeniería Civil. Les agradezco el tiempo dedicado para orientar, corregir y mejorar el trabajo, máxime en un proyecto de graduación tan extenso que requirió de mucha lectura e inmersión en el tema. Quedo agradecido por la confianza brindada para desarrollar un tema tan importante para el país, a espera de que se convierta en el inicio de un proyecto fundamental para Costa Rica.

El aporte realizado por Henrique da Costa y Peggy Bermudez de Itron fue clave para la redacción del trabajo, y les agradezco su ayuda a lo largo del mismo. Quisiera agradecer también al personal del Laboratorio Nacional de Hidrómetros del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, especialmente al Ing. Alejandro Gamboa por su disponibilidad para colaborar con el proyecto de graduación. De la misma manera gracias al personal de COPRODESA por su anuencia en ayudarme a lo largo del trabajo.

1.	Introducción.....	1
1.1.	Justificación	1
1.1.1.	Importancia	2
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo General.....	2
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	3
1.3.	Delimitación del problema	3
1.3.1.	Alcance.....	3
1.3.2.	Limitaciones	3
1.4.	Metodología	5
2.	Descripción y análisis de las normativas vigente	9
2.1.	Descripción general de la norma AR-HSA-2008	9
2.1.1.	Aciertos en el contenido de la norma.....	11
2.1.2.	Deficiencias en el contenido de la norma	12
2.1.3.	Identificación de necesidades y soluciones	13
2.2.	Normativa vigente internacional	13
2.2.1.	Descripción general del contenido de las normas relevantes	13
2.2.2.	Identificación de secciones a incorporar en la normativa propuesta	17

3.	Descripción de la norma técnica propuesta y guía para la estimación de incertidumbre.	18
	3.1. Descripción de los apartados en la norma propuesta	18
	3.2. Descripción de la estructura de la guía para la estimación de la incertidumbre.....	23
4.	Recomendación de equipo a utilizar en laboratorio	24
5.	Conclusiones y recomendaciones	27
	5.1. Conclusiones	27
	5.2. Recomendaciones	30
6.	Anexos	31

1. Introducción

1.1. Justificación

La norma técnica nacional existente, AR-HSA-2008, en lo que compete a los hidrómetros para el servicio del acueducto nacional, no se adecúa a las capacidades y necesidades del país, por lo que es necesaria una reelaboración de la misma. El nuevo reglamento deberá establecer las especificaciones técnicas de los hidrómetros para su ubicación, instalación, protección, calibración y adquisición. El hecho de que la norma actual no se ajuste a las necesidades del país, es producto de una primera redacción de la misma tomando como base reglamentos técnicos internacionales, los cuales se fundamentaron en diferentes necesidades y situaciones de infraestructura a las nuestras. Las capacidades que tiene el país en las materias de equipo, pruebas e infraestructura distan mucho de las que poseen países más desarrollados, normativas de los cuales fueron base de la norma nacional actual. Es por lo anterior que se debe de tener presente la realidad actual para la elaboración de una norma tan importante como la que regula el recurso hídrico, de manera que la nueva normativa sea lo más adecuada y efectiva posiblemente.

Bajo esta norma también se deben considerar pruebas de laboratorio y campo que permitan asegurar el buen funcionamiento y estado de los instrumentos de medición. Estas pruebas deben realizarse de forma imparcial, es decir, por entidades con experiencia en medición y calibración de equipos y debidamente certificados para tal fin, que no participen en la cadena de suministros de equipos pues serian juez y parte.

Esta norma se fundamenta en criterios técnicos, de modo que sea posible establecer un marco de operación universal que permita regular la medición de los caudales consumidos por los clientes del servicio de acueducto, para que exista certeza de la cantidad de agua utilizada y transparencia a la hora de cobrar el servicio. Además, para la elaboración de esta norma se realizó un estudio bibliográfico adecuado, que permitió la depuración de contenido y enfoque de acuerdo a las necesidades del país.

1.1.1. Importancia

Elaborar de forma apropiada esta norma es crucial ante la situación de desabastecimiento de agua potable a la cual nos enfrentamos actualmente en el país , en donde existen problemas con la satisfacción de la demanda del recurso hídrico en ciertos sectores del mismo. Un eje fundamental para la mitigación de este problema es el control en el consumo, desde lo más general hasta lo más específico. Este último punto es el que planea afrontar el presente proyecto, al medir de forma precisa, en la medida de lo posible, el flujo de agua que ingresa a los hogares y empresas costarricenses.

La medición de los consumos es la forma justa y equitativa para regular el cobro del servicio de agua potable, con lo cual se implementa el principio de servicio al costo y se fomenta la conservación y uso eficiente del recurso hídrico. La estandarización de la forma en la que se prueban los instrumentos de medición, tanto en campo como en laboratorio, permite una competencia sana entre proveedores de los equipos de medición y garantiza una calidad mínima de los hidrómetros, permitiendo regular de forma eficiente la introducción de nuevos instrumentos y evaluar el estado de los ya existentes. Lo anterior siguiendo la línea de garantizar un pago y, en forma paralela, un cobro justo tanto para los abonados como para los prestadores del servicio. Por otra parte, es importante lograr a nivel nacional incrementar el volumen de agua contabilizada o medida.

El redactar una norma para la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), tiene una gran repercusión en el futuro del país, aunado a que esta en específico tiene como objetivo el asegurar, de la mejor manera posible, el buen funcionamiento de los instrumentos que miden el consumo de un recurso tanpreciado como lo es el agua.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Elaborar una propuesta de norma basada en criterios técnicos que regule la medición de los caudales consumidos, complementada por una guía para la estimación de incertidumbre en pruebas de laboratorio, diseñada de manera que permitan comprobar la exactitud y eficacia de los medidores de flujo a utilizar.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Establecer las especificaciones técnicas mínimas aceptables para los hidrómetros, su dimensionamiento, ubicación, instalación, protección, mantenimiento y adquisición.
- Definir y describir las condiciones técnicas bajo las cuales se desarrollará la actividad de la medición y registro de los consumos de agua potable.
- Especificar las condiciones técnicas para las pruebas o ensayos y calibración de los hidrómetros.
- Establecer los criterios de regulación de los sistemas de medición.
- Seleccionar los equipos a utilizar en un eventual laboratorio de calibración y pruebas de hidrómetros.

1.3. Delimitación del problema

1.3.1. Alcance

El presente tema tiene por alcance geográfico todo el territorio nacional, mientras que su espacio temporal considera las posibles circunstancias futuras de modo que se espera que el producto final tenga el mayor tiempo de vigencia posible. A través de la investigación realizada, fue evidente que el desarrollo de pruebas de campo y de laboratorio para medidores de agua, tanto para uso doméstico como industrial, hubiera resultado en un producto sub-óptimo y que el enfoque de esta sección del proyecto debía tomar otra dirección. Por lo tanto para el presente trabajo no se diseñaron nuevas pruebas de campo ni de laboratorio, ya que se decidió crear una guía para la estimación de la incertidumbre, además de la normativa a redactar planteada desde un principio, de manera que el equipo ya existente se pueda aprovechar al máximo por cualquier ente interesado en la medición.

1.3.2. Limitaciones

La redacción de la norma producto de la investigación realizada lleva consigo asociada una importante influencia de la normativa ISO respectiva. Esto ya que, al no contar con la experiencia necesaria para redactar una norma desde cero fue necesario seguir una normativa como base, a la cual se le fueron incorporando y eliminando secciones de acuerdo a la

investigación realizada. Una posterior mejora a la normativa nacional para hidrómetros podría lograrse mediante la conformación de un comité encargado de la redacción, de manera que el conocimiento de múltiples personas afines a la medición de agua potable permita tener una normativa más a la medida del país.

1.4. Metodología

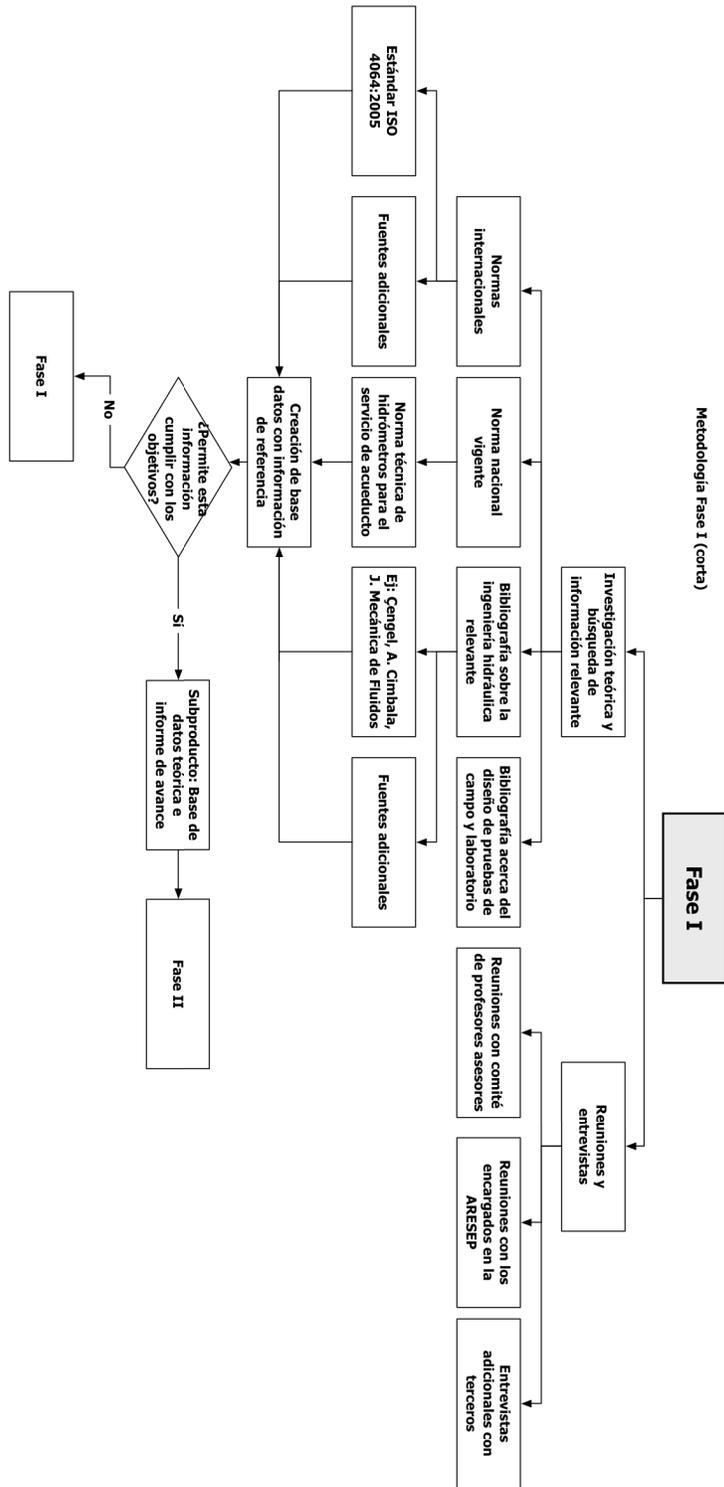


Figura 1.1. Fase I de la metodología empleada en el proyecto de graduación.

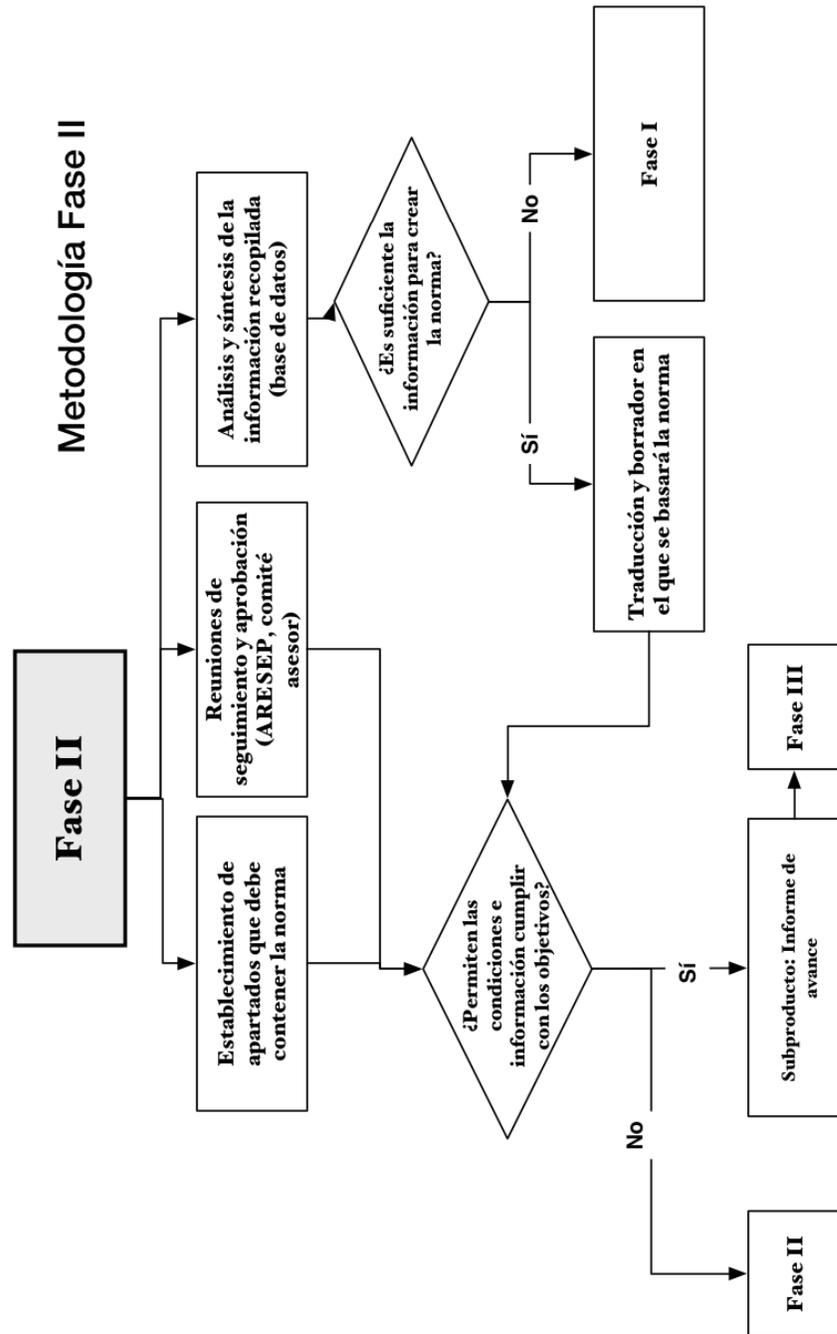


Figura 1.2. Fase II de la metodología empleada en el proyecto de graduación.

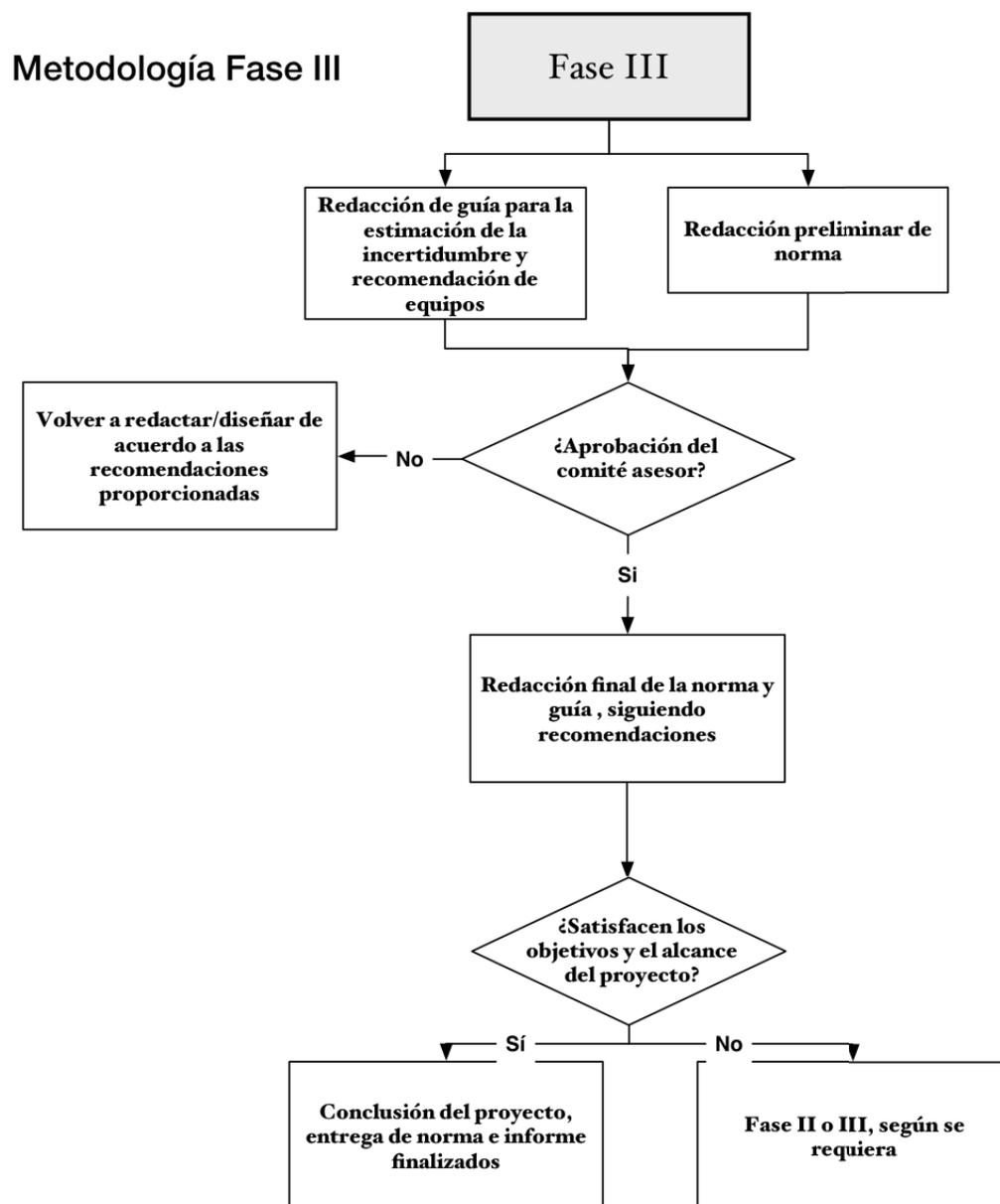


Figura 1.3. Fase III de la metodología empleada en el proyecto de graduación.

La metodología constó de tres fases principales: una de investigación y recopilación de información, la segunda de análisis de la información recolectada, estructuración del contenido de la norma y la guía para la estimación de la incertidumbre y una tercera fase que consta de la redacción final de la norma y la guía mencionada.

En la primera fase se realizó una investigación bibliográfica de trabajos, proyectos y normativas relevantes al tema del proyecto. La recopilación de una base de datos con información acerca del tema es de gran importancia para lograr redactar una norma que cubra las necesidades del país, por lo que la Fase I del proyecto fue decisiva en el grado de calidad final que se obtuvo. Por ende, fue necesario, al haber terminado con esta parte, hacer una evaluación objetiva de la información recopilada para decidir si ella permite redactar una norma y guía que se ajustara a las necesidades país con una visión de mediano y largo plazo. En esta fase también fue vital la comunicación con el comité asesor, así como terceros expertos en el tema, ya que de esta manera se logró encausar el trabajo en un rumbo correcto. La gran extensión de la fase I refleja su importancia dentro del esquema metodológico global, y de ahí que tomará una gran cantidad de tiempo para completarla. El subproducto de esta etapa del proyecto fue borrador de avance con lo investigado, así como la base de datos sobre la que se basó el proyecto.

La fase dos de la metodología involucró un análisis y síntesis de la información, ya que a pesar de que en la primera parte se realizó una recopilación extensiva, fue necesaria una profundización aún mayor en la categorización y ordenamiento de los documentos y trabajos encontrados. En esta fase también fue necesario tomar perspectiva con respecto a las capacidades y la infraestructura con la que cuenta actualmente el país, de manera que fue posible incorporar estas realidades al proyecto. De la misma manera, fue necesario darle otro enfoque a la parte de diseño de pruebas de campo y laboratorio, a partir de lo aprendido a través de la información analizada.

En la tercera fase metodológica se dio conclusión al proyecto, al presentar los documentos finales tanto de la normativa propuesta, como de la guía para la estimación de incertidumbre. Este proceso fue iterativo, de modo que una vez finalizado cada

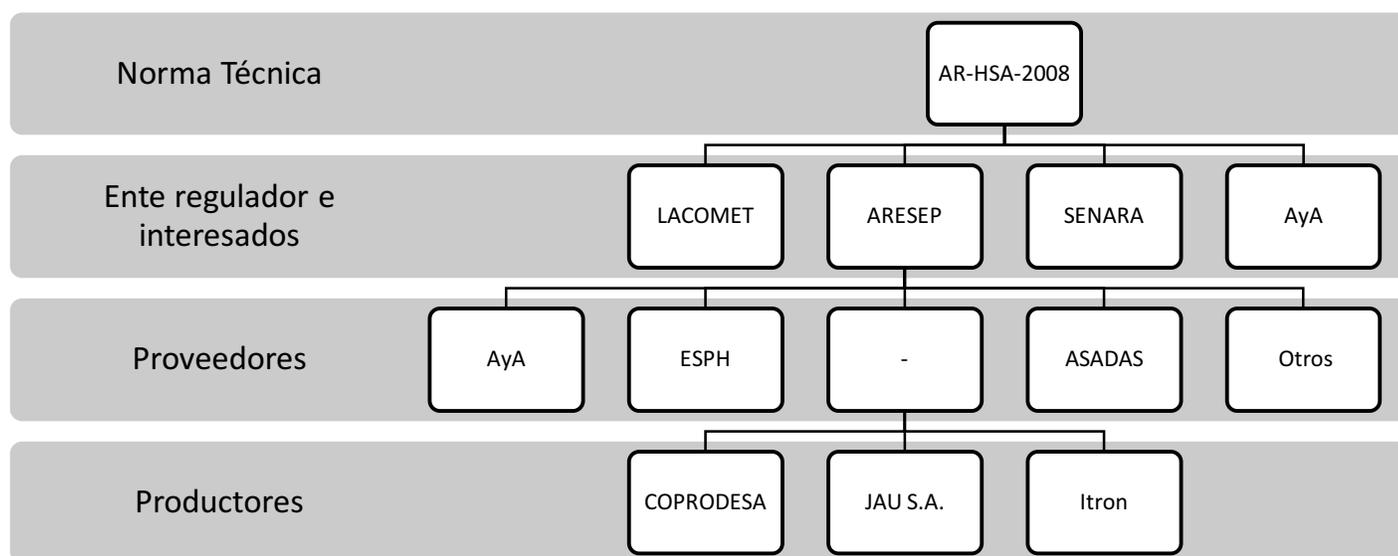
borrador estos se entregaron para una revisión por parte del comité asesor y autoridades relevantes, y luego fue redactado nuevamente de acuerdo a las recomendaciones realizadas por ellos.

2. Descripción y análisis de las normativas vigentes

2.1. Descripción general de la norma AR-HSA-2008

La norma nacional existente, AR-HSA-2008, toca muchos de los temas necesarios para considerarse una buen documento técnico que regule la instalación y funcionamiento de los medidores de agua, pero falla en su profundidad en algunos de estos temas.

La organización para la redacción de este tipo de normas influencia en gran manera el producto final. El organigrama actual para la creación de normativas sobre el recurso hídrico es el siguiente:



En cuanto a la normativa actual, la sección de Generalidades explica la terminología a emplear a lo largo del documento, así como determina el propósito, alcance y las normas supletorias a ella. En el capítulo dos, la norma enumera las responsabilidades de la Autoridad Reguladora (ARESEP) en lo que concierne a la medición del consumo de agua potable. "El sistema

de medición del servicio de agua potable” es el título de la sección tres de la norma, en donde se determinan las responsabilidades de parte del prestador del servicio hacia el sistema de medición, dejando en claro la obligatoriedad de una medición transparente y justa. En el capítulo cuatro, la norma explica los requisitos metroológicos de los hidrómetros, separando estos en dos categorías: hidrómetros con una capacidad máxima de medición de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ e hidrómetros con capacidad máxima superior a $3 \text{ m}^3/\text{h}$. La sección describe otras características técnicas adicionales.

El capítulo 5, Adquisición de hidrómetros, indica todos los requisitos para la introducción de nuevos modelos de medidores de agua a la red de medición nacional. Por medio de este apartado la norma se asegura que se cumplan con los requisitos de calidad para cualquier nuevo equipo. La sección 6 habla sobre las condiciones para la selección del hidrómetro a instalar en cada una de las conexiones realizadas por el prestador del servicio. En el capítulo 7, ubicación del hidrómetro, se dan algunas indicaciones que permitan el óptimo funcionamiento del equipo, así como una fácil lectura del consumo. La siguiente sección trata sobre la instalación y protección del equipo, siguiendo los criterios de la norma ISO 4064-2. “Mantenimiento del sistema de medición” es el nombre del capítulo 9, en el cual se indican los alcances de mantenimiento que tiene el prestador, además de indicar la obligatoriedad de un sistema de mantenimiento supervisado por la autoridad reguladora.

De acuerdo al capítulo 10, “Catastro de hidrómetros”, el prestador del servicio debe establecer un registro que permita conocer los datos técnicos, localizaciones y niveles de precisión de los hidrómetros. En la siguiente sección, “Verificación del funcionamiento de los hidrómetros”, se indican los métodos autorizados, la necesidad de que cada prestador cuente con un laboratorio-taller y las actividades de estos. En esta sección también se regula la manera en que se verifica el funcionamiento del equipo en sitio, utilizando hidrómetros de referencia. Las pruebas y ensayos para medidores de agua se regulan en el capítulo 12, donde se indican las pruebas necesarias a realizarse para la adquisición de nuevos hidrómetros. El capítulo detalla los errores máximos y las condiciones bajo las cuales se deben realizar las pruebas de estanqueidad, presión y la determinación de la curva de error. La sección 13 de la norma indica el procedimiento para la determinación de la exactitud de hidrómetros en sitio, utilizando medidores de referencia. Por último, el capítulo 14 enumera las disposiciones finales, tocando temas tales como conflictos e interpretaciones, sanciones y vigencia de la norma.

2.1.1. Aciertos en el contenido de la norma

La introducción de la norma explica de excelente manera la razón de su existencia, explicando como la regulación del consumo de agua permite un cobro justo, una utilización eficiente del recurso, un control del balance del agua, entre otros beneficios. Esta sección denota que la redacción de la norma se realizó con las mejores intenciones, apuntando hacia una conservación del recurso sin provocar desabastecimientos.

Uno de los aciertos de la norma es la inclusión del capítulo 7, donde se regulan las condiciones de la ubicación del medidor, ya que aunque se inviertan los recursos para adquirir los equipos necesarios y realizar la instalación de la infraestructura necesaria, si el hidrómetro no se coloca de manera que se tenga acceso adecuado para su lectura y mantenimiento, buscando obtener buenas lecturas y este funcione correctamente, entonces el sistema de medición no tendría utilidad. De igual manera el capítulo 8, donde se establecen los criterios de instalación y protección del equipo, principalmente debido a que un sector de la población aún ve la medición de los consumos como algo negativo.

La sección 12 establece los ensayos a realizar antes de adquirir o instalar nuevos hidrómetros. Estos ensayos mínimos son:

- Inspección visual del hidrómetro.
- Prueba hidrostática (de estanqueidad).
- Prueba de presión (de pérdida de carga).
- Determinación de la curva de error en función del caudal.

La inclusión de estas pruebas, como mínimo, en la normativa, obliga a los prestadores del servicio a ofrecer equipo con cierto nivel de calidad.

Una excelente sección de la norma es el capítulo 13, "Procedimiento para la determinación de hidrómetros en sitio". A través de la investigación realizada, se pudo conocer que los recursos invertidos en la verificación del buen funcionamiento de los hidrómetros es considerable. Lo anterior ya que los clientes tienden a culpar al equipo de medición cuando se les cobra grandes facturas debido al consumo del agua, cuando la mayoría de estos casos se deben a fugas internas y problemas a nivel de la red privada del hogar. La inclusión de este capítulo le da un arma a los

prestadores del servicio para defenderse ante estos reclamos, de una manera transparente y justa.

2.1.2. Deficiencias en el contenido de la norma

Como se expuso anteriormente, la norma técnica de hidrómetros para el servicio de acueducto: AR-HSA-2008 tiene muy buenas intenciones en su propósito, pero falla en la profundidad de algunos temas. Este caso se vuelve crítico en algunos apartados, tales como en el apartado i del artículo 17, capítulo 4 de la norma y el apartado b del artículo 53, capítulo 12, en donde se hace referencia a otras normas internacionales para el cumplimiento de la nacional. El tener que referirse a otros documentos constantemente, además de tedioso, puede causar errores a la hora de seguir instrucciones, principalmente porque algunas de estas normas no tienen traducción oficial al español.

Una descripción más a fondo, así como instrucciones específicas, en la sección de pruebas de ensayo permitiría asegurar la homogeneidad de las pruebas y la igualdad de condiciones en los laboratorios. Esto ya que aunque la mayoría de laboratorios nacionales se apegan a normas internacionales tales como la ISO 9000 e ISO 4064, las interpretaciones de estas últimas podrían darse de manera diferente, además de que su obtención podría ser difícil y de alto costo para algunos entes que no cuenten con muchos recursos. De la misma manera se necesita una explicación más a fondo de los requisitos de instalación para los medidores, especialmente en un país donde las condiciones previas a esta no siempre son las óptimas. Por ende, evitar irregularidades y perturbaciones en el flujo a través de la correcta instalación del equipo se vuelve crítico.

A pesar de que la norma es un documento técnico, su formato y contenido la hace tener un cierto traslape con un reglamento, tanto así que el enfoque de la misma se pierde en algunas de sus secciones. La separación de lo legal y lo técnico en este tipo de documentos permitiría un mejor flujo del contenido, por lo que es esencial redactar el trabajo como una normativa técnica y no un reglamento.

Finalmente, es necesaria la inclusión de los más recientes sistemas de medición tales como el electromagnético y el ultrasónico, los cuales se encuentran en uso actualmente en el país pero caen fuera de la normativa. La regulación de estos equipos se vuelve más importante aún

al saber que su uso principal se da en consumidores de grandes volúmenes de agua, tales como empresas industriales cuyos caudales de consumo son extremadamente variables y para los cuales un medidor de agua con tecnología mecánica perdería mucha información.

2.1.3. Identificación de necesidades y soluciones

La necesidad más clara es la de profundizar en los temas tales como instalación y pruebas de los hidrómetros, de manera que los procedimientos sean lo suficientemente claros y detallados como para evitar errores innecesarios en ellos. Una solución práctica para una mejor explicación de los ensayos en medidores es la incorporación de apartados tales como preparación del ensayo, equipo necesario, procedimientos de ensayo y criterios de aceptación para cada una de las diferentes pruebas a realizar. En cuanto a la instalación, es necesaria la incorporación de un apartado que explique a fondo los requisitos de la tubería cerca al medidor, de manera que se eviten perturbaciones en el flujo que afecten el resultado de la medición.

Una nueva norma debe redactarse de manera que sea un documento de referencia casi único, el cual no necesite de normas complementarias para su uso efectivo. Así mismo, debe desligarse parcialmente la parte legal, apegándose la norma propuesta a la parte técnica de manera que el flujo de la lectura no se vea detenido.

La utilización de otras normas como base para la nueva normativa nacional podría ser una excelente solución, permitiendo filtrar el contenido de cada una de ellas al tomar las mejores secciones e incorporarlas en un solo documento. Este producto se debe modificar y ampliar de manera que se apegue completamente a la realidad y necesidades del país.

2.2. Normativa vigente internacional

2.2.1. Descripción general del contenido de las normas relevantes

Un antecedente de suma importancia para el desarrollo del proyecto es la normativa ISO 4064:2005 la cual regula los medidores de flujo para agua potable fría y caliente. ISO, Organización Internacional para la Estandarización por sus siglas en inglés, es el líder mundial en el desarrollo de estándares internacionales voluntarios, los cuales permiten romper las barreras internacionales a través de un consenso global. Esta norma se divide en tres secciones:

1. **ISO 4064-1: "Water meters for cold potable water and hot water -- Part 1: Metrological and technical requirements"**. En esta sección, se especifica la terminología, las características técnicas, las características metroológicas y los requerimientos de pérdida de presión para los medidores de flujo. También aplica para hidrómetros basados en principios eléctricos o electrónicos para la medición del flujo. En general, esta norma aplica para medidores de flujos de agua sin importar la tecnología que empleen para su fin, y que tengan por objetivo la medición continua del volumen de agua que fluye a través de ellos.
2. **ISO 4064-2: "Water meters for cold potable water and hot water -- Part 2: Installation Requirements"**. La segunda parte de esta norma especifica los criterios para la selección del tipo de medidor, su instalación, requerimientos especiales y la primera operación de medidores nuevos o reparados que asegure una medición constante y confiable del flujo.
3. **ISO 4064-3: "Water meters for cold potable water and hot water -- Part 3: Test Methods and Equipment"**. Como su nombre lo indica, la sección tres se relaciona con los métodos de prueba y los medios que se deben emplear para determinar las principales características de los medidores de flujo.

Otra fuente importante de antecedentes del problema, son las normativas internacionales de países con cierta semejanza a las características de infraestructura del nuestro. En esta línea tenemos la norma metroológica peruana: "Medición de Flujo de Agua en Conductos Completamente Llenos. Medidores para agua potable fría y caliente. Segunda edición, 2011". La norma como tal se basa en el estándar ISO 4064:2005, anteriormente mencionado, y se desarrolla de la siguiente manera:

- I. **Parte I – Especificaciones:** En esta parte la normativa señala sus objetivos, alcance, referencias normativas, términos a emplear, características técnicas, requisitos metroológicos, entre otros.
- II. **Parte II – Requisitos de instalación:** La segunda parte de la norma peruana especifica los criterios para la selección de los medidores, los accesorios adicionales, su instalación, etc. Esencialmente siendo una contraparte en español a la normativa ISO 4064.

III. Parte III – Métodos y equipos de ensayo: Siguiendo la línea del estándar internacional, esta sección cubre los métodos de ensayo y los medios a emplear para la determinación de las características principales de los medidores de agua.

Siguiendo con el ámbito internacional, un antecedente importante es la normativa chilena "Medición de caudal de agua en tuberías cerradas completamente llenas - Medidores para agua potable fría y agua caliente". A pesar de que este reglamento es fundamentalmente una traducción de la misma norma ISO que se utilizó en su contraparte peruana, contiene una sección en donde se detallan y se explican los cambios editoriales de las secciones en donde la norma ISO 4064 no fue posible aplicarse debido a la falta de reglamentos complementarios a nivel nacional.

De manera similar encontramos la normativa mexicana referente al tema, la cual cuenta con el mismo nombre que la normativa chilena pero presenta un menor grado de profundidad técnica.

La normativa brasileña le da un enfoque diferente a la normativa de los medidores de agua, intentado ser más práctica. El documento *NBR NM 212, Medidores velocimétricos de agua fría até 15 m³/h* se divide en las siguientes secciones:

1. Objetivos

Como su nombre lo describe, esta sección plantea lo que se quiere conseguir con la normativa, así como establece que tipo de medidores regula la misma.

2. Referencias normativas

En esta parte de la norma, se enumeran todas las fuentes normativas que se citan a través del documento, siendo estas de entes tales como la ISO, ASTM e IEC.

3. Definiciones

La parte de Definiciones explica ampliamente los términos técnicos empleados en la norma, de manera que esta pueda ser interpretada tanto por una persona con conocimiento técnico como por una que no lo tenga.

4. Características técnicas

Esta sección establece características que debe tener un medidor que vaya a utilizarse en Brasil, tales como: dimensiones, materiales, dispositivos, entre otros.

5. Características metrológicas

En esta parte de la normativa se habla sobre los errores máximos permisibles (EMP) y las tres clases metrológicas que se contemplan, de acuerdo al caudal mínimo de los medidores.

6. Funcionamiento prolongado

La sección de funcionamiento prolongado toca los temas de desgaste acelerado, desviación de los EMP y la corrosión causados por un flujo de agua por una cantidad de tiempo considerable.

7. Marcado, inscripción y embalaje

Como su nombre lo explica, esta sección lidia con las indicaciones que debe contener el medidor de manera que se pueda diferenciar a simple vista su marca, modelo, clase metrológica, año de fabricación, número de serie, entre otros.

8. Métodos de ensayo

Posiblemente la parte más relevante para la presente investigación, la parte de métodos de ensayo detalla la manera en la que deben llevarse a cabo los experimentos necesarios para validar un nuevo modelo de hidrómetro o para revalidar un modelo existente.

Anexos

Existen dos anexos dentro de esta norma brasileña. El primero explica el procedimiento a seguir para la inspección y recepción de lotes de hidrómetros posterior a su aprobación de modelo. El anexo B establece las bases técnicas para la compra de hidrómetros por parte del estado.

La norma *Medidores de água potável - Ensaio para avaliação de eficiência* especifica el criterio y los procedimientos para evaluar la eficiencia de medidores de agua potable fría con un flujo permanente de hasta 25 m³/h:

1. Alcance

Como se describió anteriormente, esta norma es válida para medidores de agua potable fría con un flujo permanente de hasta 25 m³/h, de acuerdo a su alcance.

2. Referencias normativas

En esta sección se hace referencia a la norma ISO 4064, así como a la norma brasileña NBR 5426 la cual tiene que ver con planos de muestreo y procedimientos para la inspección por características.

3. Términos y definiciones

En esta parte se explican los términos básicos necesarios para poder interpretar la normativa y hacer uso de ella.

4. Requisitos generales

La parte de requisitos generales enumera las condiciones metrológicas y ambientales necesarias para llevar a cabo cualquiera de los ensayos.

5. Ensayos

La sección de ensayos es la parte principal de la norma, en donde se indican los objetivos, procedimientos y los criterios de aceptación para cada una de las siguientes pruebas:

- a. Determinación del índice de desempeño de medición
- b. Blindaje magnético
- c. Impermeabilidad del dispositivo indicador
- d. Resistencia de cúpula
- e. Torsión

Anexos

La última sección de la norma se divide en tres partes: el anexo A el cual indica un diseño esquemático de un banco de pruebas para el ensayo de desgaste cíclico, el anexo B que muestra un ejemplo de cálculo del índice de desempeño del medidor y el anexo C el cual explica el procedimiento para la creación de un perfil de consumo.

2.2.2. Identificación de secciones a incorporar en la normativa propuesta

De acuerdo a la investigación realizada, la normativa propuesta debe contener tres apartados fundamentales presentes en la mayoría de normas internacionales:

- Especificaciones técnicas y metrológicas
- Requisitos de instalación
- Pruebas de ensayo

La inclusión de estas tres secciones garantiza que se cubran las partes fundamentales para garantizar un buen funcionamiento del sistema de medición local. El contenido específico de cada uno de estos capítulos dependerá de la depuración del texto final, el cual tomará como base la norma ISO 4064:2005.

3. Descripción de la norma técnica propuesta y guía para la estimación de incertidumbre.

3.1. Descripción de los apartados en la norma propuesta

Parte 1: Especificaciones.

1. Alcance y propósito

La primera sección de la parte 1 de la normativa indica para que rangos de tipo de hidrómetros aplica esta y que objetivos se planean cumplir a través del texto.

2. Normas complementarias

Esta parte indica las normas que se deben de tomar en cuenta para la aplicación del documento y aquellas utilizadas como base para la creación de la normativa.

3. Términos y definiciones

La sección divide los diferentes términos a utilizar a través de la primera parte de la norma en varias categorías: El medidor de agua y sus partes, Características metrológicas, Condiciones de operación, Condiciones de prueba y Equipo electrónico y eléctrico. Esta división brinda una forma más sencilla de encontrar definiciones técnicas cuyo significado podría no ser claro.

4. Características técnicas

En esta parte de la norma se discuten temas tales como tipos de conexión y dimensiones del medidor e indica la máxima pérdida de presión admisible dependiendo de la clase del medidor.

5. Requisitos metrológicos

En la sección 5, la norma regula las condiciones metrológicas de los medidores tales como error máximo permisible (EMP), condiciones nominales de operación (rangos de presión, temperatura, humedad y voltaje admisibles), límites de sensibilidad a perturbaciones y requisitos para dispositivos electrónico.

6. Requisitos técnicos

Finalmente, la sección 6 de la norma trata sobre requisitos de los medidores que afecten su resistencia y permitan la protección contra interferencia de terceros, así como permitan una correcta toma de datos, una buena protección contra daños de terceros y describan el medidor explícitamente.

Parte 2: Requisitos de instalación

1. Alcance y propósito

En esta primera sección se indica que la parte 2 de la normativa tiene por objetivo establecer los requisitos de instalación, de manera que se asegure una medición exacta y constante, así como una lectura confiable del medidor. También se explican cuales principios de funcionamiento de los medidores cubre la norma.

2. Normas complementarias

Al igual que el capítulo 1 de la norma esta parte indica las normas que se deben de tomar en cuenta para la aplicación del documento.

3. Términos y definiciones

En la segunda parte de la norma se explican algunos términos generales, sin realizar subdivisiones. Esto ya que la cantidad de definiciones es poca, y no amerita la utilización de subtítulos.

4. Criterios para la selección de los medidores

La sección 4 define como seleccionar el tipo de medidor a utilizar en un lugar determinado, de manera que se tomen en cuenta las condiciones de operación del medidor, ya que, por

ejemplo, es sumamente diferente un medidor volumétrico trabajando bajo un flujo con gran cantidad de sólidos que un medidor de chorro bajo las mismas condiciones. Adicionalmente se detallan las situaciones en que trabaje más de un medidor a la vez, ya sea en serie o en paralelo, y la información que debe proveer el fabricante del equipo.

5. Accesorios asociados

En la sección 5 se detallan los accesorios (válvulas, rectificadores de flujo, entre otros) que es permitido utilizar tanto aguas arriba como aguas abajo del medidor.

6. Instalación

La parte 6 es la esencia del segundo capítulo de la norma ya que explica las condiciones de instalación necesarias para un óptimo funcionamiento del equipo, además también define las precauciones a tomar en cuenta para evitar daños por desmantelamiento del equipo de medición y sus accesorios.

7. Perturbaciones hidráulicas

Esta sección explica los tipos de perturbaciones posibles que puedan afectar a un medidor, así como sus diferentes causas y la forma en que pueden evitarse. Al final de la sección se indican las consideraciones a tomar antes de la instalación, de manera que los factores de las perturbaciones, tales como distorsiones en el perfil de velocidad y remolinos, puedan evitarse.

8. Primera operación de medidores nuevos o reparados

La sección 8 detalla la manera en que se debe proceder durante el inicio de operaciones del medidor. Además de enumerar los cuidados a tener en esta primera prueba, la sección indica los cuidados que debe tener el personal al instalar equipos en lugares de difícil acceso y las medidas de seguridad que deben dejarse implementadas para evitar un rápido deterioro del equipo.

Parte 3: Equipos y métodos de ensayo

1. Alcance y propósito

La primera sección de la parte 3 de la normativa detalla que el alcance y propósito de esta es especificar los métodos de ensayo a ser empleados para determinar las características de los hidrómetros y su aptitud para uso nacional. Así mismo indica a que tipos de medidores, bajo que rangos de presión, diámetros nominales y temperatura de agua aplica la norma.

2. Normas complementarias

Al igual que en los capítulos anteriores de la norma, esta parte indica los documentos a tener en cuenta para la aplicación del documento.

3. Términos y definiciones

Los términos y definiciones del capítulo 3 son relativamente pocos, ya que se apoya también en la misma sección del capítulo 1 y el capítulo 2.

4. Requisitos comunes para todos los ensayos

En esta sección se detallan los requisitos preliminares, del agua la ubicación y se especifican las condiciones de referencia (tales como caudal, rango de temperatura ambiente, rango de temperatura del agua, voltaje de la fuente de poder, rango de presión, entre otros).

5. Ensayos para determinar errores de indicación

La sección 5 del capítulo 3 describe los diferentes ensayos utilizados para comparar las indicaciones dadas por el medidor bajo prueba contra un dispositivo calibrado de referencia. En ella se toman en cuenta la configuración del banco de pruebas, la tubería, el dispositivo de referencia entre otros para la realización de ensayos tales como los de presión, de temperatura, de flujo inverso, entre otros.

6. Ensayos de presión estática

En la sección 6 se describe la preparación, el procedimiento, y los criterios de aceptación para la realización de la prueba de presión estática, la cual tiene por objetivo verificar que el medidor pueda soportar su presión hidráulica especificada.

7. Ensayos de pérdida de presión

Esta sección explica la preparación, el procedimiento y los criterios de aceptación del ensayo de pérdida de presión, cuyo objetivo es asegurar que la pérdida de presión en cualquier medidor no exceda 0,063 MPa en un rango entre el caudal mínimo y el caudal permanente.

8. Ensayos de durabilidad

En la sección *Ensayos de durabilidad* se describen los ensayos de: flujo continuo, flujo discontinuo, impermeabilidad, resistencia de la cúpula y torsión. Todos estos ensayos apuntan a verificar la integridad del dispositivo medidor para periodos extendidos de tiempo, así como bajo condiciones físicas extremas.

9. Ensayos de rendimiento para medidores electrónicos y medidores mecánicos equipados con dispositivos electrónicos

La parte 9 del capítulo 3 define los ensayos de rendimiento que están destinados a verificar que los medidores con dispositivos electrónicos funcionen y se desempeñen según lo previsto en un ambiente especificado y bajo condiciones reglamentadas. Estos ensayos aplican tanto a medidores completos como a sus partes por separado y dispositivos auxiliares, de ser necesario.

10. Ensayo de campo para la verificación del error de indicación de un medidor

En la sección 10 se describe el procedimiento para la realización del ensayo de campo para verificar el error de indicación de un medidor instalado. Esta prueba aplica principalmente para reclamos hechos por parte de los usuarios a los proveedores del servicio.

11. Programa de ensayo para la aprobación del modelo

Esta sección detalla el formato del programa de ensayo a seguir para la aprobación de nuevos tipos de medidores. En el se incluyen los ensayos de presión, de error de indicación, de temperatura, entre otros.

12. Ensayos para la verificación inicial

La sección 12 expone los ensayos a realizarse en medidores que hayan pasado las pruebas de aprobación, los cuales son: ensayo de presión estática, medición del error de indicación y ensayo de temperatura del agua. Estos ensayos deben realizarse previo a la utilización de los medidores en la red de agua potable.

13. Reporte de ensayo

En la sección 13 se especifica el reporte a redactar después de haber realizado los ensayos pertinentes a un modelo de medidor específico. Este reporte apunta a respaldar los resultados de ensayo y toda la información relevante de manera precisa, clara y sin ambigüedades.

3.2. Descripción de la estructura de la guía para la estimación de la incertidumbre.

1. Alcance y propósito

En la primera sección de la guía se explica su propósito, el cual es el de establecer los lineamientos a seguir para calcular la incertidumbre durante los ensayos y calibraciones de los medidores de agua conservando los límites establecidos por la normativa nacional.

2. Referencias bibliográficas

En esta sección se indican las fuentes bibliográficas utilizadas para la elaboración de la guía para la estimación de la incertidumbre, las cuales pueden consultarse en caso de requerir información detallada.

3. Definiciones

La sección 3 enumera algunas definiciones útiles para la interpretación de la guía, de manera que el lector se familiarice o refresque términos que puedan resultar de poco uso común.

4. Introducción

En la sección de introducción, se habla acerca del proceso de la medición, sus limitaciones, la incertidumbre del mensurando, entre otros temas que permiten adentrarse en el tema desarrollado.

5. Incertidumbre

La sección 5 detalla lo que es la incertidumbre, al tocar temas como: tipos de evaluación de la incertidumbre, distribuciones de probabilidad y coeficientes de sensibilidad. A través de este capítulo se desarrollan los temas necesarios para comprender la utilidad y necesidad de una buena estimación de incertidumbre, así como sus fuentes y las herramientas disponibles para su cálculo.

6. Procedimiento para el cálculo de la incertidumbre

Esta sección enumera los pasos a seguir, de manera resumida, para lograr realizar una estimación de la incertidumbre medida en laboratorio. Este sirve como un resumen del procedimiento a seguir, de manera que el usuario pueda consultarlo a modo de guía al momento de realizar las calibraciones y ensayos.

7. Método para el cálculo de la incertidumbre en laboratorio

En el capítulo 7 se describe un método para el cálculo de la incertidumbre de los medidores de agua en laboratorio. Este puede llegar a ser muy útil en laboratorios cuyos bancos de prueba no se encuentran completamente digitalizados o son hechos en sitio.

8. Límites de incertidumbre

En la última sección de la guía se enumeran los límites de incertidumbre establecidos por la normativa nacional para cada uno de los ensayos pertinentes en medidores de agua.

4. Recomendación de equipo a utilizar en laboratorio

De acuerdo a la investigación realizada, la eventual adquisición de un banco de pruebas debe poder evaluar medidores con diámetros nominales de DN 15 y DN 20, como mínimo y cumplir

con la norma técnica propuesta en este proyecto (o por lo menos cumplir con la normativa ISO 4064:2005).

El banco de pruebas debe constar de tres partes principales: sistema de medición, sector de bancada y sistema de control. La constitución y función de cada uno se explica a continuación:

1. Sistema de medición

En esta sección, deben presentarse los equipos que permitan controlar, medir, recolectar y registrar el agua a usar durante los ensayos y calibraciones en los medidores. Este sistema debe de poder medir caudales entre los siguientes rangos:

- 0 – 20 l/h
- 100 – 200 l/h
- 200 – 5000 l/h

Este flujo debe pasar a través de caudalímetros digitales, que utilicen el Sistema Internacional y tres decimales, independientes entre el tanque de pesaje y la bancada. La balanza debe permitir pruebas de hasta 200 litros, contar con una resolución de pantalla que permita leer miligramos y ser de acero inoxidable.

El tanque de pesaje, sobre la balanza, debe escurrir el agua completamente de manera que no se acumulen sedimentos en su interior. Adicionalmente, debe incluir una válvula que permita una rápida evacuación del agua.

El sistema de medición debe incluir sensores de temperatura, presión, higrómetro, así como cualquier otro tipo de sensor que permita obtener información útil a partir de los ensayos o realizar los cálculos correspondientes.

2. Sección de banco

En esta sección se encuentran las tuberías y accesorios necesarios para dirigir los caudales de prueba, filtrar el líquido y colocar los medidores de agua de manera estable y segura.

Esta sección debe contener como mínimo:

- 10 espacios para la prueba en serie del mismo número de hidrómetros, con diámetros nominales DN 16 y DN 20 y longitudes de hidrómetros posibles de 110 mm, 165 mm y 190 mm.
- Los accesorios necesarios para la fijación del equipo bajo prueba, con longitudes y diámetros internos que garanticen un flujo liminar. También debe contener desviadores de flujo lateral que permitan ajustar las lecturas para cada medidor de manera independiente.
- Una bomba que permita controlar el caudal requerido, al ser controlada por un variador de frecuencia eléctrico, garantizando una presión constante de trabajo de 5.6 bar durante las pruebas y calibraciones.
- Un taque de reserva que garantice la continuidad de las pruebas de larga duración, mediante un sistema de recirculación.
- Un sistema neumático o hidráulico que permita fijar los hidrómetros herméticamente en sus posiciones.
- Un filtro para el agua a utilizar durante las pruebas, que permita retener las partículas potencialmente dañinas para el equipo de ensayo y el equipo bajo prueba.

3. Sistema de control

El sistema de control está constituido por una computadora que ejecute comandos y algoritmos para la realización de los ensayos necesarios, y de la misma manera unifique las señales de entrada de los sensores y las convierta en datos útiles.

Esta sección debe contener como mínimo:

- Controles que permitan operar las válvulas de control y regular los caudales, así como cualquier otro tipo de accesorio pertinente.
- Un medio de entrada de datos inalámbrico (teclado, dispositivo móvil, o similar).
- Software que permita la realización de pruebas pre-programadas, cálculo del error y exportación e impresión de resultados y datos. Este debe permitir una correcta interacción con el proceso de pruebas, de manera que estas se realicen de acuerdo a lo establecido por la norma nacional. El software debe permitir un acceso a la

configuración de parámetros tales como: intervalos de tiempo de ejecución de pruebas, rangos de activación de alarmas en los instrumentos de medición, creación y modificación de usuarios en el sistema, calibración de los instrumentos de medición y rangos óptimos de los caudalímetros.

- Una pantalla que muestre los valores proporcionados por los instrumentos de medición requeridos por la norma ISO 17025 en tiempo real, para la evaluación de su rendimiento y valores de salida.

Además de los requisitos técnicos presentados anteriormente, el banco de pruebas debe ser instalado y puesto en marcha por primera vez por el proveedor. Posterior a ello, se debe realizar una capacitación del personal que vaya a utilizar el equipo, de manera que al finalizarla los participantes puedan operar satisfactoriamente el equipo y realizar las pruebas para las cuales este fue adquirido.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

A través del desarrollo del presente trabajo fue posible conocer el estado, en temas de equipo y conocimiento, en que se encuentran algunos de los prestadores del servicio a lo largo del país. El AyA y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) son punta de lanza en lo que respecta a adquisición de equipos y capacitación de personal, al trabajar muy de cerca con proveedores y empresas transnacionales. En línea con lo anterior, el desarrollo de la red de agua potable en la GAM y su sistema de medición asociado ha sido bastante fuerte ya que este se evalúa constantemente, al realizarse cambios periódicos de equipos e instalación de medidores de mejor calidad y tecnología. No es posible decir lo mismo de algunas áreas fuera del Valle Central, ya que los proveedores del servicios de agua potable en muchas de estas zonas, las Asociaciones Administradoras del Sistema de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS), no han contado con el recurso humano y económico necesario para una adecuada implementación de la normativa nacional vigente. Una evidencia clara de su nivel de desarrollo es el sistema de cobro de muchas de ellas, en donde se factura una cuota fija mensual en lugar

de cobrar el consumo real de cada uno de los clientes. Esto es contraproducente, ya que induce al gasto desmedido del recurso y no permite la contabilización del agua utilizada.

La concepción de las ASADAS en la década de los setentas se dio debido a una falta de desarrollo de la red nacional de agua potable, la cual impedía el acceso de comunidades rurales a recurso hídrico. Estas asociaciones funcionaron de manera efectiva durante mucho tiempo, actuando como parche de la ineficacia en la gestión del manejo del agua, pero el avance tecnológico y la necesidad de un mejor control del recurso hídrico las ha vuelto anticuadas. En las ASADAS, el poco interés y participación de la comunidad no permite renovar a los dirigentes encargados, así como no existen planes de capacitación que permitan conocer las nuevas tecnologías y normativas, lo cual entorpece el proceso de gestión y aumenta la barrera de conocimiento.

La falta de comunicación y transparencia de las juntas directivas en las ASADAS hacia su comunidad dificulta el inculcar una cultura de medición, que sensibilice a la gente sobre la importancia de su sistema de abastecimiento de agua potable. Es por ello que es necesario destinar un mayor flujo de recursos a las ASADAS, de manera que puedan adquirir equipo de medición adecuado, retener el personal indicado y cumplir con la normativa vigente. Al mismo tiempo en que se piensa en la implementación de una normativa nacional es vital resolver el problema de infraestructura del sistema de medición de agua potable, ya que si los proveedores no cuentan con los recursos para cumplir con las normativa entonces da lo mismo que esta exista o no. Este proceso debe ser paralelo, de manera que los proveedores del servicio tengan tanto las herramientas como la normativa a seguir.

En el país más de un 45 % del agua no se contabiliza (Contraloría General de la República, 2012), debido ya sea a fugas, falta de infraestructura o conexiones ilegales, lo cual incide de manera negativa en la capacidad del sistema de abastecimiento de agua potable. Esta nueva normativa y guía intentan disminuir este porcentaje de manera que la medición de agua se vuelva parte de nuestra cultura como país, ya que es necesario realizar una mejor administración del recurso hídrico, especialmente al empezar a ser mayor la demanda que la capacidad del sistema.

A partir de la investigación realizada fue posible redactar una propuesta de norma técnica nacional de medidores de agua basada en la normativa ISO 4064:2005 y con los aportes de normativas tales como la *NBR NM 212, Medidores de água potável - Ensaio para avaliação de*

eficiencia y Medición de Flujo de Agua en Conductos Completamente Llenos. Medidores para agua potable fría y caliente, sin dejar de lado la norma nacional *AR-HSA-2008* vigente. La escogencia de la norma ISO 4064 en su versión 2005 como base del proyecto se dio debido a su alto grado de adopción a nivel mundial, ya que la mayoría de proveedores y entes reguladores la utilizan actualmente. Esta normativa intenta abarcar las posibles situaciones a las que se enfrentan los prestadores del servicio día a día y servirá de base para la redacción de la normativa final por parte de un comité técnico liderado por la ARESEP y acuerpado por el AyA, ESPH, las diferentes asadas, INTECO, entre otros entes interesados.

Al seguir la estructura básica de la normativa ISO 4064:2005 fue posible cumplir con los objetivos específicos establecidos en la propuesta del presente proyecto. Esto ya que en el capítulo 1 y el capítulo 2 de la propuesta de norma se establecen las especificaciones técnicas para el dimensionamiento, ubicación, instalación, protección, mantenimiento y adquisición de hidrómetros, así como también se describen las condiciones bajo las que se debe desarrollar la medición y el registro del consumo de agua. En la sección 2 de la normativa propuesta se discuten los criterios para la selección del equipo de medición, a partir de los cuales se regulan el sistema en general. Por otro lado, el capítulo 3 de la propuesta de norma cumple con el objetivo de especificar las condiciones técnicas para los ensayos de los hidrómetros.

Uno de los objetivos específicos de la propuesta del proyecto final de graduación era el diseño de pruebas de campo y laboratorio para medidores de agua potable. Esta fue modificada ya que al desarrollarse la investigación fue posible darse cuenta que las pruebas de campo y laboratorio a nivel mundial suplen cualquier necesidad que pueda tenerse en el país, por lo que un eventual diseño a nivel de proyecto de graduación de licenciatura hubiera sido poco contribuyente. Debido a lo anterior se realizó un replanteamiento en este objetivo, orientándolo a una guía para la medición de la incertidumbre que permitiera a cualquier ente prestador de servicio, principalmente aquellos con bajos recursos, comprobar sus procedimientos de medición y certificarse ante el ente apropiado como laboratorio, por lo que la guía prueba ser un producto mucho más útil y beneficioso para el país. Esta guía propone también tres esquemas de bancos de prueba, los cuales pueden elaborarse de manera artesanal y son de bajo costo, por lo que muchos prestadores del servicio de agua potable que actualmente no cuentan con maneras de comprobar sus equipos van a tener una alternativa para realizar ensayos y calibraciones a sus medidores.

Es necesaria la adquisición de equipos para realizar ensayos y calibraciones en medidores de agua por parte de un ente público además del AyA, de manera que exista un verdadero ente regulador del equipo adquirido y de las condiciones del sistema de medición nacional, del cual depende la infraestructura del recurso hídrico. Durante la eventual adquisición de un banco de pruebas deben tenerse claros los recursos necesarios a invertir, tanto económicos como humanos, ya que los equipos para realizar ensayos y calibraciones son delicados y normalmente de alto costo.

5.2. Recomendaciones

Para una eventual redacción de una nueva normativa nacional, ya sea a partir de la realizada para esta investigación o completamente nueva, es necesario convocar a todos los entes responsables por la distribución del recurso hídrico en el país de manera que cada uno tenga su voz y voto a la hora de decidir los límites y rangos en la medición. Esto ya que es bastante difícil la puesta en práctica y ejecución de una normativa cuando no se tienen los recursos necesarios para hacerlo, aunque que se tuviera la voluntad necesaria. Para la implementación de una nueva norma debe tomarse en cuenta las capacidades reales del país, permitiendo los periodos de gracia necesarios para que cada uno de los proveedores puedan cumplir con los requisitos establecidos.

El tema de la incertidumbre en la medición puede profundizarse mucho más de lo que se ha hecho en este trabajo, puliendo la guía para la estimación de la incertidumbre para un mayor alcance y claridad. Un proyecto dedicado exclusivamente a ello sería de gran beneficio para el país.

6. Referencias bibliográficas

ABNT, (1999). *NBR NM 212, Medidores velocimétricos de água fria até 15 m³/h*. Rio de Janeiro, Brasil.

ABNT, (2011). *NBR 15538, Medidores de água potável – Ensaio para avaliação de eficiência*. Rio de Janeiro, Brasil.

ARESEP, (2008). *Norma técnica de hidrómetros para el servicio de acueducto: AR-HAS-2008*. San José, Costa Rica.

Barbosa, F. (2007). *Avaliação metrológica da incerteza na medição de vazão mássica de gases com tecnologias volumétrica e pressão diferencial*. Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Contraloría General de La República de Costa Rica, (2012). *Informe sobre la auditoría operativa acerca de la eficacia y eficiencia del instituto costarricense de acueductos y alcantarillados para garantizar la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable - DFOE-AE-IF-08-2012*. San José, Costa Rica.

Herschy, R. W. (2002). *The uncertainty in a current meter measurement*. Flow Measurement and Instrumentation, 13(5), 281-284.

JCGM, (2008). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, (1995), with Supplement 1, Evaluation of measurement data, JCGM 101: 2008*. Organization for Standardization, Sèvres, Francia.

Marín, R (2011). *El Acueducto Comunitario Óptimo: Condiciones para la gestión efectiva de los servicios del agua. El caso de Costa Rica*. Fundación AVINA, Ciudad de Panamá, Panamá.

NORDTEST, (2004). *NT VVS 131 - Uncertainty calculations for calibration of water and heat flow meters*. Oslo, Noruega.

ISO/IEC, (2005). *ISO 4064-1:2014, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 1: Metrological and technical requirements*. Ginebra, Suiza

ISO/IEC, (2005). *ISO 4064-1:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 1: Specifications*. Ginebra, Suiza.

ISO/IEC, (2005). *ISO 4064-2:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 2: Installation requirements*. Ginebra, Suiza.

ISO/IEC, (2005). *ISO 4064-3:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits — Meters for cold potable water and hot water — Part 3: Test methods and equipment*. Ginebra, Suiza.

7. Anexos

Anexo 1. Norma técnica para la medición del flujo de agua potable en conductos cerrados

Norma técnica para la medición del flujo de agua potable en conductos cerrados

Parte 1: Especificaciones.

Tabla de Contenidos

Tabla de figuras	5
Tabla de cuadros	5
1. Alcance y propósito.....	6
2. Normas complementarias.....	6
3. Términos y definiciones.....	7
3.1. El medidor de agua y sus partes	7
3.2. Características metrológicas	11
3.3. Condiciones de operación.....	13
3.4. Condiciones de prueba	16
3.5. Equipo eléctrico y electrónico	19
4. Características técnicas.....	20
4.1. Medidores en línea	20
4.1.1. Tamaño del medidor y dimensiones generales	20
4.1.2. Conexión roscada	22
4.1.3. Conexión bridada	22
4.1.4. Conexión para medidores de combinación	23
4.2. Medidores concéntricos	24
4.2.1. General	24
4.2.2. Tamaño del medidor y dimensiones generales	24
4.2.3. Diseño de la conexión del múltiple del medidor	24
4.2.4. Dimensiones de los medidores concéntricos.....	24
4.3. Pérdida de presión	25
5. Requisitos metrológicos	26
5.1. Características metrológicas	26

5.2.	Error máximo permisible	27
5.3.	Condiciones nominales de operación	29
5.3.1.	Clases de temperatura del medidor	29
5.3.2.	Clases de presión del medidor	30
5.3.3.	Rango de presión de trabajo	31
5.3.4.	Rango de temperatura ambiente de trabajo	32
5.3.5.	Rango de humedad del ambiente de trabajo	32
5.3.6.	Rango de fuente de poder de trabajo	32
5.4.	Clases de sensibilidad del perfil de flujo.....	32
5.5.	Requisitos para medidores electrónicos y medidores con dispositivos electrónicos	34
5.5.1.	Dispositivo de corrección.....	34
5.5.2.	Calculadora.....	35
5.5.3.	Dispositivo de indicación electrónico	35
5.5.4.	Dispositivo auxiliares	35
6.	Requisitos técnicos	36
6.1.	Requisitos para materiales y construcción de los medidores de agua	36
6.2.	Resistencia	37
6.3.	Ajuste de los medidores de agua.....	37
6.4.	Marcas de verificación y dispositivos de protección	37
6.5.	Dispositivos electrónicos de sellado	37
6.5.1.	Acceso.....	37
6.5.2.	Partes intercambiables	38
6.5.3.	Desconexión de partes	38
6.6.	Dispositivo indicador	39
6.6.1.	Requisitos generales.....	39
6.6.2.	Tipos de dispositivo indicador.....	40

6.6.3.	Dispositivos de verificación – Primer elemento – Intervalo de la escala de verificación.....	41
6.7.	Medidores de agua equipados con dispositivos electrónicos.....	43
6.7.1.	Requisitos generales.....	43
6.7.2.	Mecanismos de verificación.....	44
6.7.3.	Dispositivo de indicación electrónico.....	44
6.7.4.	Fuente de poder.....	45
6.7.5.	Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos.....	47
6.8.	Marcas descriptivas.....	54

Tabla de figuras

Figura 1.	Dimensiones generales de un medidor.....	20
Figura 2.	Conexión roscada.....	22
Figura 3.	Conexión bridada.....	23

Tabla de cuadros

Cuadro 1.	Dimensiones en milímetros para medidores de agua.....	21
Cuadro 2.	Medidor de combinación con extremos bridados.....	23
Cuadro 3.	Dimensiones del medidor concéntrico.....	25
Cuadro 4.	Clases de pérdida de presión.....	26

1. Alcance y propósito

Esta parte de la normativa nacional para la medición del agua potable en conductos cerrados, establece las especificaciones técnicas y metrológicas mínimas necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los hidrómetros utilizados en el servicio de acueducto. Los lineamientos descritos en este documento aplican para hidrómetros dentro de los siguientes rangos de operación:

- Presión máxima admisible mayor o igual a 1 MPa, o a 0,6 MPa en caso de ser medidores con un diámetro nominal mayor o igual a 500 mm.
- Temperatura máxima admisible de hasta 30 °C para hidrómetros de agua fría y 180 °C para hidrómetros de agua caliente.

Esta parte de la normativa aplica a medidores de agua basados en principios de funcionamiento mecánico, eléctrico y electrónico. También es aplicable a los dispositivos auxiliares electrónicos que formen parte del sistema de medición.

2. Normas complementarias

Las normas citadas a continuación son de suma importancia para la aplicación de este documento.

ISO 4064-1:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 1: Specifications.

ISO 4064-2:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 2: Installation requirements.

ISO 4064-3:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits — Meters for cold potable water and hot water — Part 3: Test methods and equipment.

Norma técnica de hidrómetros para el servicio de acueducto: AR-HAS-2008.

NBR NM 212, Medidores velocimétricos de agua fría até 15 m³/h.

NBR 15538, Medidores de água potável – Ensaio para avaliação de eficiência.

3. Términos y definiciones

3.1. El medidor de agua y sus partes

3.1.1.

Medidor de agua (hidrómetro o medidor)

Instrumento utilizado para medir de manera continua, memorizar y mostrar el volumen de agua pasando a través de un sensor en condiciones apropiadas para la medición. Un medidor de agua incluye como mínimo un transductor de medición, una calculadora (incluyendo dispositivos de ajuste o corrección) y un dispositivo indicador.

3.1.2.

Transductor de medición.

Parte del medidor de agua que transforma el caudal, o el volumen de agua, a ser medido en señales que son transmitidas a una calculadora. Este incluye el sensor de flujo.

3.1.3.

Sensor de flujo (sensor de volumen o sensor)

Elemento del medidor que es afectado directamente por el paso del agua y detecta el caudal o volumen de agua pasante. Este sensor puede ser un disco, pistón, rueda o turbina, así como los electrodos de un sistema electromagnético o algún otro elemento afín.

3.1.4.

Calculadora

Parte del medidor que transforma las señales salientes del transductor(es) y, posiblemente, de instrumentos de medición asociados y, si es apropiado, almacena los resultados en memoria hasta el momento en el que sean utilizados. Esta podría ser capaz de comunicarse en ambos sentidos con dispositivos auxiliares.

Nota 1: El engranaje se considera como una calculadora dentro de un medidor mecánico.

3.1.5.**Dispositivo indicador**

Parte del medidor que provee una indicación correspondiente al volumen de agua pasando a través del mismo.

3.1.6.**Dispositivo de ajuste**

Parte del medidor que permite ajustarlo, de manera que su curva de error sea desplazada generalmente paralela a si misma, para así llevar los errores relativos de indicación dentro del rango de errores máximos permisibles.

3.1.7.**Dispositivo corrector**

Dispositivo conectado o incorporado al medidor para realizar una corrección automática del volumen de agua en condiciones aptas para la medición, al tomar en cuenta el caudal y/o las características del agua a ser medida y las curvas de calibración preestablecidas.

Nota: Las características del agua (temperatura, presión, entre otras) pueden ser medidas usando instrumentos de medición asociados o almacenadas en una memoria física en el medidor.

3.1.8.**Dispositivo auxiliar**

Dispositivo destinado a realizar una función específica, envuelto directamente en la elaboración, la transmisión o la muestra de los datos medidos. Los principales tipos de dispositivos auxiliares son:

- Dispositivo de puesta en cero;
- Dispositivo indicador de precio;
- Dispositivo indicador de repeticiones;
- Dispositivo de impresión;
- Dispositivo de memoria;
- Dispositivo para el control de tarifa;
- Dispositivo de pre-ajuste;
- Dispositivo de auto servicio.

- Detector de movimiento del sensor de flujo (para detectar movimientos antes de que estos se observen claramente en el dispositivo indicador);
- Dispositivo de lectura remota.

3.1.9.

Dispositivo de pre-ajuste

Dispositivo que permite la selección de una cantidad específica de agua a ser medida, el cual detiene de manera automática el flujo de agua luego de que la cantidad designada de líquido ha sido medida.

3.1.10.

Instrumento de medición asociado

Instrumento conectado a la calculadora o dispositivo corrector para la medición de una cantidad o característica del agua, con el objetivo de realizar una corrección o conversión.

3.1.11.

Medidor en línea

Tipo de medidor el cual es instalado dentro directamente en un conducto cerrado por medio de las conexiones en sus extremos. Estas conexiones pueden ser de brida o de rosca.

3.1.12.

Medidor completo

Medidor cuyo transductor de medición, calculadora y dispositivo indicador no se pueden separar.

3.1.13.

Medidor combinado

Medidor cuyo transductor de medición, calculadora y dispositivo indicador se pueden separar.

3.1.14.

Medidor de combinación

Medidor constituido por un medidor grande, un medidor pequeño y un dispositivo de conmutación el cual, dependiendo de la magnitud del caudal pasante, automáticamente dirige el flujo a través del medidor pequeño, grande, o ambos a la vez.

Nota: La lectura del medidor es obtenida a partir de dos totalizadores independientes o de un totalizador que suma los valores de ambos medidores.

3.1.15.

Equipo bajo prueba (EBP)

Medidor, sub-ensamblaje de un medidor o dispositivo auxiliar que es sometido a una determinada prueba.

3.1.16.

Medidor concéntrico

Tipo de medidor instalado dentro de un conducto cerrado por medio de un accesorio intermedio llamado múltiple. Las entradas y salidas de agua entre el medidor y el tubo múltiple son coaxiales.

3.1.17.

Múltiple del medidor concéntrico

Adaptador de tubería específico para la conexión de un medidor concéntrico.

3.1.18.

Medidor de cartucho

Tipo de medidor que es instalado dentro de un conducto cerrado por medio de una pieza intermedia llamada interface de conexión. Las entradas y salidas de agua pueden ser concéntricas o axiales.

3.1.19.

Interface de conexión de un medidor de cartucho

Adaptador de tubería específico para la conexión de un medidor de cartucho concéntrico o axial.

3.1.20.**Módulo metrológico intercambiable**

Módulo independiente compuesto por un transductor de medición, una calculadora y un dispositivo indicador.

3.1.21.**Interface de conexión para medidor con módulo metrológico intercambiable**

Adaptador de tubería específico para la conexión de módulos metrológicos intercambiables.

3.2. Características metrológicas**3.2.1.****Volumen actual** V_a

Volumen total de agua pasando por el medidor, sin importar el tiempo que se tome en medirlo. Esta es la magnitud sometida a medición.

Nota 1: El volumen actual es calculado con respecto a un volumen de referencia, de acuerdo a lo que determine una medición estándar adecuada, tomando en cuenta las diferencias en las condiciones de medición, según se requiera.

3.2.2.**Volumen indicado** V_i

Volumen de agua indicado por el medidor, correspondiente al volumen actual.

3.2.3.**Indicación primaria**

Indicación la cual es sujeta a un control metrológico legal.

3.2.4.**Error**

Cantidad de volumen medida menos un valor cuantitativo de referencia.

Nota 1: El volumen indicado se considera como el valor cualitativo medido y el volumen actual como el valor cuantitativo de referencia. A la diferencia entre el volumen indicado y el volumen actual se le refiere como error (de indicación).

Nota 2: En esta norma, el error (de indicación) es expresado como un porcentaje del volumen actual, y es igual a: $\frac{(V_i - V_a)}{V_i} \times 100\%$.

3.2.5.

Error máximo permisible

EMP

Valor extremo del error de medición, con respecto a un valor cuantitativo de referencia conocido, según lo permitan las especificaciones o regulaciones que rijan un medidor en particular.

3.2.6.

Error intrínseco

Error de un medidor, determinado bajo condiciones de referencia.

3.2.7.

Error intrínseco inicial

Error intrínseco de un medidor, según se determine previo a ensayos de prueba y evaluaciones de durabilidad.

3.2.8.

Falla

Diferencia entre el error (de indicación) y el error intrínseco de un medidor.

3.2.9.

Falla significativa

Falla mayor al valor especificado en esta parte de la norma.

3.2.10.

Durabilidad

Habilidad de un medidor para mantener su desempeño a través de un periodo determinado de uso.

3.2.11.

Condiciones de medición

Condiciones del agua, de la cual se está midiendo el volumen, en el punto de medición. (Temperatura, presión, etc....)

3.2.12.

Primer elemento de un dispositivo de indicación

Elemento que, en un dispositivo de indicación compuesto por varios elementos, contiene la escala graduada junto con la escala de intervalo de verificación.

3.2.13.

Intervalo de la escala de verificación

División de la escala del valor más bajo del primer elemento de un dispositivo de indicación.

3.2.14.

Resolución de un dispositivo de visualización

Diferencia más pequeña entre las indicaciones desplegadas que puedan ser distinguidas de manera significativa. De este valor depende una parte de la incertidumbre del medidor.

Nota: Para un dispositivo de indicación digital, este se refiere al cambio en la indicación cuando el dígito menos significativo cambia en un paso.

3.3. Condiciones de operación

3.3.1.

Caudal

Q

El caudal es igual a $\frac{dV}{dt}$, donde V es el volumen actual y t es el tiempo que se necesita para que este volumen pase por el hidrómetro.

3.3.2.**Caudal permanente** **Q_p**

Caudal más elevado, dentro de las condiciones especificadas de operación, al cual el medidor puede funcionar de manera satisfactoria.

3.3.3.**Caudal de sobrecarga** **Q_s**

Caudal al cual el medidor puede funcionar por un corto periodo de tiempo dentro de los errores máximos permisibles, mientras mantiene su desempeño metrológico cuando, subsecuentemente, trabaja en condiciones nominales de flujo.

3.3.4.**Caudal de transición** **Q_T**

Caudal entre el caudal permanente y el mínimo, el cual divide el rango de flujo en dos zonas, la zona superior de flujo y la zona inferior de flujo, cada una caracterizada por su propio error máximo permisible.

3.3.5.**Caudal mínimo** **Q_{MIN}**

Caudal más bajo al cual el medidor puede operar dentro del error máximo permisible.

3.3.6.**Caudal de cambio en un medidor de combinación** **Q_x**

Caudal al cual el flujo en el medidor más grande se detiene con un caudal decreciente (Q_{x1}) o empieza con un caudal creciente (Q_{x2}).

3.3.7.**Temperatura mínima admisible** **T_{mA}**

Temperatura mínima del agua a la cual el medidor puede trabajar de manera permanente, dentro de sus condiciones de operación y sin deteriorar su desempeño metrológico.

3.3.8.

Temperatura máxima admisible

TMA

Temperatura máxima del agua a la cual el medidor puede trabajar de manera permanente, dentro de sus condiciones de operación y sin deteriorar su desempeño metrológico.

3.3.9.

Presión mínima admisible

PmA

Presión interna mínima a la cual el medidor puede trabajar de manera permanente, dentro de sus condiciones de operación y sin deteriorar su desempeño metrológico.

3.3.10.

Presión máxima admisible

PMA

Presión interna máxima a la cual el medidor puede trabajar de manera permanente, dentro de sus condiciones de operación y sin deteriorar su desempeño metrológico.

3.3.11.

Temperatura de trabajo

T_T

Temperatura del agua dentro de la tubería, medida aguas arriba del medidor.

3.3.12.

Presión de trabajo

P_T

Presión media del agua (calibre) dentro de la tubería, medida aguas arriba y aguas abajo del medidor.

3.3.13.

Pérdida de presión

Δp

Disminución irrecuperable de presión, a un caudal dado, causado por la presencia del medidor en la tubería.

3.3.14.

Caudal de prueba

Caudal medio durante una prueba, calculado a partir de las indicaciones de un medidor de referencia calibrado.

3.3.15.

Diámetro nominal

DN

Designación alfanumérica para el tamaño de los componentes de un sistema de tuberías, que se utiliza con fines de referencia.

Nota 1: El diámetro nominal es expresado por las letras DN seguidas por un número entero adimensional, el cual está indirectamente relacionado con el tamaño físico, en milímetros, al diámetro externo de la conexión final.

Nota 2: El número que sigue a las letras DN no representa un valor medible y no debe utilizarse con propósitos de cálculo, excepto cuando sea especificado.

3.4. Condiciones de prueba

3.4.1.

Cantidad de influencia

Cantidad que, al realizar una medición directa, no afecta la cantidad que está siendo medida, pero afecta la relación entre la indicación y el resultado de la medición.

Ejemplo: la temperatura ambiente del medidor es una cantidad de influencia, mientras que la temperatura del agua pasando por el medidor afecta el mensurando.

3.4.2.

Factor de influencia

Cantidad de influencia con un valor dentro del rango de condiciones nominales de operación de un medidor especificado dentro de esta norma.

3.4.3.

Perturbación

Cantidad de influencia con un valor dentro de los límites especificados en esta norma, pero fuera del rango de condiciones nominales de operación de un medidor.

Nota: Una cantidad de influencia es una perturbación si la condiciones nominales de operación para esa cantidad de influencia no están especificadas.

3.4.4.

Condición nominal de operación

CNO

Condición de operación la cual se requiere cumplir durante las mediciones, de manera que un medidor se comporte según su diseño.

Nota: Las condiciones nominal de operación especifican intervalos para el caudal y para las cantidades de influencia para las cuales los errores (de indicación) requieren estar dentro de los errores máximos permisibles.

3.4.5.

Condición de referencia

Condición de operación prescrita para evaluar el desempeño de un medidor o para realizar comparaciones de resultados de medición.

3.4.6.

Prueba de desempeño

Prueba orientada a verificar si el equipo bajo prueba puede cumplir con sus funciones.

3.4.7.

Prueba de durabilidad

Prueba orientada a verificar si el equipo bajo prueba puede mantener sus características de desempeño a través de un periodo de uso.

3.4.8.

Estabilidad de temperatura

Condición en la cual todas las partes del equipo bajo prueba tienen un diferencial de temperatura no mayor a 3 °C entre ellas, o según lo especificado en la especificación relevante en lo que respecta a su temperatura.

3.4.9.

Pre acondicionamiento

Tratamiento que se le da al equipo bajo prueba con el objetivo de eliminar, o reducir de manera parcial, los efectos de su historial previo.

3.4.10.

Acondicionamiento

Exposición del equipo bajo prueba a una condición ambiental (factor de influencia o perturbación) de manera que se pueda determinar el efecto de tal condición sobre este.

3.4.11.

Recuperación

Tratamiento que se le da al equipo bajo prueba, después de acondicionarlo, de manera que sus propiedades puedan ser estabilizadas antes de la medición.

3.4.12.

Evaluación de tipo (Evaluación de patrón)

Examinación y evaluación sistemática del desempeño de uno o más especímenes de un tipo o patrón identificado de instrumentos de medición contra requisitos documentados, cuyos resultados están contenidos en el reporte de evaluación, de manera que se pueda determinar si el tipo puede ser aprobado.

3.4.13.

Homologación

Decisión de relevancia legal, basada en un reporte de evaluación, de que un tipo de instrumento de medición cumple con los requisitos legales relevantes y es apto para ser usado, de una manera tal que se espera que este provea resultados de medición confiables a través de un periodo de tiempo definido.

3.5. Equipo eléctrico y electrónico

3.5.1.

Dispositivo electrónico

Dispositivo que utiliza sub-ensamblajes electrónicos y realiza funciones específicas, usualmente manufacturado como una unidad separada y capaz de ser sometida a pruebas de manera individual.

3.5.2.

Sub-ensamblaje electrónico

Parte de un dispositivo electrónico, el cual utiliza componentes electrónicos y tiene una función reconocible como propia.

3.5.3.

Componente electrónico

Entidad físicamente más pequeña, la cual utiliza la conducción electrónica o por huecos en semiconductores, los gases o el vacío.

3.5.4.

Mecanismo de verificación automático

Mecanismo de verificación que opera sin intervención de un operador.

3.5.5.

Mecanismo de verificación automático permanente (Tipo P)

Mecanismo de verificación automático que opera durante todo el ciclo de medición.

3.5.6.

Mecanismo de verificación automático intermitente (Tipo I)

Mecanismo de verificación automático que opera dentro de ciertos intervalos de tiempo o por un número fijo de ciclos de medición.

3.5.7.

Mecanismo de verificación no automático permanente (Tipo N)

Mecanismo de verificación que requiere la intervención de un operador.

4. Características técnicas

4.1. Medidores en línea

4.1.1. Tamaño del medidor y dimensiones generales

El tamaño del medidor se caracteriza por medio del tamaño de rosca en sus extremos o por el diámetro nominal de su brida. Para cada tamaño de medidor existe un conjunto fijo correspondiente de dimensiones generales. Las dimensiones del medidor, como se observa en la figura 1, deben estar de acuerdo con las mostradas en el cuadro 1.

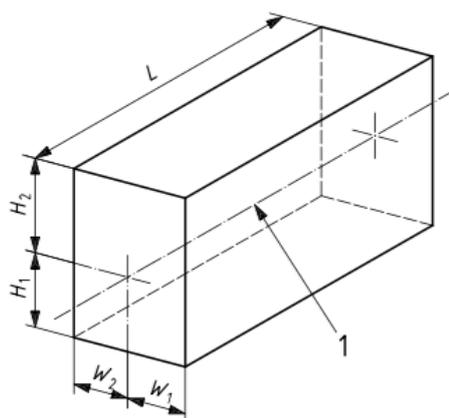


Figura 1. Dimensiones generales de un medidor.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Clave

1 Eje de la tubería

Nota: H_1 , H_2 , L , W_1 y W_2 definen la altura, longitud, y ancho, respectivamente, de un espacio cúbico dentro del cual puede estar contenido un medidor de agua (con la tapa contenida dentro del espacio en su posición cerrada). H_1 , H_2 , W_1 y W_2 son dimensiones máximas, mientras que L tiene un valor fijo con tolerancias específicas.

Cuadro 1. Dimensiones en milímetros para medidores de agua.

Tamaño DN ^a	a _{min}	b _{min}	L ^b (preferido)	L ^b (alternativas)	W ₁ ;W ₂	H ₁	H ₂
15	10	12	165	80, 85, 100, 105, 110, 114, 115, 130, 134, 135, 145, 170, 175, 180, 190, 200, 220	65	60	220
20	12	14	190	105, 110, 115, 130, 134, 135, 165, 175, 195, 200, 220, 229	65	60	240
25	12	16	260	110, 150, 175, 200, 210, 225, 273	100	65	260
32	13	18	260	110, 150, 175, 200, 230, 270, 300, 321	110	70	280
40	13	20	300	200, 220, 245, 260, 270, 387	120	75	300
50			200	170, 245, 250, 254, 270, 275, 300, 345, 350	135	216	390
65			200	170, 270, 300, 450	150	130	390
80			200	190, 225, 300, 305, 350, 425, 500	180	343	410
100			250	210, 280, 350, 356, 360, 375, 450, 650	225	356	440
125			250	220, 275, 300, 350, 375, 450	135	140	440
150			300	230, 325, 350, 450, 457, 500, 560	267	394	500
200			350	260, 400, 500, 508, 550, 600, 620	349	406	500
250			450	330, 400, 600, 660, 800	368	521	500
300			500	380, 400, 800	394	533	533
350			500	420, 800	270	300	500
400			600	500, 550, 800	290	320	500
500			600	500, 625, 680, 770, 800, 900, 1 000	365	380	520
600			800	500, 750, 820, 920, 1 000, 1 200	390	450	600

800			1 200	600	510	550	700
> 800			1,25 x DN	DN	0,65 x DN	0,65xDN	0,75 x DN

a DN: Tamaño nominal de conexiones roscadas y bridas.

b Tolerancia de longitud: DN 15 hasta DN 40 – 0/-2 mm.
DN 50 hasta DN 300 – 0/-3 mm.
DN 350 hasta DN 400 – 0/-5mm.

Las tolerancias de longitud para medidores mayores a DN 400 deben ser acordados entre el usuario y el fabricante.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

4.1.2. Conexión roscada

Los valores admisibles para las dimensiones a y b de las conexiones roscadas, se muestran en el cuadro 1. Las roscas deben cumplir con la especificación ISO 228-1. La figura 2 define las dimensiones a y b .

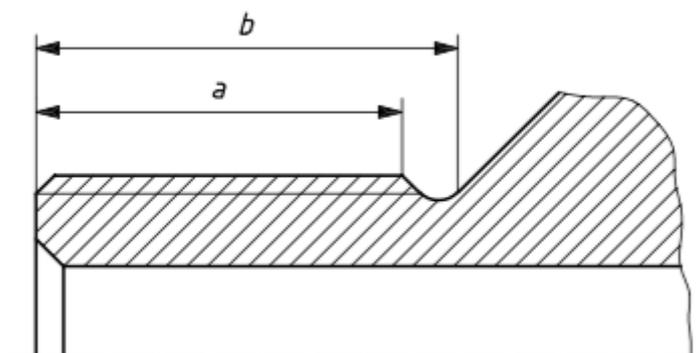


Figura 2. Conexión roscada

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

4.1.3. Conexión bridada

Las conexiones bridadas deben cumplir con las normas ISO 7005-2 y 7005-3 para la máxima presión correspondiente a la del medidor de agua. Las dimensiones deben cumplir con lo mostrado en el cuadro 1.

El fabricante debe proporcionar un espacio libre suficiente detrás de la cara posterior de la brida para permitir el acceso para su instalación y remoción. En la figura 3 se muestra

un diagrama típico de una conexión bridada, el cual muestra la posición en la que deben de ir los agujeros de la misma.

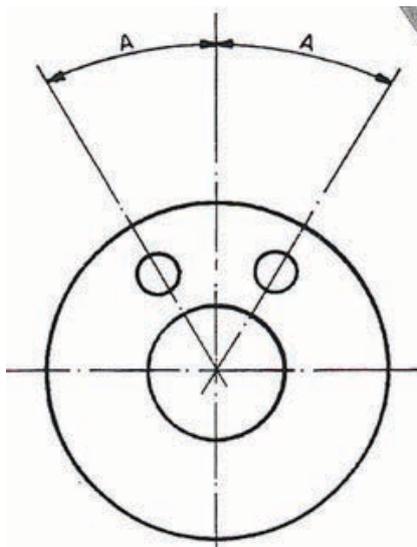


Figura 3. Conexión bridada.

Fuente: NBR NM 212, 1999.

4.1.4. Conexión para medidores de combinación

Las dimensiones deben cumplir con lo especificado en el cuadro 2.

La longitud general de un medidor de combinación puede ser fija o ajustable por medio de un acoplamiento ajustable. En el segundo caso, el menor posible ajuste de la longitud general del medidor debe ser ± 15 mm en relación con el valor nominal de L , según lo definido en el cuadro 2.

Debido a la amplia variación de la altura entre los diferentes tipos de medidores de combinación, no ha sido posible estandarizar esta dimensión.

Cuadro 2. Medidor de combinación con extremos bridados.

Tamaño DN ^a	L (preferido)	L (alternativas)	W ₁ ;W ₂
50	300	270, 432, 560, 600	220
65	300	650	240

80	350	300, 432, 630, 700	260
100	350	360, 610, 750, 800	350
125	350	850	350
150	500	610, 1 000	400
200	500	1 160, 1 200	400
a DN: Tamaño nominal de la conexión bridada. Dimensiones en milímetros			

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

4.2. Medidores concéntricos

4.2.1. General

Esta sección contiene la información necesaria acerca de las dimensiones generales y el tamaño del medidor. Esta sección y el anexo A pueden estar sujeta a cambios de acuerdo a la evolución del diseño del medidor concéntrico y su múltiple.

4.2.2. Tamaño del medidor y dimensiones generales

Las dimensiones para el diseño actual del medidor se muestran en la figura 4 y el cuadro 3.

4.2.3. Diseño de la conexión del múltiple del medidor

La conexión del medidor debe ser diseñada tal que se conecte el medidor, utilizando la rosca del tornillo proporcionada, a un múltiple que tenga el mismo diseño de cara. Se debe asegurar que no ocurran fugas, utilizando sellos apropiados entre la conexión entrante y el medidor/múltiple exterior o entre el paso de entrada y el de salida en la interfaz medidor/múltiple.

4.2.4. Dimensiones de los medidores concéntricos

Las dimensiones para los medidores concéntricos están definidas por un cilindro dentro del cual encaja el medidor (ver la figura 4 y el cuadro 3).

Nota: Cuando exista un dispositivo indicador o calculadora aparte, el tamaño especificado en la figura 4 solo aplica a la cubierta del transductor de medición.

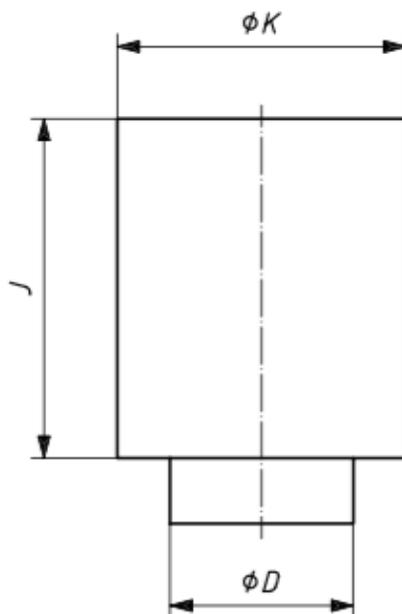


Figura 4. Medidor concéntrico.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Cuadro 3. Dimensiones del medidor concéntrico.

Dimensiones máximas en milímetros

Tipo	D^a	J^b	ϕK^b
1	(G 1½ B)	220	110
2	(G 2 B)	220	135
3	(M62 2)	220	135

a Rosca métrica o Whitworth a criterio del fabricante.

b J y K definen, respectivamente, la altura y el diámetro de un cilindro capaz de encerrar el medidor.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

4.3. Pérdida de presión

La máxima pérdida de presión dentro de las condiciones nominales de operación, CNO, no deben exceder 0,063 MPA (0,63 bar). Esto incluye cualquier filtro o colador que sea parte del medidor.

La clase de pérdida de presión debe ser seleccionada por el fabricante a partir de los valores de la serie R-5 de la norma ISO 3:1973, según se indica en el cuadro 4.

Los medidores concéntricos, de cualquier tipo o principio de medición, deben ser sometidos a prueba junto con un múltiple apropiado.

Cuadro 4. Clases de pérdida de presión

Clase	Pérdida de presión máxima	
	MPa	bar
Δp 63	0,063	0,63
Δp 40	0,040	0,40
Δp 25	0,025	0,25
Δp 16	0,016	0,16
Δp 10	0,010	0,10

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

5. Requisitos metrológicos

5.1. Características metrológicas

Designación del medidor y caudal permanente (Q_p)

Los medidores son designados de acuerdo a su caudal permanente Q_p (en metros cúbicos por hora) y la relación entre Q_p y el caudal mínimo Q_{MIN} .

El valor numérico del caudal permanente Q_p , expresado en metros cúbicos por hora (m^3/h), debe ser escogido entre los siguientes valores:

De la línea R 5 de la norma ISO 3:1973:

1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630

1000 1600 2500 4000 6300

Esta lista puede ser extendida utilizando valores mayores o menores dentro de la misma serie.

Rango de medición

El rango de medición para los caudales se define por medio de la relación Q_P / Q_{MIN} . Estos valores deben ser escogidos de la siguiente lista:

10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

Esta lista puede ser extendida utilizando valores mayores o menores dentro de la misma serie.

Relación entre el caudal permanente (Q_P) y el caudal de sobrecarga (Q_S)

El caudal de sobrecarga se define como

$$Q_P / Q_S = 1,25$$

Relación entre el caudal de transición (Q_T) y el caudal mínimo (Q_{MIN})

$$Q_T / Q_{MIN} = 1,6$$

Caudal de referencia

El caudal a ser usado como referencia se define por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal de referencia} = 0,7 \times (Q_T + Q_P) \pm 0,03 \times (Q_T + Q_P);$$

5.2. Error máximo permisible

Error máximo permisible durante el servicio

El error máximo permisible de un medidor de agua durante el servicio debe ser el doble del error máximo permisible según 5.2.3 y 5.2.4.

Error relativo

El error relativo está expresado como un porcentaje, y es igual a:

$$\varepsilon = \frac{(V_i - V_a)}{V_a} \times 100$$

donde,

V_i : volumen indicado

V_a : volumen actual

EMP para el rango de flujo inferior

El error máximo permisible, ya sea positivo o negativo, en volúmenes suministrados a caudales entre el caudal mínimo (Q_{MIN}) y el caudal de transición (Q_T) (excluido) es de un 5 % para una temperatura del agua dentro de las CNO.

EMP para el rango de flujo superior

El error máximo permisible, ya sea positivo o negativo, en volúmenes suministrados a caudales entre el caudal de transición (Q_T) (incluido) y el caudal de sobrecarga (Q_S) es de:

- 2 % para agua con una temperatura ≤ 30 °C;
- 3 % para agua con una temperatura > 30 °C;

Signo del error

Si todos los errores dentro del rango de medición del medidor tienen el mismo signo, al menos uno de ellos debe ser menor a la mitad del error máximo permisible (EMP).

Flujo inverso

El fabricante debe especificar si el medidor está diseñado para medir flujo inverso. Si lo está, el volumen del flujo inverso debe ser sustraído del volumen indicado o, en su defecto, ser registrado de manera separada.

Los medidores no diseñados para medir flujo inverso deben ser capaces de prevenirlo o de soportar un flujo inverso accidental, sin ningún deterioro o cambio en las propiedades metrológicas para el flujo en dirección normal.

Requisitos del EMP para las variaciones de presión y temperatura

Los requisitos relacionados al EMP deben cumplirse para todas las variaciones de presión y temperatura dentro de las CNO del medidor.

Medidores con calculadora y transductor de medición separados

La calculadora y el transductor de medición de un medidor, cuando sean separables e intercambiables con otras calculadoras y transductores del mismo o diferente diseño, pueden estar sujetos a aprobaciones de modelo separadas.

El error máximo permisible combinado de la calculadora y el transductor de medición no debe superar los valores dados en 5.2.3 y 5.2.4.

Totalización del flujo nulo

La totalización del medidor de agua no debe cambiar cuando el caudal sea cero.

5.3. Condiciones nominales de operación

5.3.1. Clases de temperatura del medidor

Los medidores deben ser clasificados según rangos de temperatura del agua, escogidos por el fabricante de acuerdo al cuadro 5.

La temperatura del agua debe ser medida en la entrada del medidor.

Cuadro 5. Clases de temperatura

Clase	T _{mA} (°C)	T _{MA} (°C)	Condición de referencia (°C)

T30	0,1	30	20
T50	0,1	50	20
T70	0,1	70	20 y 50
T90	0,1	90	20 y 50
T130	0,1	130	20 y 50
T180	0,1	180	20 y 50
T30/70	30	70	50
T30/90	30	90	50
T30/130	30	130	50
T30/180	30	180	50

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

5.3.2. Clases de presión del medidor

Clases de temperatura del medidor

La presión del agua debe ser medida aguas arriba de la entrada del medidor para evaluar la PMA y aguas abajo de la salida del medidor para evaluar la PmA.

La presión mínima admisible debe ser 30 kPa (0,3 bar).

Los medidores forman clases de acuerdo a la presión máxima admisible correspondiente a los diferentes valores de PMA de la siguiente serie ISO, escogidos por el fabricante, como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Clases de presión del agua

Clase	PMA MPa (bar)	Condición de referencia MPa (bar)
MAP 6 ^a	0,6 (6)	0,2 (2)
MAP 10	1,0 (10)	0,2 (2)

MAP 16	1,6 (16)	0,2 (2)
MAP 25	2,5 (25)	0,2 (2)
MAP 40	4,0 (40)	0,2 (2)
a	Para DN \geq 500.	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Nota: En los lugares en donde la presión de suministro sea menor a 0,3 bar, se podrán seleccionar medidores que tengan una presión de trabajo mínima admisible menor de 0,3 bar, siempre que esto pueda ser demostrado por el proveedor.

Presión interna

El medidor de agua debe ser capaz de soportar una presión interna de acuerdo a la respectiva clase derivada del cuadro 6. Esto debe ser sometido a prueba de acuerdo al ensayo correspondiente según lo establece la tercera sección de esta norma.

Medidores concéntricos

El requisito de presión interna también aplica para ensayos de presión en medidores concéntricos; sin embargo el sello se encuentra en la interface medidor concéntrico/múltiple. Esto también debe someterse a prueba para asegurarse de que no existan fugas internas entre los pasos de entrada y salida del medidor.

Al realizarse el ensayo de pérdida de presión, el medidor y el múltiple deben de ensayarse de manera conjunta.

5.3.3. Rango de presión de trabajo

Los medidores de agua deben operar hasta una presión de trabajo de por lo menos 1 MPa (10 bar), excepto en medidores que tengan tamaños de tubería de 500 mm o más, en los cuales la presión de trabajo debe ser por lo menos 0,6 MPa (6 bar).

5.3.4. Rango de temperatura ambiente de trabajo

Los medidores de agua deben operar dentro del rango de temperatura ambiente de: + 5 °C hasta + 55 °C. Los medidores con partes electrónicas y nivel de severidad clase 3 deben operar dentro del rango de temperatura ambiente de: - 25 °C hasta + 55 °C.

5.3.5. Rango de humedad del ambiente de trabajo

Los medidores de agua deben operar dentro del rango de humedad del ambiente de: 0 % hasta 100 % a 40 °C y por lo menos 93 % a 40 °C para dispositivos de lectura remota.

5.3.6. Rango de fuente de poder de trabajo

Los medidores eléctricos o electrónicos y aquellos con dispositivos electrónicos que requieran de una fuente de poder de energía externa, deben ser capaces en un rango de - 15 % hasta + 10 % del voltaje fuente de C.A. o C.D. nominal y ± 2 % de la frecuencia nominal de una fuente de poder de C.A.

5.4. Clases de sensibilidad del perfil de flujo

El medidor debe ser capaz de soportar la influencia de campos de velocidad anormales en diferentes procedimientos de ensayo descritos en la tercera sección de esta norma. Durante la aplicación de estas perturbaciones en el flujo el error de indicación debe cumplir con los requerimientos de 5.2.1 y 5.2.4.

El fabricante del medidor debe especificar la sensibilidad del perfil de flujo de acuerdo con las clasificaciones proporcionadas en los cuadros 7 y 8, basado en los resultados de las pruebas relevantes especificadas en la tercera sección de esta norma.

Cualquier sección de acondicionamiento de flujo, incluyendo cualquier dispositivo enderezador o tramo recto, a ser utilizada, debe estar definida completamente por el fabricante y es considerada como un dispositivo auxiliar unido al tipo de medidor examinado. El fabricante debe proporcionar los dispositivos enderezadores o tramos rectos adecuados que formen parte integral de la aprobación del modelo.

Cuadro 7. Sensibilidad a la irregularidad en las clases de campos de velocidad, aguas arriba (U)

Clase	Longitudes rectas requeridas (DN)	Requiere enderezador
U0	0	No
U3	3	No
U5	5	No
U10	10	No
U15	15	No
U0S	0	Si
U3S	3	Si
U5S	5	Si
U10S	10	Si

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Cuadro 8. Sensibilidad a la irregularidad en las clases de campos de velocidad, aguas abajo (U)

Clase	Longitudes rectas requeridas (DN)	Requiere enderezador
D0	0	No
D3	3	No
D5	5	No
D0S	0	Sí
D3S	3	Sí

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

5.5. Requisitos para medidores electrónicos y medidores con dispositivos electrónicos

Se permite que los medidores cuenten con un dispositivo de ajuste.

5.5.1. Dispositivo de corrección

Es permitido que los medidores estén equipados con un dispositivo de corrección; tales dispositivos siempre serán considerados como parte integral del medidor. Todos los requisitos aplicables al medidor, en particular los errores máximos permisibles especificados en la sección 5.2, son también aplicables al volumen corregido en condiciones de medición.

En condiciones de operación normal, el volumen corregido no debe ser mostrado.

El objetivo de un dispositivo de corrección es reducir los errores lo más cercanamente posible a cero. Los medidores de agua con dispositivos correctores deben satisfacer los ensayos de desempeño de 6.7.3.

Todos los parámetros que no sean medidos y que sean necesarios para realizar la corrección, deben estar contenidos en la calculadora al inicio de la operación de medición. El certificado de aprobación del modelo puede prescribir la posibilidad de parámetros de chequeo, los cuales son necesarios para lograr exactitud a la hora de verificar el dispositivo de corrección.

El dispositivo de corrección no debe permitir la corrección de una deriva previamente estimada, como, por ejemplo, en relación con el tiempo o el volumen.

Los instrumentos de medición asociados, si existiesen, deben cumplir con los estándares internacionales o recomendaciones aplicables. Su precisión debe permitir que se cumplan los requerimientos, según lo especificado en 5.2.

Los instrumentos de medición asociados deben estar equipados con dispositivos de verificación, según lo especificado en C.5.

Los dispositivos de corrección no deben ser utilizados para ajustar los errores de indicación de un medidor a valores diferentes de cero o muy cercanos a este, aún cuando estos valores estén dentro del error máximo permisible.

5.5.2. Calculadora

Todos los parámetros necesarios para la elaboración de indicaciones sujetas a controles metrológicos legales, tales como una tabla de cálculo o una corrección polinomial, deben estar presentes en la calculadora al inicio de la operación de medición.

La calculadora puede proveer interfaces que permitan el acoplamiento de equipo periférico. Cuando estas interfaces sean utilizadas, el hardware y software del medidor de agua debe continuar funcionando de manera correcta y sus funciones metrológicas no deben verse afectadas.

5.5.3. Dispositivo de indicación electrónico

La visualización continua del volumen durante el periodo de medición no es mandatoria. Sin embargo, la interrupción del visualizador no debe interrumpir la acción de los mecanismos de verificación, si existiesen.

5.5.4. Dispositivo auxiliares

Los requisitos relevantes de la sección 5.2 deben aplicarse cuando el medidor de agua está equipado con cualquiera de los siguientes dispositivos:

- Dispositivo de puesta en cero;
- Dispositivo indicador de precio;
- Dispositivo indicador de repeticiones;
- Dispositivo de impresión;
- Dispositivo de memoria;
- Dispositivo para el control de tarifa;
- Dispositivo de pre-ajuste;
- Dispositivo de auto servicio.

- Detector de movimiento del sensor de flujo (para detectar movimientos antes de que estos se observen claramente en el dispositivo indicador);
- Dispositivo de lectura remota.

El dispositivo puede utilizarse como elemento de control para la prueba y verificación y la lectura remota del medidor, siempre y cuando otros medios garanticen la operación satisfactoria del medidor de acuerdo a los requerimientos de 5.2.

6. Requisitos técnicos

6.1. Requisitos para materiales y construcción de los medidores de agua

- El medidor debe ser fabricado a partir de materiales con la resistencia y durabilidad adecuada para los propósitos en los que se va a emplear.;
- El medidor debe ser fabricado a partir de materiales que no se vean afectados de manera adversa por la variación de temperatura en el agua, dentro del rango de temperaturas de trabajo especificado en 5.4.1.
- Todas las partes del medidor en contacto con el agua fluyendo a través del mismo deben fabricarse a partir de materiales que sean convencionalmente conocidos por su no toxicidad, que sean no contaminantes y biológicamente inertes.
- El medidor de agua, en su totalidad, debe estar fabricado a partir de materiales resistentes a la corrosión interna y externa, o que estén protegidos por un tratamiento para superficies adecuado.
- Los dispositivos indicadores del medidor de agua deben estar protegidos por una ventana transparente. Una cubierta apropiada debe también proveer protección adicional.

- El medidor debe incorporar dispositivos para la remoción de la condensación, donde exista riesgo de que esta se forme en la parte interna de la ventana del dispositivo indicador.

6.2. Resistencia

Debe demostrarse que el medidor de agua es capaz de cumplir con los requerimientos de resistencia apropiados de acuerdo al caudal permanente, Q_p , y el caudal de sobrecarga, Q_s , del medidor, simulando condiciones de servicio según se lista en el cuadro 1 de la tercera parte de esta norma. Para medidores diseñados para la medición de flujo inverso, estos requisitos aplican en ambas direcciones de flujo.

6.3. Ajuste de los medidores de agua

El medidor de agua puede equiparse con un dispositivo de ajuste, de manera que su curva de error sea desplazada generalmente paralela a sí misma, para así llevar los errores relativos de indicación dentro del rango de errores máximos permisibles.

Si el dispositivo de ajuste se encuentra instalado en la parte exterior del medidor, se deben tomar provisiones para el sellado según 6.4

6.4. Marcas de verificación y dispositivos de protección

Se debe proveer de un lugar en el medidor para la marca de verificación principal, la cual debe ser visible sin desmantelar el medidor.

Los medidores deben incluir dispositivos de protección que puedan ser sellados, de manera que, tanto antes como después de la correcta instalación del medidor, sea imposible modificar o desmantelar el medidor sin dañar estos dispositivos.

6.5. Dispositivos electrónicos de sellado

6.5.1. Acceso

- Cuando el acceso a los parámetros que influyen la determinación de los resultados de medición no esté protegido por dispositivos mecánicos de sellado, la protección debe cumplir con las provisiones de 6.5.1.2 y 6.5.1.3.

- El acceso solo debe ser permitido a personas autorizadas, como por ejemplo por medio de un código o un dispositivo especial que permita abrir el dispositivo de seguridad. En el caso de utilizar un código, este debe ser capaz de cambiarse.
- El dispositivo debe almacenar por lo menos la última intervención. El registro debe incluir la fecha y algún elemento característico que permita identificar a la persona que realiza la intervención. La trazabilidad de la última intervención se debe asegurar por lo menos por dos años en caso de no ser sobrescrita por una intervención más reciente. Si es posible memorizar más de una intervención, y se requiere eliminar un registro para permitir el ingreso de uno nuevo, se debe eliminar el registro más viejo almacenado.

6.5.2. Partes intercambiables

- Para medidores cuyas partes puedan ser desconectadas unas de otras por el usuario y sean intercambiables, las siguientes provisiones deben cumplirse:
 - No debe ser posible modificar los parámetros que participen en la determinación de los resultados de mediciones a través de puntos desconectados a menos que se cumplan las provisiones en 6.5.1
 - Interponer cualquier dispositivo el cual sea capaz de influir en la exactitud debe prevenirse por medio de sistemas de seguridad electrónicos y de procesamiento de datos. En caso de no ser posible ello se debe llevar a cabo a través de manera mecánica.

6.5.3. Desconexión de partes

Para medidores con partes que puedan ser desconectadas unas de otras por el usuario y sean intercambiables, aplican las provisiones de 6.5.2. Además, estos medidores deben estar equipados con dispositivos que no permitan que estos operen si las diferentes partes no están conectadas de acuerdo a la configuración del fabricante.

Las desconexiones no autorizadas pueden prevenirse por medio de un dispositivo que prevenga cualquier tipo de medición después de desconectarse y volver a conectarse.

6.6. Dispositivo indicador

6.6.1. Requisitos generales

Función

El dispositivo indicador de un medidor de agua debe proveer una indicación visual fácilmente legible, confiable e inequívoca del volumen indicado. Adicionalmente, el dispositivo indicador debe incluir un medio visual para la calibración y el sometimiento a ensayos de prueba. Este puede incluir elementos adicionales para la calibración y el sometimiento a ensayos de prueba, por medio de otros métodos, como pruebas y calibraciones automáticas.

Unidad de medida, símbolo y colocación

El volumen indicado de agua debe ser expresado en metros cúbicos. La unidad m³ debe aparecer en el dial inmediatamente adyacente al dispositivo indicador numerado.

Rango de indicación

El rango de indicación del medidor debe cumplir con los requisitos del cuadro 9.

Cuadro 9. Rango de indicación de un medidor de agua

Q_p (m ³ /h)	Rango de indicación (valores mínimos) (m ³)
$Q_p \leq 6,3$	9 999
$6,3 < Q_p \leq 63$	99 999
$63 < Q_p \leq 630$	999 999
$630 < Q_p \leq 6300$	9 999 999

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Código de color para los dispositivos de indicación

El color negro debe utilizarse, preferiblemente, para indicar el metro cúbico y sus múltiplos.

El color rojo debe utilizarse, preferiblemente, para indicar submúltiplos del metro cúbico.

Estos colores deben aplicarse a cualquier indicador, índice, números, ruedas, discos o cuadros de apertura.

Otras maneras de indicar el metro cúbico, sus múltiplos y submúltiplos puede ser utilizado siempre y cuando no haya ambigüedad al distinguir la indicación y la visualización alternativa, como por ejemplo los submúltiplos de verificación y prueba.

La escogencia del color debe de tomar en cuenta aflicciones visuales tales como el daltonismo, de manera que cualquier persona pueda distinguir entre los múltiplos y submúltiplos del metro cúbico.

6.6.2. Tipos de dispositivo indicador

General

Debe utilizarse cualquier tipo de dispositivo indicador según lo descrito en esta sección.

Tipo 1 - Dispositivo análogo

- El volumen debe indicarse por medio de un movimiento continuo de:
 - a) Uno o mas punteros moviéndose relativos a escalas graduadas;
 - b) Una o más escalas circulares o tambores cada uno pasando por un índice.

- El valor expresado, en metros cúbicos, de cada división de escala debe ser de la forma 10^n , donde n es un entero positivo o negativo o cero, y por ende estableciendo un sistema de decenas consecutivas. Cada escala debe estar graduada en valores expresados en metros cúbicos o acompañada de un factor multiplicador (x 0,001; x 0,01; x 0,1; x 1; x10; etc...).

- El movimiento lineal de los punteros o escalas debe darse de izquierda derecha.

- El movimiento rotacional de los punteros o escalas circulares debe darse en el sentido de las manecillas del reloj.
- El movimiento de los indicadores de rodillo numerados (tambores) debe ser hacia arriba.

Tipo 2 - Dispositivo digital

- El volumen debe ser indicado por una línea de dígitos adyacentes que aparecen en una o más aperturas. El movimiento de los rodillos de indicación (tambores) debe ser hacia arriba.
- El avance de cualquier dígito debe completarse mientras el dígito de la siguiente menor decena cambia de 9 a 0.
- La decena de menor valor puede tener un movimiento continuo, siempre y cuando la apertura sea lo suficientemente grande como para permitir que el número se lea sin ambigüedad alguna.
- La altura aparente de los dígitos debe ser menor a 4 mm.

Tipo 3 - Combinación de dispositivos digital y análogo

- El volumen debe ser indicado por una combinación de dispositivos tipo 1 y 2 y los respectivos requisitos deben aplicarse.

6.6.3. Dispositivos de verificación – Primer elemento – Intervalo de la escala de verificación.

Primer elemento e intervalo de la escala de verificación.

El indicador que tenga la menor decena se llama primer elemento. Su división de escala de menor valor se llama el intervalo de la escala de verificación.

Todo dispositivo indicador debe proveer medios para ensayos de verificación y calibración visuales no ambiguos por medio del primer elemento.

Adicional al dispositivo de verificación visual, el dispositivo indicador puede incluir provisiones para ensayos rápidos por medio de la inclusión de elementos complementarios (por ejemplo: discos o ruedas de estrella), que proporcionen señales a través de sensores acoplados de manera externa.

Dispositivos visuales de verificación

Valor del intervalo de la escala de verificación

El valor del intervalo de la escala de verificación, expresado en metros cúbicos, debe basarse en la fórmula 1×10^n , 2×10^n o 5×10^n , donde n es un número entero positivo o negativo, o cero.

Para dispositivos de indicación análogos o digitales con movimiento continuo del elemento de control, la escala de verificación puede estar conformada por la división en 2, 5 o 10 partes iguales del intervalo entre dos dígitos consecutivos del elemento de control. No debe aplicarse numeración a estas divisiones. En contraste, para dispositivos indicadores digitales con movimiento discontinuo del elemento de control, la escala de verificación es el intervalo entre dos dígitos consecutivos o movimientos incrementales del elemento de control.

Forma de la escala de verificación

En dispositivos indicadores con movimiento continuo del elemento de control, el espaciamiento aparente de la escala no debe ser menor a 1 mm ni mayor a 5 mm. La escala debe consistir de cualquiera de las siguientes configuraciones:

- líneas del mismo espesor que no excedan un cuarto del espaciamiento de la escala y que difieran entre sí solo por su longitud;

o

- bandas contrastantes de un ancho constante igual al espaciamiento de la escala.

El ancho aparente del puntero en su punta no debe exceder un cuarto del espaciamiento de la escala y en ningún caso debe ser mayor a 0,5 mm.

Resolución del dispositivo indicador

Las subdivisiones de la escala de verificación deben ser lo suficientemente pequeñas como para asegurar que la resolución de lectura del medidor no sea mayor al 0,5 % del volumen actual durante el ensayo de caudal mínimo Q_{MIN} y el ensayo no debe tomar más de 1 h 30 min. Este requisito aplica tanto para registros mecánicos como electrónicos.

Cuando la visualización del primer elemento sea continua, se debe permitir un posible error de lectura, en cada una de las lecturas, no mayor a la mitad de la menor división de escala. En caso contrario, cuando la visualización del primer elemento sea discontinua, se debe permitir un error de lectura, en cada una de las lecturas, de un dígito.

Dispositivos de verificación adicionales

Es permitida la utilización de dispositivos de verificación adicionales mientras que la incertidumbre de la lectura sea menor o igual al 0,5 % del volumen de prueba y que también se compruebe el correcto funcionamiento del dispositivo de indicación.

6.7. Medidores de agua equipados con dispositivos electrónicos

6.7.1. Requisitos generales

Los medidores de agua equipados con dispositivos electrónicos deben diseñarse y fabricarse de manera que no ocurran fallas significativas al ser expuestos a las perturbaciones especificadas en la tercera sección de esta norma. Además, estos deben diseñarse y fabricarse de manera que los errores no excedan el máximo posible definido en 5.4 bajo las CNO.

6.7.2. Mecanismos de verificación

Además de cumplir con las pruebas de rendimiento especificadas en la tercera parte de la presente norma, los medidores equipados con mecanismos de verificación deben pasar por una inspección de diseño. Los mecanismos de verificación son solo obligatorios para medidores utilizados en sistemas de pre-pago o en aquellos medidores que no se encuentren permanentemente instalados para un único usuario.

Los requisitos para mecanismos de verificación se establecen en el Anexo C.

Se toma como un hecho el que los medidores equipados con mecanismos de verificación cumplen con los requisitos establecidos en 6.7.1, mientras que estos pasen la inspección de diseño y las pruebas de desempeño especificadas en la parte tres de esta norma, bajo las siguientes condiciones:

- se deben someter cinco medidores idénticos a las pruebas de aprobación del modelo;
- al menos uno de los medidores debe someterse al conjunto entero de pruebas;
- ningún medidor debe fallar ninguna de las pruebas.

6.7.3. Dispositivo de indicación electrónico

- El dispositivo totalizador debe ser capaz de proveer una lectura confiable, clara y sin ambigüedad del volumen de agua medido.
- La utilización de un visualizador no permanente es permitido, aún durante la medición, sin embargo debe ser posible visualizar el volumen en cualquier momento. Si el visualizador es no permanente, el tiempo de indicación del volumen debe ser de por lo menos diez segundos.
- Cuando el dispositivo totalizador sea capaz de despegar información adicional, esta debe desplegarse sin ambigüedad.

- Debe incorporarse una habilidad al medidor, de manera que se pueda comprobar el correcto funcionamiento de la visualización, por ejemplo al desplegar diferentes caracteres preestablecidos. Cada paso de la secuencia debe durar por lo menos un segundo.
- La parte decimal de la lectura expresada en metros cúbicos no necesariamente debe desplegarse en el mismo dispositivo visualizador que la parte entera. En dado caso, la lectura debe ser clara y sin ambigüedad alguna.
- Por ejemplo, el valor puede leerse:
 - usando dos dispositivos de visualización por separado, en el mismo dispositivo totalizador;
 - en dos pasos sucesivos en el mismo dispositivo indicador;
 - Usando un dispositivo indicador removible que permita leer la parte decimal. En este caso un dispositivo permanente debe mostrar que el medidor cuenta con una resolución adecuada y el fabricante debe proveer información acerca de la resolución aproximada del dispositivo indicador permanente del medidor.

6.7.4. Fuente de poder

General

En esta sección de la norma se cubren tres diferentes tipos de fuentes de poder básicas para medidores con dispositivos electrónicos:

- fuente de poder externa;
- batería no reemplazable;
- batería reemplazable.

Estos tres tipos de fuente de poder pueden utilizarse de manera separada o en combinación. Los requisitos para cada tipo de fuente se cubren a continuación.

Fuente de poder externa

- Los medidores de agua con dispositivos electrónicos deben ser diseñados de manera que en un evento en el cual fallé la fuente de alimentación externa, la indicación del volumen en el medidor justo antes de la falla no se pierda y se mantenga accesible por lo menos por un año.
- La memorización correspondiente debe ocurrir por lo menos una vez por día o por cada volumen equivalente a 10 minutos de flujo mínimo Q_{MIN} .
- Cualquiera otras propiedades o parámetros del medidor no deben ser afectados por una interrupción del suministro eléctrico
- Una batería interna debe asegurar que el medidor opere por lo menos un mes, en total, cuando ocurra una falla en el suministro eléctrico externo falle, bajo condiciones normales de medición. La vida útil de esta batería, tomando en cuenta el número de años inactiva y el mes de funcionamiento, debe indicarse en el medidor.
- La fuente de poder debe ser capaz de protegerse de manera segura contra manipulaciones indebidas.

Batería no reemplazable

- El fabricante debe asegurar que la vida útil de la batería permita que el medidor funcione de manera correcta durante por lo menos un año adicional a la vida útil operativa del medidor.
- Las consideraciones tomadas por el fabricante, tales como: lectura remota, temperatura extrema, vida útil operativa indicada, entre otras, deben ser especificadas.

Batería reemplazable

- Cuando la fuente de poder eléctrica sea una batería reemplazable, el fabricante debe proporcionar indicaciones precisas para el reemplazo de esta.
- La fecha de reemplazo de la batería debe estar indicada en el medidor. Se debe indicar, en el medidor, cada vez que se cambie la batería, y se debe permitir la posibilidad de indicar la siguiente fecha de cambio de batería en el mismo.

- Las propiedades y parámetros del medidor no deben ser afectados por la interrupción del suministro eléctrico al cambiar la batería. Este requisito no necesariamente asegura que el medidor continuará registrando el volumen de agua consumido mientras se da el reemplazo. Lo anterior debe someterse a prueba de acuerdo a la prueba correspondiente especificado en la tercera parte de esta norma.
- Las consideraciones tomadas por el fabricante, tales como: lectura remota, temperatura extrema, vida útil operativa indicada, entre otras, deben ser especificadas.
- La operación de reemplazar la batería puede llevarse a cabo de manera que no se necesite romper el sello metrológico. Cuando la batería pueda ser removida de esta manera, el compartimiento de la batería debe estar protegido contra la manipulación indebida por medio de un dispositivo a prueba de manipulación, tal como un sello aprobado por el fabricante. De manera alternativa, cuando se requiera romper el sello metrológico, la entidad apropiada debe instalar un nuevo sello metrológico.

6.7.5. Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos

General

Esta sección define el programa de pruebas de rendimiento las cuales tienen por objetivo verificar si el medidor, equipado con dispositivos electrónicos, puede rendir y funcionar según lo esperado en un ambiente y condiciones específicas. Cada prueba indica, según sea apropiado, las condiciones de referencia para determinar el error intrínseco. Se debe tomar en cuenta que estas pruebas suplementan cualquier otra prueba prescrita.

Cuando el efecto de una cantidad de influencia esté siendo evaluado, todas las demás cantidades de influencia deben mantenerse relativamente constantes, cercanas a los valores de referencia (ver “Condiciones de referencia” en este mismo apartado).

Niveles de severidad

Para cada prueba de rendimiento se indican las condiciones de ensayo típicas, las cuales corresponden a las condiciones ambientales climáticas y mecánicas a las cuales debe estar expuesto el medidor.

Los medidores con dispositivos electrónicos se dividen en tres clases de acuerdo a las condiciones ambientales climáticas y mecánicas:

- clase B para medidores fijos instalados en un edificio;
- clase C para medidores fijos instalados al aire libre;
- clase I para medidores móviles.

No obstante, el solicitante de la aprobación del modelo puede indicar condiciones ambientales específicas en la documentación presentada al ente regulador, basada en el uso previsto del instrumento. En este caso, el ente regulador debe llevar a cabo las pruebas de rendimiento en niveles de severidad correspondientes a esas condiciones específicas. Si se da la aprobación del modelo, el conjunto de datos debe indicar los correspondientes límites de uso. Los fabricantes deben informar a los potenciales usuarios de las condiciones de uso para las cuales está aprobado el medidor. El ente regulador debe verificar que estas condiciones de uso sean cumplidas.

Los medidores de agua con dispositivos electrónicos se encuentran divididos en dos clases de ambiente electromagnético:

- Clase E1 Residencial, comercial e industrial ligero;
- Clase E2 Industrial.

Condiciones de referencia

Las condiciones de referencia para las pruebas de rendimiento deben ser:

Temperatura ambiente del aire:	$20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$
Humedad ambiente relativa:	$60\% \pm 15\%$
Presión atmosférica ambiente:	68 kPa hasta 106 kPa
Poder de voltaje:	Voltaje nominal (U_{nom}) $\pm 5\%$
Frecuencia de poder:	Frecuencia nominal (f_{nom}) $\pm 2\%$

Agua: Ver 5.4.1 (± 5 °C)

Durante cada ensayo, la temperatura y humedad relativa no deben variar en más de 5 °C o 10 %, respectivamente, dentro de los rangos de referencia.

Aprobación del modelo para una calculadora electrónica

Cuando una calculadora electrónica se someta a una aprobación de modelo separada, se deben llevar a cabo pruebas de aprobación de modelo solo en la calculadora que simulen diferentes entradas con estándares apropiados.

Los ensayos de precisión deben incluir un ensayo de precisión de los resultados de la medición. Para este propósito, el error obtenido en la indicación del resultado se calcula considerando que el valor verdadero es el que toma en cuenta el valor de las cantidades simuladas aplicado a las entradas de la calculadora, los cuales utilizan métodos estándares de cálculo. El error máximo permisible se encuentra indicado en 5.2.

Pruebas de ensayo

General

Las pruebas deben llevarse a cabo de acuerdo a las cláusulas aplicables de la tercera sección de la presente norma. Los ensayos enumerados en el cuadro 10 y descritos subsecuentemente, involucran la parte electrónica del medidor de agua o sus dispositivos y pueden ser llevados a cabo en cualquier orden.

Cuadro 10. Ensayos de rendimiento

Ensayo	Naturaleza de la cantidad de influencia	Nivel de severidad para cada clase(ver OIML D 11)		
		B	C	I
Calor seco	Factor de influencia	3	3	3
Frío	Factor de influencia	1	3	3
Calor húmedo, cíclico	Factor de influencia	1	2	2

Variación en el suministro de energía	Factor de influencia	1	1	1
Vibración (aleatoria)	Perturbación	—	—	2
Impacto mecánico	Perturbación	—	—	1
Reducciones de poder de corta duración	Perturbación	1a and 1b	1a and 1b	1a and 1b
Ráfagas eléctricas	Perturbación	2	2	2
Descarga electrostática	Perturbación	1	1	1
Susceptibilidad electromagnética	Perturbación	2,5,7	2,5,7	2,5,7
Campo magnético estático	Factor de influencia	—	—	—
Inmunidad a la sobrecarga eléctrica	Perturbación	2	2	2

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Las siguientes reglas se deben tomar en consideración para las pruebas de rendimiento:

1. **Volumen de prueba:** algunas cantidades de influencia deben tener un efecto constante en los resultados de la medición y no un efecto proporcional relativo al volumen medido. El valor de la falla significativa está relacionado con el volumen relativo, por ende para poder comparar los resultados obtenidos en diferentes laboratorios, es necesario realizar pruebas utilizando un volumen correspondiente al obtenido en un minuto utilizando el caudal de sobrecarga Q_s . No obstante, algunos ensayos pueden requerir más de un minuto, en cuyo caso estos deben llevarse a cabo en el tiempo más corto posible tomando en consideración la incertidumbre de medición.
2. **Influencia de la temperatura del agua:** los ensayos de temperatura deben tomar en cuenta la temperatura ambiente y no la temperatura del agua utilizada. Es por ello que se aconseja utilizar un método simulación de ensayo que permita que la temperatura del agua no influya en los resultados.

- **Calor seco**

Método de prueba:	Calor seco (no condensante)
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de alta temperatura ambiente del aire.
Referencias:	IEC 60068-2-2:1974, am 1:1993, am 2:1994 [1] IEC 60068-3-1:1974, am 1:1978 [2] IEC 60068-1:1988, am 1:1992 [3]

- **Calor húmedo, cíclico (condensante)**

Método de prueba:	Calor húmedo, cíclico (condensante)
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de humedad alta en combinación con cambios cíclicos de temperatura.
Referencias:	IEC 60068-2-30:1980, am 1:1985 [5] IEC 60068-3-4:2001 [6]

- **Variación en el suministro de energía**

- **Medidores alimentados por corriente alterna o convertidores C.A./C.D.**

Método de prueba:	Variación en la red eléctrica de suministro de corriente alterna (monofásica)
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones en las que se varíe el suministro eléctrico de corriente alterna.
Referencias:	IEC 61000-4-11:2004 [7]

- **Medidores alimentados por batería primarias**

Método de prueba:	Variación en el suministro eléctrico proporcionado por baterías primarias de corriente directa.
Objetivo de la	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones

prueba:	en las que se varíe el suministro eléctrico de corriente directa
Referencias:	Ninguna disponible

- **Vibración (aleatoria)**

Método de prueba:	Vibración aleatoria
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de vibración sinusoidal. Esta prueba normalmente aplica a medidores móviles solamente.
Referencias:	IEC 60068-2-64:1993 [8] IEC 60068-2-47:2005 [9]

- **Impacto mecánico**

Método de prueba:	Proporcionar un impacto mecánico conocido.
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, después de la aplicación de un shock mecánico.
Referencias:	IEC 60068-2-31:1969 [10] IEC 60068-2-47:2005 [9]

- **Reducciones de poder de corta duración**

Método de prueba:	Interrupciones de voltaje en la red eléctrica, de corta duración
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de interrupciones y reducciones de voltaje en la red eléctrica, de corta duración
Referencias:	IEC 61000-4-11:2004 [7]

- **Ráfagas eléctricas**

Método de prueba:	Ráfagas eléctricas
-------------------	--------------------

Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones en donde se sobrepongan ráfagas eléctricas al voltaje de la red eléctrica.
Referencias:	IEC 61000-4-4:1995, am 1:1998 [11]

- **Descargas electrostáticas**

Método de prueba:	Descargas electrostáticas
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de descarga electrostática directa e indirecta.
Referencias:	IEC 61000-4-2:1995, am 1:1998 [12]

- **Susceptibilidad electromagnética**

Método de prueba:	Campos electromagnéticos (irradiados)
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de campos electromagnéticos
Referencias:	IEC 61000-4-3:2002 [13]

- **Campo magnético estático**

Método de prueba:	Campos magnéticos estáticos
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones de campos magnéticos estáticos
Referencias:	ISO 4064-3.

- **Inmunidad a la sobrecarga eléctrica**

Método de prueba:	Aplicación de sobrecargas transitorias de voltaje
Objetivo de la prueba:	Verificar la conformidad con las previsiones de 5.2, bajo condiciones en donde se sobrepongan sobrecargas transitorias.
Referencias:	IEC 61000-4-5:2001 [14]

6.8. Marcas descriptivas

Los medidores de agua deben estar marcados de manera clara e indeleble con la siguiente información, ya sea de manera agrupada o distribuida en otra parte del mismo.

- Unidad de medida: metro cúbico (ver 6.6.1)
- El valor de Q_p , Q_p/Q_{MIN} , Q_T/Q_{MIN} (si no es igual a 1,6), y la clase de pérdida de presión (cuando difiera de $\Delta p = 0,063$ MPa (0,63 bar))

Por ejemplo: $Q_p = 25$, $Q_p/Q_{MIN} = 200$, $Q_T/Q_{MIN} = 2,5$, $\Delta p 10$

Donde: $Q_p = 25$ m³/h

$Q_p/Q_{MIN} = 200$ (puede representarse como R200)

$Q_T/Q_{MIN} = 2,5$

$\Delta p 10 = 0,01$ MPa (0,1 bar)

- nombre o marca del fabricante;
- año de fabricación y número de serie (lo más cercano posible al dispositivo indicador);
- dirección de flujo (mostrado en ambos lados del cuerpo, en un solo lado pero asegurando que la flecha que indique el flujo sea visible bajo cualquier circunstancia);
- presión máxima admisible si excede 1 MPa (10 bar) o para $DN \geq 500$, 0,6 MPa (6 bar);
- la letra V o H, si el medidor solo puede trabajar de manera horizontal o vertical;
- clase de temperatura, cuando sea diferente a T30;
- signo de aprobación del modelo de acuerdo a la ley nacional;
- clase de sensibilidad a irregularidades en el campo de velocidad;
- nivel de seguridad ambiental climático y mecánico;
- clase electromagnética (esta información puede ser proporcionada en una hoja de información por aparte, siempre y cuando sea de fácil acceso)
- señal de salida para dispositivos auxiliares (tipo/niveles) si existiera.

Para medidores con dispositivos electrónicos, las siguientes inscripciones son necesarias:

- para una fuente de alimentación externa, el voltaje y la frecuencia;
- para una batería reemplazable, la fecha en la que la batería debe ser reemplazada;
- para una batería no reemplazable, la fecha en la que el medidor debe ser reemplazado.

Norma técnica para la medición del flujo de agua potable en conductos cerrados

Parte 2: Requisitos de instalación

Tabla de Contenidos

Tabla de figuras	3
1. Alcance y propósito.....	4
2. Normas complementarias.....	4
3. Términos y definiciones.....	4
4. Criterios para la selección de los medidores	5
4.1. Consideraciones generales.....	5
4.2. Información que debe ser proveída por el fabricante.....	5
4.3. Medidores funcionando en paralelo o en un grupo.....	6
5. Accesorios asociados	7
6. Instalación.....	7
6.1. Requisitos generales	7
6.2. Requisitos de instalación	8
7. Perturbaciones hidráulicas	11
7.1. Tipos de perturbaciones	11
7.2. Métodos para la eliminación de perturbaciones.....	11
8. Primera operación de medidores nuevos o reparados.....	13

Tabla de figuras

Figura 1. Conexión incorrecta (izquierda) y conexión correcta (derecha) de una tubería secundaria con la principal.	13
--	----

1. Alcance y propósito

Esta parte de la normativa nacional para la medición del agua potable en conductos cerrados establece los criterios para la selección de medidores individuales, de combinación y concéntricos, accesorios asociados, instalación, requisitos especiales para medidores, así como para la primera operación de medidores nuevos o reparados, de manera que se asegure una medición exacta y constante, así como una lectura confiable del medidor.

Esta parte de la normativa aplica a medidores de agua basados en principios de funcionamiento mecánico, eléctrico y electrónico. También es aplicable a los dispositivos auxiliares electrónicos que formen parte del sistema de medición.

2. Normas complementarias

Las normas citadas a continuación son de suma importancia para la aplicación de este documento.

ISO 4064-1:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits -- Meters for cold potable water and hot water -- Part 1: Specifications.

Norma técnica de hidrómetros para el servicio de acueducto: AR-HAS-2008.

NBR NM 212, Medidores velocimétricos de agua fría até 15 m³/h.

3. Términos y definiciones

Para los propósitos de este documento, los términos y definiciones establecidos en la primera sección de esta norma, así como los descritos a continuación, son aplicables.

3.1.

Operación paralela

La operación de dos o más medidores agrupados y conectados a una entrada y salida de agua en común.

3.2.

Operación de múltiples medidores

La operación de varios medidores agrupados en donde sus entradas están conectadas a una misma fuente o sus salidas vierten en un mismo punto, pero no las dos al mismo tiempo.

4. Criterios para la selección de los medidores

4.1. Consideraciones generales

El tipo, las características metrológicas y el tamaño de los medidores de agua deben determinarse de acuerdo a las condiciones de operación de la instalación y clase(es) ambiental demandada, tomando en consideración, en particular, lo siguiente:

- suministro de presión disponible;
- características físicas y químicas del agua;
- pérdida de presión aceptable a través del medidor;
- caudales esperados: los caudales mínimo y permanente (Q_{MIN} y Q_{P}) del medidor (según lo define la primera parte de esta norma), deben ser compatibles con las condiciones de caudal esperadas de la instalación, incluyendo la dirección del flujo;
- idoneidad del tipo de medidor para las condiciones de instalación previstas;
- espacio y tubería disponibles para instalar el medidor y sus conexiones;
- posibilidad de depósito de sustancias dentro del medidor;
- sostenibilidad del flujo eléctrico hacia el medidor (donde aplique).

Cuando se haga uso de medidores de combinación, debe tenerse cuidado de que los caudales de cambio sea diferentes y menores a los caudales de operación normal.

4.2. Información que debe ser proveída por el fabricante

El fabricante debe proveer información suficiente para permitir una correcta decisión del tipo de medidor y una apropiada instalación del mismo, de manera que cualquier factor de influencia no lleve a la falla del aparato o no conformidad con las características metrológicas especificadas.

Específicamente, el fabricante debe determinar los factores de influencia que afecten el error de indicación y estado del diseño individual del medidor. Para cada factor de influencia, el fabricante debe indicar las condiciones nominales de operación relevantes aplicables al medidor.

4.3. Medidores funcionando en paralelo o en un grupo

Cuando se utilicen medidores en paralelo, deben proveerse los medios de manera que al no poder operar uno de los medidores, los otros no trabajen con un caudal mayor al caudal límite de operación para cada medidor individual.

Para poder asegurar que medidores de diferente tipo trabajen en paralelo satisfactoriamente, sus características individuales deben ser compatibles, por ejemplo al agruparlos de acuerdo a su pérdida de presión, rango de caudal y presión máxima de trabajo.

Cuando se utilicen medidores en paralelo o en grupo, deben considerarse las posibilidades de interacción entre un medidor o tipo de medidor y otro que atenten contra su vida útil o precisión.

Ejemplos de medidores trabajando en paralelo o en grupo se enumeran a continuación:

- medidores operando en paralelo cuando sea impráctico la utilización de un solo medidor de gran tamaño para satisfacer la máxima demanda de agua o cubrir el caudal máximo requerido;
- medidores instalados en paralelo donde sea necesario tener medidores “en espera” para asegurar la continuidad del caudal y la medición del mismo, en caso de bloqueo del flujo o daño en algún otro medidor.
- medidores en operación múltiple, agrupados para facilitar el acceso, mantenimiento y lectura, en donde sea necesario dividir el caudal en diferentes ramas. Por ejemplo en un edificio de apartamentos o cuando sea necesario unir caudales tributarios en uno principal, como en una planta de tratamiento de agua.

5. Accesorios asociados

El medidor, y su instalación en general, puede incluir los siguientes accesorios, según sea necesario:

Aguas arriba del medidor

- **Una válvula o llave de cierre**, con la dirección de operación de la válvula indicada, opcionalmente.
- **Un dispositivo normalizador de flujo y/o una sección recta de tubería**, colocada entre la válvula y el medidor.
- **Un colador**, colocado entre la válvula de cierre y el medidor.
- **Cualquier manera de sellar la conexión entre el medidor y la tubería de suministro de agua**, de manera que se pueda detectar la remoción no autorizada del medidor.

Aguas abajo del medidor

- **Un dispositivo de longitud ajustable**, de manera que sea fácil instalar y remover el medidor. Este accesorio se recomienda especialmente para medidores con un $Q_p > 16 \text{ m}^3/\text{h}$.
- **Un dispositivo que incluya una válvula de drenaje**, la cual pueda utilizarse para monitorear la presión, esterilización y toma de muestras de agua.
- **Una válvula o llave de cierre**, para medidores con $Q_p > 4 \text{ m}^3/\text{h}$; esta válvula debe operar en el mismo sentido que la válvula aguas arriba.
- **Una válvula de chequeo**, excepto para aplicaciones con flujo bidireccional.

6. Instalación

6.1. Requisitos generales

Todo medidor de agua, por si solo o en grupo, debe ser de fácil acceso para su lectura (por ejemplo, sin hacer uso de un espejo o una escalera), instalación, mantenimiento, remoción o desarme en sitio del aparato, de ser necesario.

Adicionalmente, para medidores de agua con una masa mayor a los 25 kg, debe proveerse libre acceso al sitio de instalación para permitir que el medidor sea colocado o removido de su lugar correspondiente. Además se debe proveer suficiente espacio a su alrededor para trabajar con equipo de carga. Lo anterior tomando en cuenta una adecuada iluminación del sitio de instalación y una superficie de trabajo lisa, pareja, no deslizante y sin obstáculos.

Los accesorios especificados en la sección 5 también deben ser de fácil acceso, y los requisitos para la instalación de medidores de gran tamaño aplica también a sus accesorios.

En todos los casos se debe evitar la contaminación del medidor, especialmente cuando se esté instalando dentro de una excavación, al montar este y sus accesorios a una altura suficiente sobre el suelo. De ser necesario, la excavación debe contar con una bomba que permita la extracción de agua.

6.2. Requisitos de instalación

- Para un correcto funcionamiento y una larga vida útil, el medidor debe estar siempre completamente lleno de agua.
- El medidor debe estar siempre protegido de daños por shock o vibración inducida externamente.
- El medidor no debe estar sujeto a esfuerzos causados por la tubería o los accesorios. De ser necesario, este puede estar montado sobre un plinto o soporte.
- La tubería, tanto aguas abajo como aguas arriba, debe estar debidamente sujeta de manera que al desinstalar el medidor, la fuerza del agua no provoque desplazamientos en ella.
- El medidor debe estar protegido de daños causados por altas temperaturas del agua o del aire que lo rodea.
- Si existe un riesgo de que entre aire al medidor o al grupo de medidores, se debe instalar una válvula para el escape del aire aguas arriba de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- El pozo y hoyo en donde se encuentre el medidor, de ser el caso, debe estar debidamente protegido contra inundaciones y agua de lluvia.

- La orientación del medidor debe ser apropiado de acuerdo a su tipo, de acuerdo a como lo indique el fabricante.
- El medidor debe estar protegido contra daños asociados a corrosión ambiental externa.
- Si el medidor es parte de una conexión eléctrica a tierra, debe existir un corto circuito permanente para el medidor y sus accesorios asociados, con el propósito de proteger a los operarios.
- Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar daños al medidor debido a condiciones hidráulicas poco favorables, tales como cavitación y golpe de ariete.
- Otras consideraciones deben tomarse en cuenta al instalar el medidor de agua, tales como:
 - temperatura del agua;
 - humedad relativa del ambiente;
 - presión del agua;
 - transmisión de vibraciones;
 - calidad del agua (partículas suspendidas);
 - descarga electrostática;
 - campos magnéticos continuos;
 - perturbaciones electrostáticas;
 - cualquier otra condición mecánica, química, climática, eléctrica o hidráulica relevante.

La instalación en cualquier condición ambiental debe ser tal que el medidor se mantenga dentro de sus condiciones de operación nominales para cualquier cantidad de influencia, durante la vida útil del aparato especificada por el fabricante.

Partículas en suspensión

Si, para condiciones específicas de instalación, la precisión de la medición del caudal por el medidor puede ser afectada por la presencia de partículas en suspensión, entonces es permitido que se instale un colador o filtro. Este colador o filtro debe ser colocado en la entrada del medidor o, en su defecto, en la tubería aguas arriba.

Medidores electromagnéticos

Para asegurar una medición precisa y prevenir la corrosión de los electrodos, el medidor y el mensurando deben tener el mismo potencial eléctrico. Normalmente esto implicaría conectar a tierra el medidor pero de existir instrucciones diferentes por parte del fabricante, estas últimas deben prevalecer.

En una tubería aislada pero conductiva, sin una cobertura aislante interna, el punto de conexión del elemento primario del medidor debe estar eléctricamente unido con el elemento secundario, y ambos elementos conectados a tierra.

En tuberías no conductivas, o tuberías aisladas del fluido, deben interponerse anillos metálicos conectados a tierra entre la tubería y el elemento primario del medidor. Estos deben estar conectados eléctricamente al elemento secundario, y ambos elementos conectados a tierra.

Cuando el fluido no pueda ser conectado a tierra por razones técnicas, el medidor puede conectarse sin hacer referencia al potencial del fluido, siempre y cuando el modelo del medidor y las instrucciones del fabricante lo permitan.

Para otros requisitos en lo que concierne a los medidores electromagnéticos, debe aplicarse la norma ISO 6817.

Medidores operando en paralelo o en grupo

Deben proveerse los medios para permitir la instalación, lectura, mantenimiento y remoción o desarme en sitio del medidor, lo anterior sin interferencia o interferir con la operación de algún otro medidor dentro del mismo grupo.

Cuando operen varios medidores y su desagüe sea el mismo, deben instalarse válvulas anti-retorno aguas abajo de cada medidor para prevenir flujo en dirección contraria. En este mismo caso en el que operen múltiples medidores deben proveerse los medios, ya sea de manera adyacente o cercana, para identificar la fuente o salida que está registrando cada medidor.

Seguridad de la operación

Los medidores deben contar con dispositivos de protección, los cuales puedan ser sellados de manera que, después del sellado y una vez que el medidor se encuentre

debidamente instalado, no exista la posibilidad de desmantelamiento, alteración o remoción del medidor o su dispositivo de ajuste, sin un daño visible a los dispositivos de protección.

7. Perturbaciones hidráulicas

Muchos tipos de medidores son susceptibles a, principalmente, las perturbaciones del flujo aguas arriba de su ubicación, los cuales pueden llegar a causar grandes errores de medición, así como desgaste prematuro. En menor manera, los medidores son susceptibles a las perturbaciones aguas debajo de su ubicación.

Debe tomarse en consideración que el óptimo funcionamiento de los diferentes tipos de medidores de agua depende no solo de su construcción, sino también de sus condiciones de instalación.

7.1. Tipos de perturbaciones

Un flujo puede estar sometido a dos tipos de perturbaciones: distorsión del perfil de velocidad y remolinos.

La distorsión del perfil de velocidad es causada típicamente por una obstrucción parcial de la tubería, como por ejemplo la presencia de una válvula parcialmente cerrada, una válvula mariposa, una válvula anti-retorno, un orificio, un regulador de presión, entre otros.

Los remolinos son causados por muchas razones. Por ejemplo, dos giros en diferentes planos en la tubería, bombas centrífugas y entradas de agua tangenciales a la tubería principal pueden causar remolinos que afecten el medidor.

Estas perturbaciones deben eliminarse en la mayor medida posible siguiendo las recomendaciones de 7.2.

7.2. Métodos para la eliminación de perturbaciones

Las circunstancias en las que se pueden provocar perturbaciones de flujo son extensas y por naturaleza muy complejas y por lo tanto no es posible no pueden detallarse por completo en el presente documento. Sin embargo, se deben eliminar todas las causas

potenciales antes de la implementación de dispositivos de corrección tales como un dispositivo corrector de flujo.

Los siguientes factores pueden seguir de guía para la instalación de un nuevo medidor.

- La distorsión del perfil de velocidad puede ser fácilmente eliminada al proceder con los procedimientos de instalación de una manera cuidadosa. Esto es particularmente relevante en el caso de cambios abruptos de sección y la incorrecta instalación de juntas. Adicionalmente, una vez que el medidor se encuentre en pleno funcionamiento, es necesario garantizar que todas las válvulas, tanto aguas arriba como aguas abajo, estén completamente abiertas. Estas válvulas deben de ser de un tipo que no cause ninguna perturbación en el flujo del agua mientras se encuentren abiertas.
- Una buena regla empírica es utilizar secciones rectas de tubería, con un diámetro D , antes y después del medidor de largos entre $5D$ y $10D$, lo cual tiende a reducir la ocurrencia de perturbaciones en el flujo. Se pueden esperar mejores resultados entre más larga sea la sección recta de tubería, particularmente aguas arriba del medidor.
- Cualquier dispositivo, tal como una válvula anti-retorno, un orificio, un regulador de presión o flujo, entre otros, puede crear una perturbación en el perfil de velocidad que siga existiendo más allá de largos mayores a $10D$. Este tipo de dispositivos deben procurar ser instalados aguas abajo del medidor, en la parte más lejana de la sección recta de tubería, en la medida de lo posible.
- Debe tenerse cuidado al conectar una tubería hacia la tubería principal, de manera que no se creen remolinos.
- Dos giros en la tubería, en dos diferentes planos deben instalarse aguas abajo del medidor o separarse la mayor distancia posible del medidor, de encontrarse aguas arriba.
- Un dispositivo corrector de flujo compatible puede utilizarse aguas arriba del medidor para reducir la longitud recta de tubería, siempre y cuando ello no interfiera con las instrucciones del fabricante del medidor. Deben tomarse medidas adecuadas para flujos bidireccionales.

- La siguiente figura ilustra ejemplos de conexión incorrecta y correcta entre una tubería principal y una secundaria, de manera que en la conexión correcta no se creen remolinos.



Figura 1. Conexión incorrecta (izquierda) y conexión correcta (derecha) de una tubería secundaria con la principal.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 Tubería secundaria

2 Tubería principal

8. Primera operación de medidores nuevos o reparados

Antes de instalar el medidor, la tubería principal debe ser enjuagada de manera que se remueva cualquier escombros o suciedad de ella. Deben limpiarse y secarse las zonas aledañas al sitio de instalación para prevenir el ingreso de residuos en el medidor.

Después de la instalación, debe dejarse fluir el agua por el medidor de manera lenta y con los escapes de aire abiertos, de manera que el aire atrapado no cause que el medidor exceda su velocidad de medición, pudiendo dañar el aparato.

Medidores operando en paralelo o en grupo

Cuando uno o más medidores de un grupo empiecen a operar, la posibilidad de flujo inverso en los demás medidores del grupo existe. Deben tomarse las medidas necesarias para evitar esto, como por ejemplo usando válvulas de presión, válvulas anti-retorno, válvulas de control, etc. Además, se debe instalar un regulador de flujo aguas abajo del medidor.

Protección del medidor

Consideraciones generales

El medidor debe estar protegido del riesgo de daños que puedan ser causados por:

- inundación o agua de lluvia;
- shock o vibraciones transmitidas o inducidas por la instalación;
- flujo inverso;
- condiciones hidráulicas inversas (cavitación, sobrepresión, golpe de ariete);
- temperaturas de agua o aire ambiente excesivas;
- calor seco o húmedo;
- esfuerzos o desequilibrio inducidos por la instalación;
- corrosión ambiental o externa debido a electrolitos;
- fraude intencional;
- descargas eléctricas;
- reducción del flujo eléctrico por poco tiempo;
- variación en el voltaje eléctrico;
- vibraciones sinusoidales;

Shock o vibraciones transmitidas o inducidas por la instalación

Deben tomarse las medidas necesarias para asegurar que el medidor no sea afectado por vibración, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Cualquier causa potencial de vibración debe eliminarse antes de la instalación del medidor. Es permitido instalar juntas flexibles en la tubería, cuando sea necesario. Para medidores de mayor tamaño (DN 150 y mayor) se deben aislar los bloques y paradas de anclaje del suelo por medio de bases flexibles.

Flujo inverso

Se debe proveer protección contra flujo inverso en el medidor, cuando el tipo de medidor esté diseñado o se especifique que debe trabajar con flujo en cierta dirección, y

en donde un flujo inverso pueda ocasionar daños o cause que el error salga del error máximo permisible.

Cuando el diseño del medidor permita una correcta medición de flujo inverso sin causar deterioro alguno, un dispositivo indicador de flujo inverso puede utilizarse como alternativa a la protección.

En caso de transacciones comerciales, cuando el flujo de agua pasando a través del medidor deba ser unidireccional, la protección debe consistir en un dispositivo anti-retorno anticontaminante aprobado que pueda incorporarse en la válvula de drenaje del medidor o algún otro accesorio asociado.

La protección contra flujo inverso puede estar incorporada en el diseño del ensamblaje del medidor.

Esfuerzos o desequilibrio inducidos por la instalación

El medidor no debe estar sujeto a esfuerzos indebidos o desequilibrados causados por un mal alineamiento de las tuberías o accesorios, por falta de soporte adecuado o por estar montado sobre soportes mal alineados.

Fraude intencional

Un dispositivo de protección para sellar el medidor debe ser instalado en la tubería de entrada para todas las transacciones comerciales. Este dispositivo debe prevenir la remoción del medidor sin que el daño sea aparente en el sello.

Seguridad del personal y los usuarios

Los medidores no deben ser instalados en lugares peligrosos. Adicionalmente, es esencial evitar todas las condiciones de instalación que puedan constituir un riesgo a la salud de los operarios o usuarios.

Se deben tomar las provisiones necesarias en lo que respecta a iluminación, ventilación, superficies anti-deslizantes, cambios en el nivel de piso y obstrucciones.

Para medidores de agua con una masa mayor a los 25 kg, debe proveerse libre acceso al sitio de instalación para permitir que el medidor sea colocado o removido de su lugar

correspondiente. Además se debe proveer suficiente espacio a su alrededor para trabajar con equipo de carga. Lo anterior tomando en cuenta una adecuada iluminación del sitio de instalación y una superficie de trabajo lisa, pareja, no deslizante y sin obstáculos.

Anclaje de tuberías

La tubería, tanto aguas arriba como aguas abajo del medidor, debe estar anclada de manera adecuada para asegurar que esta no pueda ser desplazada por el empuje del agua, ya sea durante la operación normal del medidor, cuando este sea desmantelado o al ser desconectado de un lado o brida.

Instalación de alcantarillas

La tapa de la alcantarilla debe resistir el ingreso del agua, ser fácil de manipular por una sola persona y debe por resistir las cargas que se encuentren en su ubicación específica.

Cuando la alcantarilla lo amerite, debido a su profundidad, deben instalarse peldaños con pasamanos o escaleras si la cámara es lo suficientemente grande.

Requisitos de instalación para tuberías mayores a DN 40

En todos los casos en donde el medidor no se encuentre enterrado, debe existir un espacio libre mínimo arriba de este y sus accesorios asociados mayor o igual a 700 mm.

Protección contra peligros relacionados a instalaciones eléctricas

En el caso en el que el medidor sea parte de una conexión eléctrica a tierra, debe existir una derivación permanente a lo largo del medidor y sus accesorios asociados, de manera que se minimice el riesgo de daños al operador.

Las tuberías de agua no deben ser utilizadas como un sistema de puesta a tierra para instalaciones eléctricas.

Además de cualquier regulación nacional aplicable, se recomienda considerar el aislamiento eléctrico del sistema de agua, en una instalación privada, de la conexión de agua misma. Esto podría requerir la interposición de una sección aislante entre cualquier tubería interna y el accesorio metálico más aguas abajo de la conexión.

El instalador debe tomar en cuenta que aún cuando el sistema de puesta a tierra se ejecuta de manera apropiada y es independiente de la conexión de la tubería, de igual manera existe el riesgo hacia los operadores trabajando en el medidor y sus accesorios asociados. Esto es relevante en los siguientes casos:

- cuando existen conexiones equipotenciales entre el sistema de agua interno y la conexión a tierra.
- cuando el usuario, como parte de las regulaciones en cuanto a trabajo en líneas eléctricas, utiliza tuberías de agua dentro de los edificios, ubicados después del medidor, para conectar los varios equipos eléctricos a tierra.

Confort del personal – Acceso al medidor y accesorios

Debe ser posible separar el sistema de medición, compuesto por el medidor y sus accesorios, de la instalación, incluyendo la tubería, en la cual se encuentra colocado. La instalación, remoción, y reemplazo del medidor y sus accesorios debe ser llevada a cabo sin el deterioro o remoción del material de la construcción y sin tener que desplazar ningún equipo u objetos misceláneos.

Para medidores con una masa mayor a 40 kg, un camino, calle de acceso, pasillo o similar debe ser proveído para llevar el medidor a su sitio de instalación.

Excepto en el caso de medidor del tipo “en línea”, los cuales calzan dentro de ensamblajes específicos, debe existir el suficiente espacio entre cualquier pared lateral u obstáculo y al menos uno de los lados del medidor instalado/accesorios asociados. Se recomienda que este espacio sea de por lo menos un diámetro de tubería más 300 mm.

Instalación en alcantarillas

Para la instalación dentro de una alcantarilla, la base de la alcantarilla se debe encontrar de manera normal por debajo del nivel del agua.

El medidor y sus accesorios deben estar instalados a una altura suficiente por sobre la base de la alcantarilla tal que se prevenga cualquier riesgo de contaminación. De ser necesario, la alcantarilla debe estar equipada con una bomba que permita la extracción de agua estancada.

La alcantarilla debe estar construida a partir de materiales inmunes a la putrefacción, para así mantener su integridad estructural y resistencia.

Norma técnica para la medición del flujo de agua potable en conductos cerrados

Parte 3: Equipo y métodos de ensayo

Tabla de Contenidos

Tabla de figuras	5
Tabla de cuadros	6
1. Alcance y propósito	8
2. Normas complementarias.....	8
3. Términos y definiciones.....	10
4. Requerimientos comunes para todos los ensayos	11
4.1. Requisitos preliminares.....	11
4.2. Calidad del agua	11
4.3. Otras condiciones de referencia	11
4.4. Ubicación.....	12
5. Ensayos para determinar errores de indicación	13
5.1. General.....	13
5.2. Principio.....	13
5.3. Descripción del banco de pruebas.....	13
5.4. Tubería	13
5.5. Dispositivo calibrado de referencia	19
5.6. Lectura del medidor	19
5.7. Factores principales que afectan la determinación de los errores de indicación	20
5.8. Errores intrínsecos	22
5.9. Ensayos de temperatura del agua	23
5.10. Ensayos de presión interna	23
5.11. Ensayos de flujo inverso	23
5.12. Ensayos de irregularidades en campos de velocidad	25
5.13. Interpretación de los resultados	26
6. Ensayos de presión estática	28
6.1. Objetivo de los ensayos.....	28

6.2.	Preparación.....	28
6.3.	Procedimiento del ensayo – medidores en línea.....	28
6.4.	Procedimiento del ensayo – medidores concéntricos.....	28
6.5.	Criterios de aceptación.....	29
7.	Ensayos de pérdida de presión.....	29
7.1.	Objetivo del ensayo.....	29
7.2.	Preparación.....	29
7.3.	Procedimiento del ensayo.....	31
7.4.	Criterios de aceptación.....	33
8.	Ensayos de durabilidad.....	34
8.1.	Ensayo de flujo continuo	34
8.2.	Ensayo de flujo discontinuo	37
8.3.	Ensayo de impermeabilidad.....	42
8.4.	Ensayo de resistencia de cúpula	43
8.5.	Ensayo de torsión.....	45
9.	Ensayos de rendimiento para medidores electrónicos y medidores mecánicos equipados con dispositivos electrónicos	46
9.1.	Introducción.....	46
9.2.	Requisitos generales	47
9.3.	Ambiente climático y mecánico	50
9.4.	Ambiente electromagnético	58
9.5.	Fuente de poder.....	64
10.	Programa de ensayo para la aprobación del modelo.....	74
10.1.	General.....	74
10.2.	Ensayos de rendimiento aplicables a todos los medidores	75
10.3.	Medidores electrónicos, mecánicos con dispositivos electrónicos y partes separadas.....	75
10.4.	Programa de ensayo para partes separadas de un medidor.....	76
11.	Ensayos para la verificación inicial.....	76
11.1.	General.....	76

11.2. Ensayo de presión estática	77
11.3. Mediciones del error de indicación.....	77
11.4. Ensayos de temperatura del agua.....	77
12. Reporte de ensayo	77
12.1. General.....	77
12.2. Reporte del ensayo de aprobación del modelo	78
Anexo A (normativo)	82
B.1. General	82
B.2. Medición del error de indicación.....	82
Anexo B (normativo)	90
B.1. General	90
B.2. Generadores de perturbación de tipo roscado	90
B.3. Perturbadores de flujo de tipo oblea.....	96
Anexo C (informativo)	103

Tabla de figuras

Figura 1. Esquema de pruebas para perturbaciones de flujo	27
Figura 2. Esquema de pruebas para perturbaciones de flujo	31
Figura 3. Medición de la pérdida de presión.....	34
Figura B.1. Generador de perturbación roscado – Configuración de unidades de generación de turbulencia.....	90
Figura B.2. Generador de perturbación roscado – Configuración de unidades de distorsión del perfil de velocidad.....	91
Figura B.3. Cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.....	92
Figura B.4. Cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	93
Figura B.5. Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	94
Figura B.6. Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	95
Figura B.7. Junta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	96

Figura B.8. Generador de perturbaciones de tipo oblea – Configuración de las unidades generadores de remolinos.....	97
Figura B.9. Generador de perturbaciones de tipo oblea – Configuración de las unidades de perturbación del perfil de velocidad.	98
Figura B.10. Generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo oblea.	99
Figura B.11. Perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo oblea.	100
Figura B.12. Junta de un generador de perturbaciones de tipo oblea.....	101
Figura C.1. Ejemplo de un múltiple de conexión para un medidor concéntrico.....	103
Figura C.2. Ejemplo de un múltiple para el ensayo de presión sobre los empaques de un medidor concéntrico.	104
Figura C.2. Ejemplo de un tapón para el ensayo de presión de los empaques de un medidor concéntrico.	105

Tabla de cuadros

Cuadro 1. Ensayos de resistencia	37
Cuadro 2. Factor de influencia: calor seco (no condensante)	51
Cuadro 3. Factor de influencia: frío	52
Cuadro 4. Factor de influencia: calor seco (condensante).....	53
Cuadro 5. Factor de influencia: vibración (aleatoria).....	55
Cuadro 6. Factor de influencia: shock mecánico.	57
Cuadro 7. Factor de influencia: descarga electrostática.	58
Cuadro 8. Perturbación: radiación electromagnética.....	60
Cuadro 9. Frecuencias portadoras de inicio y fin.....	61
Cuadro 10. Factor de influencia: influencia de un campo magnético estático.	63
Cuadro 11. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de la red de C.A.....	64
Cuadro 12. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de la red de C.A.....	66
Cuadro 13. Perturbación: sobretensión transitoria	68
Cuadro 14. Perturbación: Transitorios/ráfagas eléctricas rápidas.....	69
Cuadro 15. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de C.D.....	71
Cuadro 16. Número mínimo de medidores a ser ensayados.....	74
Cuadro 17. Programa de ensayo: todos los medidores.	75

Cuadro 18. Ensayos de rendimiento: aplicación de cantidades de influencia y perturbaciones	76
Cuadro 19. Procedimientos de ensayo y resultados – Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.....	78
Cuadro 20. Inspecciones – Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.....	80
Cuadro 21. Ensayos para medidores electrónicos o medidores con dispositivos electrónicos - Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.....	80
Cuadro B.1. Clave de la figura B1.1.	91
Cuadro B.2. Clave de la figura B.2.	91
Cuadro B.3. Dimensiones para una cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	92
Cuadro B.4. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	93
Cuadro B.5. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	94
Cuadro B.6. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	95
Cuadro B.7. Dimensiones para la junta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.	96
Cuadro B.8. Clave de la figura B.8.	97
Cuadro B.9. Clave de la figura B.9.	98

1. Alcance y propósito

Esta parte de la normativa nacional para la medición del agua potable en conductos cerrados especifica los métodos de ensayo y los medios a ser empleados para determinar las principales características de los medidores de agua.

Esta parte de la normativa aplica a medidores de agua caliente, fría y medidores combinación, los cuales puedan soportar una presión máxima de trabajo (PMA) igual a por lo menos 1 MPa (10 bar) o 0,6 MPa para medidores con diámetro nominal mayor o igual a DN 500 mm y una temperatura máxima admisible de 30 °C para medidores de agua fría y 180 °C para medidores de agua caliente.

Esta parte de la norma también aplica a medidores basados en principios eléctricos o electrónicos y a medidores basados en principios mecánicos los cuales incorporen dispositivos electrónicos, usados par medir el caudal actual de agua potable fría y caliente.

En el caso en el que los medidores tengan un caudal permanente menor a los 160 m³/h, es posible que se deban tomar previsiones a la hora de modificar las condiciones de referencia, de manera que puedan cumplirse las limitaciones de los ensayos de laboratorio individuales, cuando se prueben específicamente la resistencia o desempeño bajo cantidades de influencia.

2. Normas complementarias

Las normas citadas a continuación son de suma importancia para la aplicación de este documento. En caso de que el documento citado carezca de fecha, aplica la versión mas reciente del mismo.

ISO 228-1, Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation

ISO 286-2, ISO system of limits and fits — Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts

ISO 4064-1:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits — Meters for cold potable water and hot water — Part 1: Specifications

ISO 4064-2:2005, Measurement of water flow in fully charged closed conduits — Meters for cold potable water and hot water — Part 2: Installation requirements

ISO 5168, Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties

ISO 7005-2, Metallic flanges — Part 2: Cast iron flanges

ISO 7005-3, Metallic flanges — Part 3: Copper alloy and composite flanges

ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), 1995

IEC 60068-1:2013, Environmental testing — Part 1: General and guidance

IEC 60068-2-1:2007, Environmental testing — Part 2 Tests. Tests A: Cold

IEC 60068-2-2:2007, Environmental testing — Part 2: Tests. Tests B: Dry heat

IEC 60068-2-30:2005, Environmental testing — Part 2 Tests. Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12h + 12h cycle)

IEC 60068-2-31:2008, Environmental testing — Part 2 Tests. Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens

IEC 60068-2-47:2005, Environmental testing — Part 2-47:Test: — Mounting of components, equipment and other articles for vibration, impact and similar dynamic tests

IEC 60068-2-64:2008, Environmental testing— Part 2: Test methods— Test Fh: Vibration, broad-band random (digital control) and guidance

IEC 60068-3-1:2011, Environmental testing — Part 3: Background information — Section One: Cold and dry heat tests

IEC 60068-3-4:2001, Environmental testing — Part 3-4: Supporting documentation and guidance — Damp heat tests

IEC 61000-4-2:2008, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4: Testing and measurement techniques — Section 2: Electrostatic discharge immunity test. Basic EMC Publication

IEC 61000-4-3:2003 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

IEC 61000-4-4:2012, Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and Measurement Techniques — Surge Immunity Tests

IEC 61000-4-5:2014, Electromagnetic Compatibility (EMC) — Testing and measurement techniques — Part 4-5: Surge immunity test

IEC 61000-4-11:2004, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

OIML D 4:1981, Installation and storage conditions for cold water meters

OIML D 11:1994, General requirements for electronic measuring instruments

OIML G 13:1989, Planning of metrology and testing laboratories (P 7)

3. Términos y definiciones

Para los propósitos de este documento, los términos y definiciones establecidos en la primera sección de esta norma, así como los descritos a continuación, son aplicables.

3.1.

Caudal de cambio decreciente en un medidor de combinación

Q_{x1}

Caudal que ocurre cuando la caída de presión en el medidor de combinación aumenta de manera repentina, al mismo tiempo que cesa el paso del agua a través del medidor grande y se da un aumento visible del caudal en el medidor pequeño.

3.2.

Caudal de cambio creciente en un medidor de combinación

Q_{x2}

Caudal que ocurre cuando la caída de presión en el medidor de combinación decrece de manera repentina, al mismo tiempo que empieza pasar el caudal de arranque a través del medidor grande y se da una reducción visible del caudal en el medidor pequeño.

3.3.

Error relativo

ε

Error, expresado como un porcentaje, definido por la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100$$

donde,

V_i es el volumen indicado;

V_a es el volumen actual.

3.4.

Caudal de prueba

Caudal medio calculado a partir de la indicación del dispositivo de referencia calibrado y la duración del ensayo.

4. Requisitos comunes para todos los ensayos

4.1. Requisitos preliminares

Antes de empezar un ensayo, un programa escrito de los ensayos a realizar debe ser compilado e incluido. Por ejemplo, una descripción de los ensayos para la determinación del error, pérdida de presión y resistencia al desgaste. El programa puede también definir los niveles necesarios de aceptación y estipular como los resultados del ensayo deben interpretarse.

4.2. Calidad del agua

Todos los medidores deben ser utilizados exclusivamente con agua. Esta debe provenir del suministro de agua potable o cumplir con los mismos requisitos que ella. Si el agua está siendo reciclada, deben tomarse medidas para prevenir que el agua residual en los medidores cause peligro a las personas.

El agua no debe contener nada que sea capaz de dañar el medidor o que pueda afectar adversamente su operación, incluyendo burbujas de aire.

4.3. Otras condiciones de referencia

Todas las cantidades de influencia, excepto por la cantidad evaluada, deben permanecer dentro de los siguientes valores durante los ensayos de aprobación del modelo en un medidor:

Caudal:	$0,7 \times (Q_T + Q_P) \pm 0,03 \times (Q_T + Q_P)$
Rango de temperatura ambiente:	15 °C - 25 °C ¹⁾
Rango de humedad relativa ambiente:	45 % - 75 % ¹⁾
Rango de presión atmosférica ambiente:	86 kPa - 106 kPa (0,86 bar hasta 1,06 bar)
Voltaje de la corriente (red de C.A.):	Voltaje nominal (U_{nom}) \pm 5 %
Frecuencia de la corriente (red de C.A.):	Frecuencia nominal (f_{nom}) \pm 2 %
Voltaje de la corriente (batería):	Un voltaje V en el rango: $U_{bmin} \leq V \leq U_{bmax}$
Temperatura de agua de trabajo:	Ver parte 1 de la norma, tabla 5.
Presión de agua de trabajo:	200 kPa (2 bar)

Durante cada ensayo, la temperatura y la humedad relativa no deben variar en más de 5 °C o 10%, respectivamente, dentro del rango de referencia.

4.4. Ubicación

El ambiente escogido para los ensayos del medidor, debe cumplir con los principios de OIML G 13, y debe estar libre de influencias perturbadoras no intencionales, como por ejemplo una variación de la temperatura ambiente o vibración.

1) Cuando la temperatura ambiente y/o la humedad relativa ambiente exceda los rangos mencionados, su efecto en el error de indicación debe tomarse en cuenta.

5. Ensayos para determinar errores de indicación

5.1. General

El método descrito en esta parte de la norma para determinar los errores de medición, es conocido como el método de “recolección”, en el cual la cantidad de agua pasando por el medidor se recolecta, en uno o más recipientes especiales de medición, para determinar su volumen o peso. Otros métodos pueden ser utilizados, siempre y cuando los niveles de precisión de los ensayos sean iguales o mejores a los descritos en esta sección.

Los mecanismos de verificación de los dispositivos electrónicos se incluyen en esta sección.

5.2. Principio

La verificación del error de medición consiste en una comparación de las indicaciones dadas por el medidor bajo prueba contra un dispositivo calibrado de referencia.

5.3. Descripción del banco de pruebas

El banco de pruebas consistente, típicamente, en:

- a) un suministro de agua (red de agua potable, tanque presurizado, tanque no presurizado, etc.);
- b) tuberías;
- c) un dispositivo de referencia calibrado (tanque calibrado, medidor de referencia, etc.);
- d) medios para medir el tiempo que toma el ensayo;
- e) dispositivos para la automatización del ensayo;
- f) medios para medir la temperatura del agua;
- g) medios para medir la presión del agua;
- h) medios para determinar la densidad del agua, en caso de ser necesario;
- i) medios para determinar la conductividad del agua, en caso de ser necesario;

5.4. Tubería

Descripción

La tubería debe incluir:

- a) una sección de prueba en la cual se coloque el medidor, o los medidores;
- b) medios para establecer el caudal deseado;
- c) uno o dos dispositivos aislantes;
- d) medios para determinar el caudal;

y, si fuera necesario:

- e) una o más válvulas para el escape de aire;
- f) un dispositivo anti-retorno;
- g) un separador (removedor) de aire;
- h) un filtro;
- i) medios para comprobar que la tubería esté llena hasta un nivel determinado, antes y después de la prueba.

Durante la prueba las fugas de agua, la entrada de flujo o la salida de flujo no deben ocurrir entre el (o los) medidores y el dispositivo de referencia, o desde éste último hacia el o los medidores.

La tubería debe ser tal que a la salida de todos los medidores exista una presión positiva de al menos 0,3 bar, para cualquier caudal pasante.

Sección de prueba

La sección de prueba incluye, además de los medidores:

- a) una o más tomas de presión para la medición de esta, de las cuales una debe estar situada aguas arriba, y cerca de, el primer medidor.
- b) de ser necesario, medios para la medición de la temperatura del agua a la entrada del primer medidor.

Ninguno de los componentes de la tubería o dispositivos colocados en la sección de medición debe causar cavitación o perturbaciones de flujo capaces de alterar el desempeño de los medidores o causar errores de medición.

Precauciones a tomar durante los ensayos

- La operación del banco de pruebas debe ser tal que la cantidad de agua que haya fluido a través de los medidores sea igual a la medida por el dispositivo de referencia.

- Se deben realizar chequeos para asegurar que la tubería esté llena al nivel requerido tanto al principio como al final de la prueba.
- Debe permitirse al aire escapar de la tubería de interconexión y los medidores.
- Todas las precauciones necesarias deben tomarse para evitar efectos de vibración y choque.

Disposiciones especiales para la instalación de ciertos tipos de medidores

- Principios

Las provisiones de las siguientes subcláusulas abordan los casos más frecuentes de error y las precauciones necesarias para la instalación de medidores en el banco de pruebas de acuerdo a las recomendaciones de OIML D 4, la cual tiene por misión ayudar con la instalación del ensayo cuando:

- a) las características del flujo hidrodinámico no causen ninguna diferencia en el medidor, mientras este funciona, en comparación con las características del flujo hidrodinámico sin perturbaciones.
- b) el error global de los métodos empleados no debe exceder el valor estipulado, según la sección de Calibración del dispositivo de referencia, más adelante.

- Necesidad de tramos rectos de tubería o enderezadores de flujo

La precisión de los medidores no volumétricos puede resultar afectada por perturbaciones aguas arriba o aguas abajo de ella, causadas por la presencia de codos, “tes”, válvulas o bombas, etc.

A fin de que se puedan contrarrestar estos efectos, el medidor bajo prueba (MBP) debe ser instalado entre tramos rectos de tubería. El diámetro interno de la tubería aguas arriba y aguas abajo debe ser el mismo que el diámetro interno de los extremos de conexión del medidor. Adicionalmente, podría ser necesaria la instalación de un enderezador de flujo aguas arriba de la sección recta de tubería.

- Causas comunes de las perturbaciones de flujo

El flujo puede estar sujeto a dos tipos de perturbaciones, distorsión del perfil de velocidad y remolinos, ambos de los cuales pueden afectar la precisión del medidor de agua.

En la segunda parte de esta norma se detallan los requisitos de instalación para prevenir estas perturbaciones.

– **Medidores volumétricos**

Los medidores volumétricos (entiéndase aquellos que contienen cámaras de medición con paredes móviles), tales como los medidores de pistón oscilante y medidores de disco oscilante, se consideran insensibles a las condiciones de instalación aguas arriba; por lo cual no se requieren consideraciones especiales.

– **Medidores de velocidad**

Los medidores de velocidad son sensibles a las perturbaciones de flujo, lo cual puede causar errores considerables, pero las formas en que las condiciones de instalación afectan su precisión aún no han sido determinadas de manera clara. En este caso, se deben seguir los requisitos de instalación recomendados por el fabricante.

– **Otros principios de medición**

Otros tipos de medidores pueden o no requerir el ajuste del flujo para los ensayos de precisión. De ser necesario, las recomendaciones del fabricante deben ser tomadas en cuenta durante las pruebas. Estas recomendaciones deben estar incluidas dentro de los documentos del modelo de aprobación.

Estos requisitos de instalación deben ser reportados en el certificado de aprobación del modelo del medidor.

Los medidores concéntricos que prueben no ser afectados por la configuración del tubo múltiple (típicamente medidores del tipo volumétrico) pueden ser puestos a prueba utilizando cualquier configuración apropiada de tubo múltiple.

– **Medidores de inducción electromagnética**

Los medidores que utilicen principios de inducción electromagnética podrían ser afectados por la conductividad del agua. El agua utilizada en los ensayos debe tener un valor de conductividad dentro del rango especificado por el fabricante.

Inicio del ensayo y determinación de errores

– Principios

Se deben tomar las precauciones adecuadas para reducir las incertidumbres resultantes de la operación de los componentes en el banco de prueba durante el ensayo. Los detalles de las precauciones a tomar se dan a continuación, para dos de los casos presentes en el método de recolección.

– Ensayos con lecturas tomadas con el medidor en reposo

El flujo es establecido al abrir una válvula aguas abajo del medidor, y es detenido al cerrar esta misma válvula. El medidor debe ser leído una vez que se para de registrar el paso de agua.

Se mide el tiempo entre el inicio del movimiento de apertura de la válvula y el final del movimiento de cierre de la misma.

Mientras empieza el flujo, y durante el periodo en el cual pasa el caudal constante especificado, el error de indicación del medidor varía en función de los cambios en el caudal (curva del error de medición).

Cuando el flujo es detenido, la combinación de la inercia de las partes móviles del medidor y el movimiento rotacional del agua dentro del medidor, pueden introducir un error apreciable en ciertos tipos de medidor y para ciertos caudales de prueba. En este caso no ha sido posible determinar una regla empírica simple la cual permita establecer las condiciones en las cuales este error pueda tomarse como insignificante. Cierta tipo de medidores son particularmente sensibles a este error en particular.

En caso de duda es conveniente:

- a) incrementar el volumen y la duración de la prueba;

- b) comparar los resultados obtenidos por medio de otros métodos; particularmente el método descrito en el apartado siguiente, el cual elimina las causas de incertidumbre mencionadas anteriormente.

Para algunos tipos de medidores electrónicos con salida de impulsos, los cuales son utilizados para la prueba, la respuesta del medidor a cambios en el caudal podría ser tal que se emitan pulsos válidos una vez cerrada la válvula. En este caso se deben proveer medios para contar estos pulsos adicionales.

Cuando se utilicen salidas de impulsos para probar medidores, se debe realizar un chequeo de manera que el volumen indicado por conteo de pulsos corresponda con el volumen desplegado en el dispositivo indicador, dentro del rango precisión de registro.

– **Ensayos con lecturas tomadas bajo condiciones de caudal estable y desviación de flujo**

- La medición se lleva a cabo una vez que las condiciones de flujo se han estabilizado.
- Un interruptor desvía el flujo hacia un recipiente calibrado y lo desvía fuera de él al final. El medidor se lee mientras está actuando.
- La lectura del medidor se sincroniza con el movimiento del interruptor de flujo.
- El volumen recolectado en el recipiente es el volumen pasado.
- La incertidumbre introducida al volumen puede considerarse como insignificante si el tiempo para desviar el flujo en cada dirección no varía en más de un 5 % y si es menos de 1/50 del tiempo total de la prueba.
- Para medidores de combinación utilizando el método descrito en este apartado, en el cual la lectura del medidor de combinación se toma bajo un caudal establecido, se debe asegurar que el dispositivo de conmutación trabaje de forma correcta tanto para caudales crecientes como decrecientes. El método descrito en el apartado anterior, en el cual las mediciones se deben tomar con el medidor en reposo, no permite la determinación del error de registro después de regular el caudal de prueba para caudales decrecientes en medidores de combinación.

– **Método de ensayo para la determinación de los caudales de conmutación**

Ver las definiciones para los caudales de combinación Q_{x1} y Q_{x2} en la sección 3 de este documento, para medidores de combinación.

Empezando por un caudal menor al caudal de conmutación, Q_{x2} , el caudal es aumentado sucesivamente en incrementos de 5 % hasta que se alcance el caudal Q_{x2} . El valor de Q_{x2} se toma como el promedio entre los valores del caudal indicado justo antes y justo después de que ocurra la conmutación.

Empezando por un caudal mayor al caudal de conmutación, Q_{x1} , el caudal se decrece en pasos de 5 % hasta alcanzar el caudal Q_{x1} . El valor de Q_{x1} se toma como el promedio de los valores indicados justo antes y justo después de que ocurra la conmutación.

5.5. Dispositivo calibrado de referencia

Incertidumbre global del volumen actual

Cuando se conduzca un ensayo, la incertidumbre expandida del volumen actual no debe exceder 1/5 del error máximo permisible (EMP) aplicable para la aprobación del modelo, y 1/3 del EMP aplicable para la verificación inicial y las verificaciones subsecuentes.

La evaluación y expresión de la incertidumbre debe realizarse de acuerdo con la norma ISO 5168 y la guía ISO para la expresión de la incertidumbre en las mediciones, con un factor de cobertura k de 2 (ver la primera parte de esta norma). Este factor de cobertura garantiza un 95 % de confianza en el resultado obtenido.

Volumen mínimo (volumen del recipiente calibrado si se utiliza este método)

El volumen mínimo permitido depende de los requerimientos determinados por los efectos del inicio y final del ensayo y el diseño del dispositivo de indicación (división de la escala de verificación) (ver la primera parte de esta norma).

5.6. Lectura del medidor

Es aceptable que el máximo error de interpolación para la escala no exceda la mitad de la división de la escala por observación. Por ende, al medidor el volumen que pasa por el medidor (el cual consiste de dos observaciones del medidor), el error de interpolación total puede alcanzar una división de la escala.

Para dispositivos de indicación digitales con cambios continuos de la escala de verificación, el error de lectura total debe ser de un dígito.

5.7. Factores principales que afectan la determinación de los errores de indicación

Debe tomarse en cuenta que las variaciones en la presión, el caudal y al temperatura en el banco de pruebas, así como las incertidumbres en la precisión de la medición de estas cantidades físicas, son los factores principales que afectan la medición de los errores de indicación de un medidor.

Presión

- La presión debe mantenerse a un valor nominal constante a lo largo de toda la prueba, para el caudal escogido.
- Para probar los medidores, los cuales han sido diseñados para $Q_p \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$, para caudales de prueba $\leq 0,10 Q_p$, la constancia de presión en la entrada del medidor (o en la entrada del primer medidor para medidores en serie bajo prueba) se logra si el banco de pruebas recibe agua por medio de una tubería desde un tanque con un nivel de agua constante. Esto asegura un flujo sin perturbaciones.
- Se puede utilizar cualquier otro método para abastecer de agua al banco de pruebas, mientras este no cause variaciones de la presión que excedan aquellas provocadas por un tanque con un nivel de agua constante
- Para todos los demás ensayos, la presión aguas arriba del medidor no debe variar en más de un 10%.
- La incertidumbre máxima en la medición de la presión no debe ser mayor a un 5 % del valor medido.
- La presión a la entrada del medidor no debe exceder la presión máxima admisible (PMA) de trabajo del medidor.

Caudal

- El caudal debe mantenerse nominalmente constante para el valor escogido durante la prueba.

- La variación relativa del caudal durante cada prueba, sin incluir el inicio y el final, no debe exceder:
 - $\pm 2,5$ % de Q_{MIN} a Q_{T} (no inclusivo);
 - $\pm 5,0$ % de Q_{T} (inclusivo) hasta Q_{S} .
- Este valor de caudal es el volumen pasante durante la prueba dividido entre el tiempo.
- Esta condición de variación del caudal es aceptable si la variación de la presión relativa (en flujo al aire libre) o la variación relativa de la pérdida de presión (en un conducto cerrado) no excede:
 - ± 5 % de Q_{MIN} a Q_{T} (no inclusivo);
 - ± 10 % de Q_{T} (inclusivo) hasta Q_{S} .

Temperatura

- La temperatura no debe cambiar en más de 5 °C durante cualquier ensayo.
- La incertidumbre en la medición de la temperatura no debe exceder ± 2 °C.

Orientación del medidor durante medición del error

La posición de los medidores (orientación espacial) debe ser según lo indicado por el fabricante y ellos deben estar montados sobre el banco de pruebas según sea apropiado.

Si el medidor está marcado con una “H”, la tubería conectada debe estar montada con el eje de flujo en un plano horizontal con respecto al banco de pruebas, con el dispositivo indicador posicionado encima.

Si el medidor está marcado con una “V”, la tubería conectada debe estar montada con el eje de flujo en un plano vertical con respecto al banco de pruebas durante el ensayo, con la salida en el extremo inferior.

Si el medidor no está marcado con una “H” ni con una “V”:

- a) Por lo menos uno de los medidores de la muestra debe estar montado con su eje de flujo vertical, con la dirección de flujo desde abajo hacia arriba;
- b) Por lo menos uno de los medidores de la muestra debe estar montado con su eje de flujo vertical, con la dirección de flujo desde arriba hacia abajo.

- c) Por lo menos uno de los medidores de la muestra debe estar montado con un ángulo intermedio entre la horizontal y la vertical, escogido a discreción de la autoridad aprobadora.
- d) Los medidores remanentes deben estar montados con su eje de flujo horizontal.

Cuando los medidores tengan un dispositivo indicador que sea parte integral del cuerpo del medidor, por lo menos uno de los medidores debe estar orientado con el dispositivo indicador posicionado hacia un lado, mientras que los medidores remanentes deben estar orientados con el dispositivo indicador posicionado arriba.

La tolerancia en lo que respecta a la posición del eje de flujo para todos los medidores, tanto para un ángulo horizontal, vertical o intermedio, debe ser $\pm 5^\circ$.

En el caso en que el número de medidores presentes en la prueba sea menor a cuatro, deben utilizarse medidores adicionales del mismo lote base o un mismo medidor debe probarse en diferentes posiciones.

5.8. Errores intrínsecos

Procedimiento de ensayo

Se deben determinar los errores intrínsecos (de indicación) del medidor (en la medición del volumen actual) para por lo menos los siguientes caudales, midiéndose el error dos veces para cada caudal.

- a) entre Q_{MIN} y $1,1 Q_{\text{MIN}}$
- b) entre $0,5 (Q_{\text{MIN}} + Q_{\text{T}})$ y $0,55 (Q_{\text{MIN}} + Q_{\text{T}})$ (para $Q_{\text{T}}/ Q_{\text{MIN}} > 1,6$)
- c) entre Q_{T} y $1,1 Q_{\text{T}}$
- d) entre $0,33 (Q_{\text{T}} + Q_{\text{P}})$ y $0,37 (Q_{\text{T}} + Q_{\text{P}})$
- e) entre $0,67 (Q_{\text{T}} + Q_{\text{P}})$ y $0,74 (Q_{\text{T}} + Q_{\text{P}})$
- f) entre $0,9 Q_{\text{P}}$ y Q_{P}
- g) entre $0,95 Q_{\text{S}}$ y Q_{S}

Cuando la curva de error inicial esté cerca del EMP en un punto otro que en Q_{MIN} , Q_{T} y Q_{S} , y si este error puede mostrarse como típico del tipo de medidor, la autoridad aprobadora puede escoger definir un caudal alternativo para la verificación inicial en el certificado de modelo de aprobación.

Para cada uno de los caudales anteriores:

- 1) el medidor debe probarse sin sus dispositivos suplementarios (si existen);
- 2) durante un ensayo, todos los demás factores de influencia se deben mantener bajo condiciones de referencia;
- 3) deben medirse los errores (de indicación) bajo diferentes caudales si es requerido, dependiendo de la forma de la curva de error;
- 4) se debe calcular el error de indicación relativo para cada caudal, de acuerdo al Anexo A.

Criterios de aceptación

Los errores observados para cada uno de los caudales no debe exceder el EMP. Si el error observado en uno o más medidores es mayor al EMP para solo uno de los caudales, el ensayo para ese caudal debe ser repetido. El ensayo debe declararse como satisfactorio si dos de los tres resultados se encuentran dentro del EMP y la media aritmética para los resultados de los tres ensayos, bajo ese caudal, es igual o menor al EMP.

Si todos los errores del medidor tienen el mismo signo, al menos uno de los errores no debe exceder la mitad del EMP.

5.9. Ensayos de temperatura del agua

Bajo las condiciones de referencia, el error de indicación de por lo menos uno de los medidores debe ser chequeado para un caudal de Q_T con una temperatura de entrada de agua de $(10 \pm 5) ^\circ\text{C}$ y a una temperatura máxima admisible, TMA, $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. El error de indicación no debe exceder el EMP aplicable.

5.10. Ensayos de presión interna

Bajo condiciones de referencia, el error de indicación de al menos un medidor debe ser chequeado bajo un caudal de Q_T con una presión de entrada de agua de 100 kPa (1 bar) $\pm 5 \%$ y luego bajo la PMA $0 \text{ } \%$. El error de indicación no debe exceder el EMP aplicable.

5.11. Ensayos de flujo inverso

Medidores diseñados para flujo inverso

Bajo las condiciones de referencia, por lo menos uno de los medidores debe ponerse a prueba para cada uno de los siguientes caudales inversos:

- a) entre Q_{MIN} y $1,1 Q_{\text{MIN}}$;
- b) entre Q_{T} y $1,1 Q_{\text{T}}$;
- c) entre $0,9 Q_{\text{P}}$ y Q_{P} .

El error de indicación no debe exceder el EMP aplicable.

Uno de los medidores también debe, en flujo inverso, ser probado para verificar la no existencia de campos de velocidad irregulares, de acuerdo al apartado correspondiente.

Medidores no diseñados para flujo inverso

El medidor debe ponerse a prueba con un flujo inverso de $0,9 Q_{\text{P}}$ hasta Q_{P} por 1 minuto.

Posteriormente, el error del medidor debe ser medido bajo los siguientes caudales:

- a) entre Q_{MIN} y $1,1 Q_{\text{MIN}}$
- b) entre Q_{T} y $1,1 Q_{\text{T}}$
- c) entre $0,9 Q_{\text{P}}$ y Q_{P}

El error de indicación no debe exceder el EMP aplicable.

Medidores que previenen flujo inverso

El medidor debe ser sometido a la PMA en el sentido del flujo inverso por lo menos 1 minuto.

Posteriormente, el error del medidor debe ser medido bajo los siguientes caudales:

- a) entre Q_{MIN} y $1,1 Q_{\text{MIN}}$;
- b) entre Q_{T} y $1,1 Q_{\text{T}}$;
- c) entre $0,9 Q_{\text{P}}$ y Q_{P} .

El error de indicación no debe exceder el EMP aplicable.

5.12. Ensayos de irregularidades en campos de velocidad

Algunos tipos de medidores, como por ejemplo los volumétricos o que contengan pistones oscilantes o discos oscilantes, han probado ser insensibles a las condiciones de instalación de aguas arriba. Por lo que en esos casos, este ensayo no aplica.

Objetivo de los ensayos

El propósito de estos ensayos es verificar que el medidor cumpla con los requisitos para la sensibilidad del perfil de flujo, de acuerdo a la primera parte de esta norma.

Por medio de estos ensayos se miden los efectos en el error de indicación de un medidor debido a la presencia de perturbaciones de flujo especificadas y comunes, tanto aguas arriba como aguas abajo.

Se utilizan dispositivos de perturbación de tipo 1 y 2 para crear remolinos tanto en contra de las manecillas del reloj, como a favor, respectivamente. Las perturbaciones en el flujo normalmente se encuentran aguas abajo de dos giros a 90 grados conectados directamente en ángulos rectos. Un dispositivo de perturbación de tipo 3 crea un perfil de velocidad asimétrico, el cual normalmente se puede encontrar aguas abajo de una junta de tubería saliente o una válvula de compuerta entreabierta.

Preparación y procedimiento de la prueba

- 1) Usando los dispositivos de perturbación de tipo 1, 2 y 3, especificados en el Anexo B, determine el error de indicación de un medidor para un caudal entre $0,9 Q_p$ y Q_p , para cada una de las condiciones de instalación especificadas en la figura 1.
- 2) Durante cada prueba, todos los demás factores de influencia deben estar dentro de las condiciones de referencia.
- 3) Para medidores en donde el fabricante haya especificado longitudes de tubería de instalación de por lo menos $15 \times DN$ aguas arriba y $5 \times DN$ aguas abajo del medidor, no es necesaria la utilización de enderezadores de flujo externos.
- 4) Cuando el fabricante especifique una longitud mínima de tubería recta de $5 \times DN$ aguas abajo, solo los ensayos 1, 3 y 5 de la figura 1 deben ser realizados.
- 5) Cuando las instalaciones del medidor con enderezadores de flujo externos sean usados, el fabricante debe especificar el modelo del enderezador, sus características técnicas y su posición de instalación relativa al medidor.

- 6) Los dispositivos cercanos al medidor que tengan funciones de enderezador de flujo no deben ser considerados como verdaderos “enderezadores” en el contexto de estas pruebas.

Los medidores para los cuales se haya comprobado que no los afectan las perturbaciones de flujo, tanto aguas arriba como aguas debajo de ellos, podrían estar exentos de este ensayo por parte de la autoridad aprobadora.

Criterios de aceptación

El error de indicación del medidor no debe exceder el EMP aplicable para ninguna prueba de campo de velocidad.

5.13. Interpretación de los resultados

Prueba única

Cuando el programa de pruebas especifique una prueba única, el medidor pasa la prueba si el error medido no excede el EMP para el caudal elegido.

Prueba duplicada

Cuando el programa de pruebas especifique que la prueba debe ser repetida, el programa debe especificar las reglas aplicables para combinar los errores obtenidos.

El medidor pasa la prueba si el error resultante de la combinación no excede el EMP para el caudal elegido.

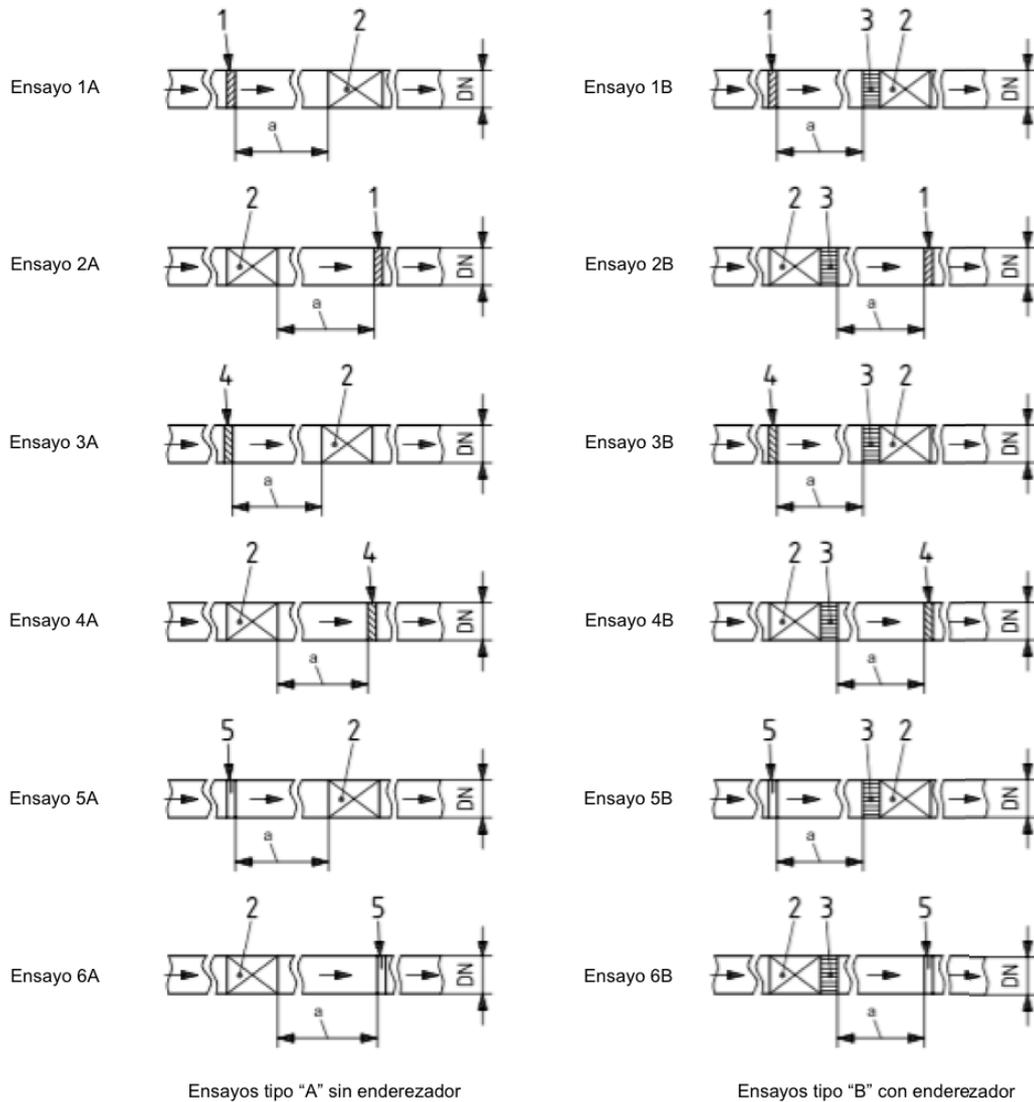


Figura 1. Esquema de pruebas para perturbaciones de flujo

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

- 1 perturbador tipo 1 – generador de remolinos en contra de las manecillas del reloj.
- 2 medidor.
- 3 enderezador de flujo.
- 4 perturbador tipo 2 - generador de remolinos a favor de las manecillas del reloj.
- 5 perturbador tipo 3 – perturbador del flujo del perfil de velocidad.
- a Longitud de tubería recta.

6. Ensayos de presión estática

6.1. Objetivo de los ensayos

El propósito de estos ensayos es el de verificar que el medidor pueda soportar la presión hidráulica especificada, sin goteras ni daños, de acuerdo a su clase de PMA (ver sección 5.4 de la primera parte de esta norma).

6.2. Preparación

- 1) Instalar los medidores en el banco de pruebas de manera individual o en lotes.
- 2) Purgar la tubería del banco de pruebas y el medidor de aire.
- 3) Asegurar que el banco de pruebas esté libre de fugas.
- 4) Asegurar que el suministro de presión esté libre de variaciones bruscas (pulsaciones).

6.3. Procedimiento del ensayo – medidores en línea

- 1) Incrementar la presión hidráulica a 1,6 x PMA del medidor y mantenerla por 15 min.
- 2) Verificar que no hayan daños físicos ni fugas externas en el medidor y tampoco fugas en el dispositivo indicador.
- 3) Incrementar la presión hidráulica a 2 x PMA del medidor y mantenerla por 1 min. El caudal debe ser cero durante la prueba.
- 4) Verificar que no hayan daños físicos ni fugas externas en el medidor y tampoco fugas en el dispositivo indicador.
- 5) Durante cada prueba se debe incrementar y disminuir la presión de manera gradual, sin cambios abruptos en la presión.
- 6) Aplicar solo la temperatura de referencia para este ensayo.

6.4. Procedimiento del ensayo – medidores concéntricos

Para el caso de medidores concéntricos, se debe seguir el mismo procedimiento establecido para medidores en línea y, adicionalmente, se deben examinar los sellos localizados en la interface medidor/múltiple, para asegurar que no existan fugas internas en la salida y la entrada de agua del medidor.

Cuando se realice el ensayo de presión el medidor y su múltiple deben ser puestos a prueba simultáneamente.

Se debe aplicar una presión de $2 \times \Delta p$ del lado del sello en el que se encuentra la entrada del medidor.

El equipo y el método para someter a prueba un medidor concéntrico puede variar de acuerdo al diseño del mismo, por lo que un ejemplo de método de ensayo se explica en el Anexo C.

6.5. Criterios de aceptación

No deben existir fugas visibles en el medidor, fugas en el dispositivo indicador, ni daños físicos resultantes de cualquiera de los ensayos de presión descritos anteriormente.

7. Ensayos de pérdida de presión

7.1. Objetivo del ensayo

El objetivo de esta prueba es asegurar que las pérdidas de presión en el medidor no excedan 0,063 MPa (0,63 bar) para cualquier caudal dentro del rango Q_{MIN} hasta Q_{P} .

El principio de la prueba es medir el diferencial de presión estática Δp_2 entre las tomas de presión en la zona de medición, con un caudal Q_{P} en el medidor, y deducir de ello la pérdida de presión, Δp_1 , de las secciones de tubería aguas arriba y aguas abajo, medida con el mismo caudal pero sin el medidor presente (ver figura 2).

El procedimiento del ensayo de pérdida de presión debe tomar en cuenta cualquier recuperación de presión aguas abajo del medidor al escoger un lugar apropiado para la toma de presión (ver apartado “Sección de medición”), y debe también compensar, según sea necesario, la longitud de tubería entre las tomas de presión (ver “Procedimiento de ensayo” para el ensayo de pérdida de presión).

7.2. Preparación

Equipo para el ensayo de pérdida de presión

- General

El equipo necesario para llevar a cabo el ensayo de pérdida de presión consiste en una zona de medición (sección de tubería) la cual debe contener el medidor sometido prueba y medios para llevar el caudal constante estipulado a través del medidor. Al mencionar el caudal constante estipulado se debe entender que es el mismo caudal utilizado para medir los errores de indicación, de acuerdo a la sección 5 de este documento. Se deben ajustar tomas de presión con un diseño y dimensiones similares, tanto en la entrada como en la salida de la zona de medición.

– **Zona de medición**

La longitud de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor, junto con sus conexiones y tomas de presión, más el medidor bajo prueba, constituyen la zona de medición.

– **Diámetro interno de la zona (sección) de medición**

Una diferencia entre el diámetro de la tubería y el diámetro interno del medidor puede causar cierta incertidumbre en la medición, incompatible con la precisión deseada, por lo que ello debe ser evitado.

Para evitar discontinuidades hidráulicas y para contrarrestar el efecto de las existentes, el medidor debe ser instalado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, así como la tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor debe tener el mismo diámetro nominal interno que las conexiones del mismo. El diámetro interno de la tubería debe ser especificado por el fabricante.

– **Medición de secciones rectas de tubería**

Las secciones rectas de tubería deben ser proveídas tanto aguas arriba como aguas abajo del medidor, así como aguas arriba y aguas abajo de las tomas de presión, de acuerdo a la figura 2, donde D es el diámetro interno de la tubería de la zona (sección) de medición)

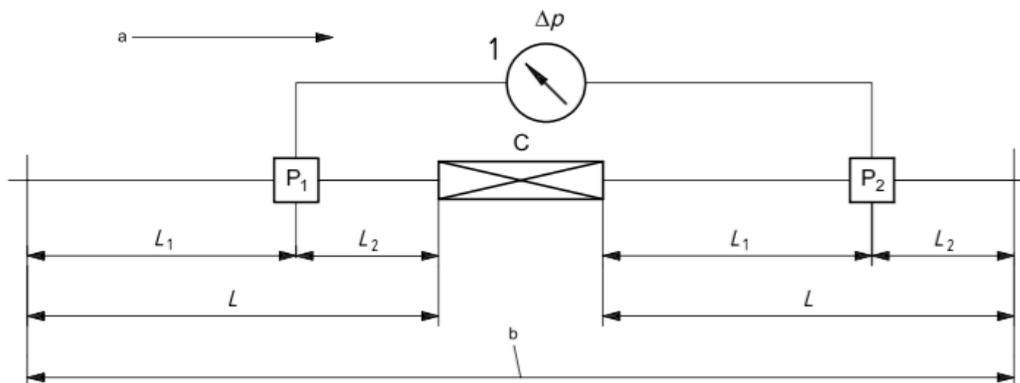


Figura 2. Esquema de pruebas para perturbaciones de flujo

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

- 1 manómetro diferencial
- C medidor (para medidores concéntricos, sería el medidor más su múltiple).
- P_1 y P_2 planos de las tomas de presión.
- a Dirección del flujo.
- b Zona (sección) de medición.

$L \geq 15 D$; $L_1 \geq 10 D$; $L_2 \geq D$ donde D es el diámetro interno de la tubería.

– Diseño de las tomas de presión en la zona de medición

Deben utilizarse tomas de presión de diseño y dimensiones similares, tanto en la tubería de entrada como en la tubería de salida en la zona de medición.

– Medición de la presión diferencial estática

Cada grupo de tomas de presión en el mismo plano debe estar conectado, mediante un tubo libre de fugas, a un brazo de un dispositivo de medición de presión diferencial, como por ejemplo un manómetro o un transmisor de presión diferencial. Deben tomarse las previsiones necesarias para purgar el aire del dispositivo de medición y la tubería de conexión.

7.3. Procedimiento del ensayo

Determinación de la pérdida de presión atribuible a sección de tubería – Medición 1

- 1) Medir la pérdida de presión aguas arriba y aguas abajo de la longitud de tubería (Δp_1) antes de realizar el ensayo. Esto se hace al unir ambas tuberías en ausencia del medidor, evitando una protrusión de la tubería o un mal alineamiento de las dos caras, y midiendo la pérdida de presión en la zona de medición, para el caudal especificado (ver figura 3 a).

La ausencia del medidor en la zona (sección) de medición causa que esta se acorte. Si no se utilizan tuberías telescópicas (expandibles) en la zona de medición, el espacio vacío puede reemplazarse con una tubería temporal de la misma longitud y diámetro que el resto de la tubería, o con el medidor mismo.

- 2) Calcular la pérdida de presión para las longitudes de tubería, según se muestra en la figura 3a.

Determinación de la pérdida de presión Δp del medidor – Medición 2

- 1) Utilizando el mismo caudal, las mismas tomas de presión, el mismo dispositivo medidor de presión diferencial y la misma configuración que se usó para calcular la pérdida de presión en la tubería, pero con el medidor en posición normal, medir el diferencial de presión, Δp_2 , en la zona de medición (ver Figura 3 b).
- 2) Calcular la pérdida de presión global para la tubería más el medidor, utilizando los cálculos mostrados en la Figura 3 b.
- 3) Calcular la pérdida de presión actual, Δp , del medidor para un caudal dado al realizar la resta $\Delta p = \Delta p_2 - \Delta p_1$.
- 4) De ser requerido, el valor encontrado puede ser convertido a una pérdida de presión para un caudal distinto del utilizado, como por ejemplo Q_p , según la siguiente fórmula cuadrática:

$$\Delta p_{Q_p} = \left(\frac{Q_p^2}{Q_{Ensayo}^2} \right) \times \Delta p_{medida}$$

Cuando se haya establecido que la pérdida de presión sigue la ley del cuadrado, la pérdida de presión debe ser medida solamente para el caudal Q_p . Si se cree que la pérdida de presión pico ocurre a un caudal menor a Q_p , la pérdida de presión debe determinarse entre Q_{MIN} y Q_p , empezando en Q_{MIN} e

incrementando el caudal en pasos de $0,1 \times Q_p$. Luego de que se alcance Q_p , el caudal debe ser disminuido en $0,1 \times Q_p$ como máximo.

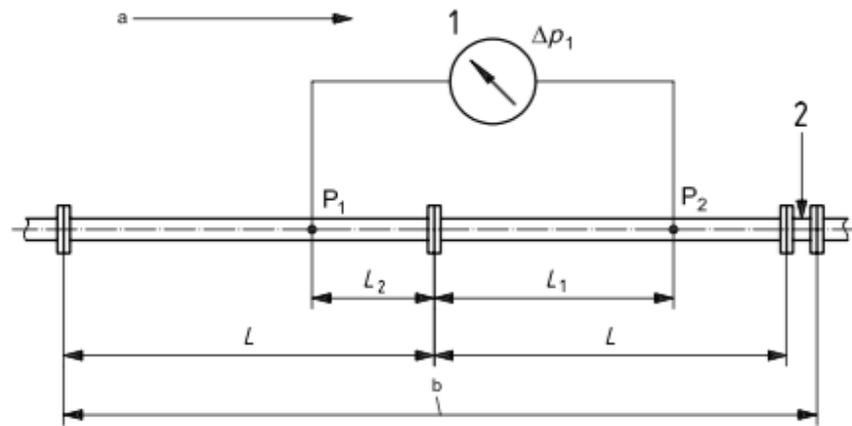
- 5) Si es posible que la máxima pérdida de presión ocurra en un caudal diferente a Q_p , se deben tomar mediciones adicionales utilizando el procedimiento anteriormente descrito.

Incertidumbre máxima

La máxima incertidumbre expandida en los resultados de la medición de la pérdida de presión debe ser, como máximo, un 5 % de la pérdida de presión medida, con un factor de cobertura de $k = 2$.

7.4. Criterios de aceptación

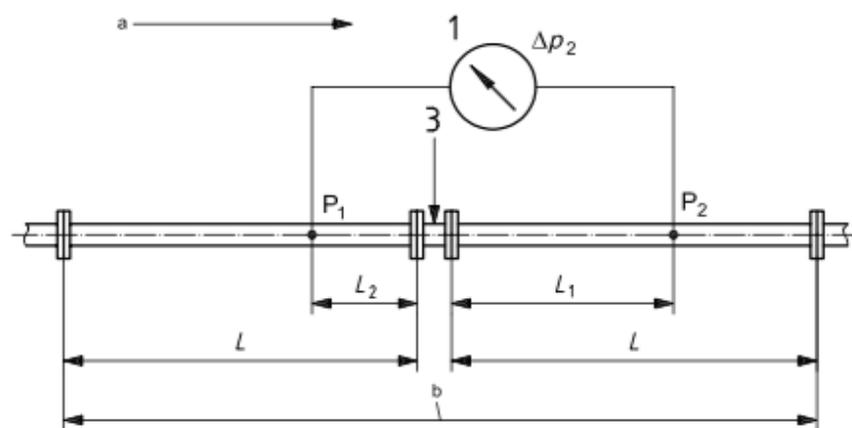
La pérdida de presión en el medidor no debe exceder 0,063 MPa (0,63 bar) para cualquier caudal entre Q_{MIN} y Q_p , inclusivo.



Δp_1 = Pérdida de presión aguas arriba y aguas abajo de la tubería

$$\Delta p_1 = (\Delta p L_2 + \Delta p L_1).$$

a) Medición 1



Δp_2 = Pérdida de presión aguas arriba y aguas abajo de la tubería y en el medidor

$$\Delta p_2 = (\Delta p L_2 + \Delta p L_1 + \Delta p_{\text{medidor}}).$$

$$\therefore \Delta p_2 - \Delta p_1 = (\Delta p L_2 + \Delta p L_1 + \Delta p_{\text{medidor}}) - (\Delta p L_2 + \Delta p L_1) = \Delta p_{\text{medidor}}.$$

b) Medición 2

Figura 3. Medición de la pérdida de presión

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

- 1 manómetro diferencial
- 2 medidor (o tubería temporal) aguas abajo (sin actuar).
- 3 medidor de agua
- a dirección del flujo
- b zona (sección) de medición

8. Ensayos de durabilidad

8.1. Ensayo de flujo continuo

Objetivo del ensayo

El propósito de este ensayo es el de verificar que el medidor sea durable al estar sujeto a condiciones de flujo continuas, permanentes y de sobrecarga.

El ensayo consiste en someter un medidor a un caudal constante, de Q_p o Q_s , durante una duración especificada, de acuerdo al cuadro 1.

Preparación

– Descripción de la instalación

El ensayo consiste en:

- a) un suministro de agua (tanque presurizado, tanque no presurizado, bomba hidráulica, etc.);
- b) tubería.

– Tubería

• Descripción

Adicional al medidor, o medidores, a ser sometido a prueba, la tubería debe contener:

- a) un dispositivo regulador de flujo;
- b) una o más válvulas aislantes;
- c) un dispositivo para medir la temperatura del agua a la entrada del medidor;
- d) medios para comprobar el caudal y la duración del ensayo;
- e) dispositivos para medir la presión a la salida y a la entrada del medidor;

Los diferentes dispositivos no deben causar problemas de cavitación.

• Precauciones a tomar

El medidor y las tuberías de conexión deben ser purgadas de aire.

Procedimiento del ensayo

- a) Antes de comenzar el ensayo de resistencia continuo se deben medir los errores (de indicación) de los medidores, tal como se describe en la sección “Errores intrínsecos” del apartado 5 del presente documento y utilizando los mismos caudales.

- b) Monte el medidor o los medidores de manera individual o en lotes en el banco de pruebas, orientados de la misma manera que en la determinación del error intrínseco en los ensayos de indicación.
- c) Realice las siguientes pruebas:
 - Para medidores con $Q_p \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$, pase un caudal Q_s por un periodo de 100 h.
 - Para medidores con $Q_p > 16 \text{ m}^3/\text{h}$, pase un caudal Q_s por un periodo de 200 h y un caudal Q_p por un periodo de 800 h.
- d) Durante los ensayos de resistencia los medidores deben mantenerse dentro de sus condiciones de referencia y la presión la salida de cada medidor debe ser lo suficientemente alta como para prevenir cavitación.
- e) Después del ensayo de resistencia continua, los errores de medición (de indicación) de los medidores deben ser medidos, según lo descrito en la sección “Errores intrínsecos” del apartado 5 del presente documento y utilizando los mismos caudales.
- f) Calcular los errores relativos (de indicación) para cada caudal.
- g) Se debe sustraer el error de indicación obtenido antes del ensayo a) del error de indicación obtenido luego del ensayo f), para cada caudal.

Tolerancias

- El caudal debe mantenerse constante a lo largo del ensayo, para un nivel predeterminado. La variación relativa de los valores de caudal durante cada ensayo no deben exceder $\pm 10 \%$ (excepto al empezar y detener la prueba).
- La duración específica del ensayo es un valor mínimo.
- El volumen actual descargado al final del ensayo no debe ser menor del determinado a partir del producto del caudal nominal especificado del ensayo y la duración nominal especificada del ensayo. Para satisfacer esta condición, correcciones suficientemente frecuentes deben realizarse al caudal. Los medidores bajo prueba pueden utilizarse para medir el caudal.

Lecturas del ensayo

Durante el ensayo las siguientes lecturas del banco de pruebas se deben registrar por lo menos una vez cada 24 horas, o una vez para periodos de tiempo menores si el ensayo se realiza de manera dividida:

- a) la presión del agua, aguas arriba del medidor(es);
- b) la presión del agua, aguas abajo del medidor(es);
- c) la temperatura del agua, aguas arriba del medidor(es);
- d) caudal;
- e) lecturas del medidor bajo prueba;
- f) volumen pasado a través del medidor.

Criterios de aceptación

Después del ensayo continuo de resistencia:

- g) La variación en la curva de error no debe exceder:
 - 3 % para caudales en la zona inferior ($Q_{\text{MIN}} \leq Q < Q_{\text{T}}$) y
 - 1,5 % para caudales en la zona superior ($Q_{\text{T}} \leq Q \leq Q_{\text{S}}$).

Para propósitos de estos requisitos, aplican los valores medios.

- h) Las curvas de error no deben exceder un error límite máximo de:
 - ± 6 % para caudales en la zona inferior ($Q_{\text{MIN}} \leq Q < Q_{\text{T}}$) y
 - $\pm 2,5$ % para caudales en la zona superior ($Q_{\text{T}} \leq Q < Q_{\text{S}}$) para medidores cuyo propósito sea medir agua con una temperatura entre $0,1$ °C y 30 °C o
 - $\pm 3,5$ % para caudales en la zona superior ($Q_{\text{T}} \leq Q < Q_{\text{S}}$) para medidores cuyo propósito sea medir agua con una temperatura mayor a 30 °C.

8.2. Ensayo de flujo discontinuo

Este ensayo es aplicable solo a medidores con $Q_p \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$ y para medidores de combinación, de acuerdo al cuadro 1.

Cuadro 1. Ensayos de resistencia

Clase de temperatura	Caudal Permanente Q_p	Caudal de ensayo	Temperatura del agua de ensayo ± 5 °C	Tipo de ensayo	Numero de interrupciones	Duración de la pausas	Periodo de operación bajo caudal de ensayo	Duración del arranque y parada
T30 y T50	$Q_p \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$	Q_p Q_s	20 °C 20 °C	Discontinuo Continuo	100 000 —	15 s —	15 s 100 h	0,15 $[Q_p]^a$ s con un mínimo de 1 s
	$Q_p > 16$	Q_p	20 °C	Continuo	—	—	800 h	—

	m^3/h	Q_s	20 °C	Continuo	—	—	200 h	—
Medidores de combinación	$Q_p > 16 m^3/h$	$Q \geq 2 \times Q_x$	20 °C	Discontinuo	50 000	15 s	15 s	3 a 6 s
Todas las demás clases	$Q_p \leq 16 m^3/h$	Q_p Q_s	50 °C 0,9 xTMA	Discontinuo Continuo	100 000 —	15 s —	15 s 100 h	0,15 $[Q_p]^a$ s con un mínimo de 1 s
	$Q_p > 16 m^3/h$	Q_p Q_s	50 °C 0,9 xTMA	Continuo Continuo	— —	— —	800 h 200 h	— —
^a $[Q_p]$ es el número igual al valor de Q_p expresado en m^3/h .								

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es el de verificar que el medidor sea duradero al ser sometido a condiciones de flujo cíclico.

El ensayo consiste en someter el medidor a una cantidad específica de ciclos de arranque y parada de caudal de corta duración, manteniendo la fase de caudal constante de ensayo de cada ciclo al caudal especificado, Q_p , durante la duración del ensayo.

Preparación

– Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- a) un suministro de agua (red de agua potable, tanque presurizado, tanque no presurizado, etc.);
- b) tuberías;

– Tubería

Los medidores pueden colocarse en serie o en paralelo, o en una combinación de ambos sistemas. Además de los medidores, la tubería debe incluir:

- a) un dispositivo regulador de flujo (por línea de medidor en serie, si es necesario);
- b) una o más válvulas aislantes;

- c) un dispositivo para medir la temperatura del agua, aguas arriba del medidor;
- d) medios para comprobar el caudal, la duración de los ciclos, y el número de los ciclos;
- e) un dispositivo interruptor de flujo para cada línea de medidores en serie;
- f) dispositivos para medir la presión a la salida y entrada.

Los diferentes dispositivos no deben causar problemas de cavitación ni ningún otro desgaste en los medidores.

– **Precauciones a tomar**

El medidor, o los medidores, y sus tuberías de conexiones deben ser purgadas de aire.

La variación en el caudal durante las constantes operaciones de apertura y cierre deben de ser progresivas, de manera que se prevenga el golpe de ariete.

– **Ciclos de caudal**

Un ciclo está compuesto por las siguientes cuatro fases:

- a) Un periodo desde cero a un caudal de prueba Q_p .
- b) Un periodo a un caudal de prueba constante Q_p .
- c) Un periodo desde caudal de prueba Q_p a cero.
- d) Un periodo con caudal cero.

El programa de ensayo debe especificar los ciclos de caudal, la duración de las cuatro fases de los ciclos y el volumen total a ser descargado.

Procedimiento del ensayo

– **Procedimiento del ensayo para todos los tipos de medidor**

- a) Antes de comenzar con el ensayo discontinuo de resistencia, mida los errores (de indicación) de los medidores de acuerdo a la sección “Errores intrínsecos” del apartado 5 del presente documento y utilizando los mismos caudales.
- b) Monte los medidores individualmente o en lotes en el banco de prueba, orientados de la misma manera que en la determinación del error intrínseco en los ensayos de indicación.

- c) Durante los ensayos los medidores deben mantenerse dentro de sus condiciones de referencia y la presión la salida de cada medidor debe ser lo suficientemente alta como para prevenir cavitación.
- d) Ajuste los caudales dentro de las tolerancias especificadas.
- e) Someta los medidores a las condiciones mostradas en el Cuadro 1.
- f) Siguiendo con el ensayo discontinuo de resistencia, mida los errores finales (de indicación) de los medidores, de acuerdo a lo descrito en la sección “Errores intrínsecos” en el apartado 5 y utilizando los mismos caudales.
- g) Calcule los errores relativos (de indicación) para cada caudal.
- h) Se debe sustraer el error de indicación obtenido antes del ensayo a) del error de indicación obtenido luego del ensayo g), para cada caudal.

– **Ensayo específico para medidores de combinación**

Después de ser sometido a al proceso descrito anteriormente, un medidor de combinación debe someterse a un ensayo de resistencia que simule condiciones de servicio, bajo las siguientes condiciones:

- a) caudal de ensayo: al menos el doble del caudal de cambio, QX, determinado utilizando caudales crecientes;
- b) tipo de ensayo: discontinuo;
- c) número de interrupciones: 50 000;
- d) duraciones de las pausas: 15 s;
- e) duración de la corrida con el caudal de ensayo: 15 s;
- f) duración de la aceleración y la desaceleración: mínimo 3 s, máximo 6 s;

Tolerancias

– **Tolerancia del caudal**

La variación relativa del caudal no debe ser mayor a $\pm 10\%$, sin tomar en cuenta los periodos de apertura, cierre y parada. Los medidores del ensayo pueden ser utilizados para comprobar el caudal.

– **Tolerancia del tiempo de ensayo**

La tolerancia en la duración especificada para cada fase del ciclo de flujo no debe exceder $\pm 10\%$.

La tolerancia en la duración del tiempo total del ensayo no debe exceder $\pm 5\%$.

– **Tolerancia del numero de ciclos**

El número de ciclos no debe ser menor al estipulado, pero no puede exceder ese numero en más de un 1%.

– **Tolerancia del volumen actual descargado**

El volumen actual descargado a través del ensayo debe ser igual a la mitad del producto entre el caudal de ensayo nominal especificado y la duración teórica total del ensayo (periodos de operación más periodos de transición y parada, con una tolerancia del 5 %).

Lectura del ensayo

Durante el ensayo, las siguientes lecturas del banco de pruebas deben registrarse por lo menos una vez cada 24 horas, o una vez para cada periodo de tiempo menor a 24 horas, si el ensayo es dividido:

- a) presión de la línea aguas arriba de los medidores;
- b) presión de la línea aguas abajo de los medidores;
- c) temperatura de la línea aguas arriba de los medidores;
- d) caudal;
- e) duración de las cuatro fases del ciclo del ensayo de flujo discontinuo;
- f) número de ciclos
- g) lecturas de los medidores de ensayo;
- h) volumen pasado a través de los medidores.

Criterios de aceptación

Después del ensayo de resistencia cíclico:

- a) La variación en la curva del error no debe exceder:
 - 3 % para caudales en la zona inferior ($Q_{\text{MIN}} \leq Q < Q_{\text{T}}$) y
 - 1,5 % para caudales en la zona superior ($Q_{\text{T}} \leq Q \leq Q_{\text{S}}$).

Para propósitos de estos requisitos, aplican los valores medios.

- b) Las curvas de error no deben exceder un error límite máximo de:
 - ± 6 % para caudales en la zona inferior ($Q_{\text{MIN}} \leq Q < Q_{\text{T}}$) y

- $\pm 2,5 \%$ para caudales en la zona superior ($Q_T \leq Q < Q_S$) para medidores cuyo propósito sea medir agua con una temperatura entre $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ y $30 \text{ }^\circ\text{C}$ o
- $\pm 3,5 \%$ para caudales en la zona superior ($Q_T \leq Q < Q_S$) para medidores cuyo propósito sea medir agua con una temperatura mayor a $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

8.3. Ensayo de impermeabilidad o estanqueidad

Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es el de verificar que el medidor sea capaz de soportar ser sumergido durante el tiempo especificado para la prueba sin presentar ninguna entrada de agua.

Preparación

- Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- a) un recipiente de agua potable con una profundidad agua mayor o igual a 800 mm;
- b) suministro de agua;
- c) tuberías;

- Tubería

Además de los medidores, la tubería debe incluir:

- a) un dispositivo regulador de flujo;
- b) medios para comprobar el caudal;
- c) dispositivos para medir la presión a la salida y entrada.

Los diferentes dispositivos no deben causar problemas de cavitación ni ningún otro desgaste en el medidor.

Procedimiento del ensayo

- **Procedimiento del ensayo para todos los tipos de medidor**

- a) Sumergir los medidores en un recipiente que contenga agua potable, garantizando que estos no sufran ningún daño.
- b) Mantener los medidores inmersos a una profundidad de 800 mm, medida entre la parte inferior del medidor y la superficie del agua, durante 24 horas.
- c) Retirar los medidores del agua e instalarlos en el banco de pruebas, sometiéndolos a un caudal Q_p por un periodo de 12 h.
- d) Realizar un examen visual, sin el uso de equipo adicional, de los dispositivos indicadores, para verificar si existe agua en su interior.

Tolerancias

a) Tolerancia del caudal

La variación relativa del caudal no debe ser mayor a $\pm 10 \%$, sin tomar en cuenta los periodos de apertura, cierre y parada.

Criterios de aceptación

No puede entrar agua, en cualquier cantidad, ni existir gotas de humedad dentro de los medidores.

8.4. Ensayos de resistencia de cúpula

Resistencia a impacto

Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es el de verificar que las cúpulas de los medidores sean resistentes el impacto de una esfera de dimensiones previamente establecidas.

Preparación

– Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- a) El o los medidores bajo prueba;
- b) Una esfera (balín) con un diámetro de 25 mm.

Procedimiento del ensayo

– Procedimiento del ensayo para todos los tipos de medidor

- a) Se coloca al esfera a una altura de 700 mm sobre el medidor para medidores con cúpulas de vidrio, o a una altura de 350 mm para medidores con cúpulas de plástico (termo-formadas).
- b) Se deja caer la esfera libremente, de manera perpendicular, sobre el centro de la cúpula.

Criterios de aceptación

- a) Después del ensayo de impacto el medidor no debe presentar fisuras de ningún tipo, las cuales se verifican por medio de una inspección visual.
- b) Se debe aplicar un caudal Q_p por un periodo de una hora, durante la cual el medidor debe funcionar de manera correcta.

Resistencia a compresión

Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es el de verificar que las cúpulas plásticas (termo-formadas) de los medidores sean resistentes al ser sometidas a la compresión de un dispositivo con dimensiones preestablecidas.

Preparación

– Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- c) El o los medidores bajo prueba;
- d) Una masa o carga de 50 kg en un dispositivo con diámetro de 20 mm.

Procedimiento del ensayo

– Procedimiento del ensayo para todos los tipos de medidor

- a) Se coloca la carga sobre el sensor del medidor, por un periodo mínimo de 1 min y bajo un caudal constante Q_p .

Criterios de aceptación

- a) Después del ensayo de impacto el medidor se considera aprobado mientras no ocurra un bloqueo del dispositivo sensor del medidor.
- b) Se debe aplicar un caudal Q_p por un periodo de una hora, durante la cual el medidor debe funcionar de manera correcta.

8.5. Ensayo de torsión

Objetivo del ensayo

El objetivo de este ensayo es el de verificar que la extremidad roscada del cuerpo del medidor sea resistente a la aplicación de una fuerza de torsión equivalente a las condiciones encontradas durante la instalación en campo.

Las extremidades roscadas de entrada y de salida se identifican de acuerdo a la dirección de flujo del agua que pase a través del medidor.

Preparación

– Descripción de la instalación

La instalación consta de:

- a) El o los medidores bajo prueba;
- b) Un dispositivo que permita fijar el medidor sin que este rote o se suelte;
- c) Un dispositivo que permita aplicar un torque de 40 Nm.

Procedimiento del ensayo

– Procedimiento del ensayo para todos los tipos de medidor

- a) Se coloca el medidor en un dispositivo apropiado, que impida al medidor rotar o soltarse al ser sometido a la fuerza de torsión.
- b) Fijar el medidor en su extremidad roscada de entrada y colocar el torquímetro en su otro extremo.
- c) Aplicar una torsión de 40 Nm durante 1 min.
- d) Retirar el torquímetro y el medidor del dispositivo de fijación.
- e) Repetir los pasos del b) al d) fijando la extremidad roscada de salida.

Criterios de aceptación

Después del ensayo de torsión:

- a) Las extremidades roscadas, tanto de entrada como de salida, deben haber soportado el torque aplicado sin presentar fisuras ni deformaciones permanentes.
- b) Se debe aplicar un caudal Q_p por un periodo de una hora, durante la cual el medidor debe funcionar de manera correcta.

9. Ensayos de rendimiento para medidores electrónicos y medidores mecánicos equipados con dispositivos electrónicos

9.1. Introducción

Esta cláusula define los ensayos de rendimiento que están destinados a verificar que los medidores con dispositivos electrónicos funcionen y se desempeñen según lo previsto en un ambiente controlado y bajo condiciones específicas.. Cada ensayo indica, cuando sea apropiado, las condiciones de referencia para determinar el error intrínseco.

Estos ensayos de rendimiento son adicionales a aquellos descritos en el apartado 8 y aplican a medidores completos, a las partes separables de un medidor y, de ser necesario, a dispositivos auxiliares.

Cuando el efecto de una cantidad de influencia esté siendo evaluado, todas las demás cantidades de influencia deben mantenerse dentro de las condiciones de referencia (ver el apartado 4).

Los ensayos de aprobación del modelo especificados en esta sección pueden ser llevados a cabo en paralelo con los ensayos especificados en la cláusula 8, utilizando otro medidor del mismo modelo o sus partes separables.

9.2. Requisitos generales

Clasificación ambiental

Para cada ensayo de rendimiento se indican las condiciones de ensayo típicas; estas corresponden a las condiciones mecánicas y climáticas a las que el medidor va a estar expuesto.

Los medidores con dispositivos electrónicos se dividen en tres clases de acuerdo a las condiciones ambientales:

- Clase B: para medidores instalados dentro de un edificio;
- Clase C: para medidores instalados al aire libre;
- Clase I: para medidores móviles.

El solicitante para la aprobación del modelo, también puede indicar las condiciones ambientales específicas en la documentación proporcionada al ente metrológico, basado en el uso previsto del medidor. En este caso, el ente metrológico debe llevar a cabo ensayos de rendimiento a los niveles de severidad correspondientes a esas condiciones ambientales. Estos niveles de severidad no deben ser menores a los correspondientes a la clase B.

Para todos los casos, el ente metrológico debe verificar que las condiciones de uso sean cumplidas.

Los medidores aprobados para cierto nivel de severidad también pueden utilizar en condiciones con niveles de severidad menores.

Ambientes electromagnéticos

Los medidores con dispositivos electrónicos están divididos en dos clases de ambiente electromagnético:

- Clase E1: residencia, comercial e industrial ligero;

- Clase E2: industrial.

Condiciones de referencia

Las condiciones de referencia se muestran en el apartado 4 de esta norma.

Volúmenes de ensayo para la medición del error de indicación de un medidor.

Algunas cantidades de influencia deben tener un efecto constante en el error de indicación de un medidor y no un efecto proporcional relacionado con el volumen medido.

En otros ensayos el efecto de la cantidad de influencia aplicada al medidor está relacionado con el volumen medido. En estos casos, el volumen de ensayo para medir el error de indicación del medidor, debe corresponder con aquel suministrado en un minuto con un caudal de sobrecarga Q_s , de manera que se puedan comparar los resultados obtenidos en diferentes laboratorios.

No obstante, algunos ensayos podrían requerir más de un minuto, en cuyo caso deben llevarse a cabo en el menor tiempo posible, tomando en consideración la incertidumbre de la medición.

Influencia de la temperatura del agua

Los ensayos de calor seco, calor húmedo y de frío tienen que ver con los efectos de la temperatura ambiente del aire en el rendimiento del medidor. No obstante, la presencia de un transductor de medición, lleno de agua, puede influenciar también la disipación de calor en los componentes electrónicos.

Si el medidor tiene un valor de $Q_p \leq 16\text{m}^3/\text{h}$, este debe tener agua pasando a través de él al caudal de referencia y su error de indicación debe ser medido con sus partes electrónicas y el transductor de medición dentro de las condiciones de referencia.

Opcionalmente, una simulación del transductor de medición puede ser utilizada para someter a prueba los componentes electrónicos. Cuando se utilicen ensayos de simulación, estos deben replicar los efectos causados por la presencia del agua en los dispositivos electrónicos, los cuales normalmente están adjuntos al sensor de flujo o volumen, tomando en cuenta que se deben aplicar las condiciones de referencia durante los ensayos.

Equipo bajo prueba (EBP)

– General

Para el propósito de los ensayos, el EBP debe ser categorizado en alguno de los siguientes casos, de la A a la E, de acuerdo a la tecnología descrita en los siguientes 4 apartados, para los cuales aplican estos requisitos:

- Caso A: no se requiere ensayo de rendimiento (según lo mencionado en esta sección);
- Caso B: el EBP es el medidor en su totalidad; el ensayo se debe llevar a cabo con agua pasando a través del sensor de flujo o volumen;
- Caso C: el EBP es solo el transductor de medición; el ensayo se debe llevar a cabo con agua pasando a través del sensor de flujo o volumen;
- Caso D: el EBP es la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador o el dispositivo auxiliar; el ensayo se debe llevar a cabo con agua pasando a través del sensor de flujo o volumen;
- Caso E: el EBP es la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador o el dispositivo auxiliar; el ensayo se puede llevar a cabo con señales de medición simuladas sin agua pasando a través del sensor de flujo o volumen.

– Medidores volumétricos y de turbina

- a) El medidor no está equipado con dispositivos electrónicos. Caso A
- b) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran dentro de la misma cubierta. Caso B
- c) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica, pero no está equipado con dispositivos electrónicos. Caso A
- d) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica y está equipado con dispositivos electrónicos. Caso C
- e) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y no se pueden simular las señales de medición. Caso D
- f) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición se pueden simular las señales de medición.

Caso E– **Medidores electromagnéticos**

- a) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran dentro de la misma cubierta. Caso B
- b) El sensor de flujo o volumen, compuesto solo por la tubería, la bobina y los dos electrodos del medidor, sin ningún dispositivo electrónico adicional. Caso A
- c) El transductor de medición, incluyendo el sensor de volumen o flujo, separado de la calculadora electrónica y en una misma cubierta. Caso C
- d) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y no es posible simular las señales de medición. Caso D

– **Medidores ultrasónicos, Coriolis, de flujo, etc.**

- a) El transductor de medición y la calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, se encuentran dentro de la misma cubierta. Caso B
- b) El transductor de medición está separado de la calculadora electrónica y está equipado con dispositivos electrónicos. Caso C
- c) La calculadora electrónica, incluyendo el dispositivo indicador, está separada del transductor de medición y no es posible simular las señales de medición. Caso D

– **Dispositivos auxiliares**

- a) El dispositivo auxiliar es parte del medidor, del transductor de medición o de la calculadora electrónica. Casos de A a E
(ver arriba)
- b) El dispositivo auxiliar es parte del medidor, pero no está equipado con dispositivos electrónicos. Caso A
- c) El dispositivo auxiliar es parte del medidor y no se pueden simular las señales de medición. Caso D
- d) El dispositivo auxiliar es parte del medidor y no se pueden simular las señales de medición. Caso E

9.3. Ambiente climático y mecánico**Calor húmedo (no condensante)**

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 2.

Cuadro 2. Factor de influencia: calor seco (no condensante)

Clase ambiental	B; C; I
Nivel de severidad (ver OIML D 11):	3
Temperatura del aire:	55 °C ± 2 °C
Duración:	2 h
Numero de ciclos:	1

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante la aplicación de altas temperaturas ambientes.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 60068-2-2.

Una guía para la preparación del ensayo se puede encontrar en IEC 60068-3-1 e IEC 60068-1.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) No es necesario un acondicionamiento previo del EBP.
- b) Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia y utilizando las siguientes condiciones de ensayo:
 - 1) a la temperatura del aire de referencia de 20 °C ± 5 °C, antes de acondicionar el EBP.
 - 2) a una temperatura del aire de 55 °C ± 2 °C, después de que se haya estabilizado el EBP bajo esta temperatura por un periodo de 2 h.
 - 3) a la temperatura del aire de referencia de 20 °C ± 5 °C, después de que el EBP se recupere.
- c) Al medir el error de indicación, se deben seguir los requerimientos de 5.8.
- d) Aplique las condiciones de referencia durante el ensayo, a menos que se indique lo contrario.

e) Calcule el error de indicación relativo para cada condición de ensayo.

– **Criterios de aceptación**

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) el error de indicación del EBP, bajo las condiciones de ensayo, no deben exceder el EMP de la “zona superior”

Frío

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 3.

Cuadro 3. Factor de influencia: frío

Clase ambiental	B	C; I
Nivel de severidad (ver OIML D 11):	1	3
Temperatura del aire:	+ 5 °C ± 3 °C	- 25 °C ± 3 °C
Duración:	2 h	
Numero de ciclos:	1	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante la aplicación de bajas temperaturas ambientes.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 60068-2-1, IEC 60068-3-1 e IEC 60068-1.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) No es necesario un acondicionamiento previo del EBP.
- b) Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia (actual o simulado) y utilizando la temperatura ambiente de referencia.

- c) Establezca la temperatura del aire a $- 25\text{ °C}$ (nivel de severidad 3) o $- 5\text{ °C}$ (nivel de severidad 1) por un periodo de 2 h.
- d) Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia (actual o simulado) a una temperatura del aire de 25 °C (nivel de severidad 3) o $- 5\text{ °C}$ (nivel de severidad 1).
- e) Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia y para una temperatura ambiente del aire de referencia, después de la recuperación del EBP.
- f) Calcule el error de indicación relativo para cada condición de ensayo.
- g) Compruebe que el EBP funcione de manera correcta.

– **Requisitos adicionales**

- a) si el transductor de medición está incluido en el EBP, y es necesario mantener agua en el sensor de flujo o volumen, la temperatura del agua debe mantenerse a la temperatura de referencia.
- b) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.

– **Criterios de aceptación**

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- el error de indicación del EBP, bajo las condiciones de ensayo, no deben exceder el EMP de la “zona superior”

Calor húmedo (condensante)

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 4.

Cuadro 4. Factor de influencia: calor seco (condensante)

Clase ambiental	B	C; I
Nivel de severidad (ver OIML D 11):	1	2
Temperatura superior del aire:	$40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$	$55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
Temperatura inferior del aire:	$25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$	$25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
Humedad ^a :	$> 95\%$	

Humedad ^a :	93 % ± 3 %
Duración:	24 h
Numero de ciclos:	1

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, después de someter el medidor a condiciones de alta humedad, combinada con cambios cíclicos de temperatura.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con las normas IEC 60068-2-30:2005, IEC 60068-3-4.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

El rendimiento, acondicionamiento y recuperación del EBP y su exposición a cambios cíclicos de temperatura bajo condiciones de calor húmedo debe cumplir lo establecido en IEC 60068-2-30.

El programa de ensayo consiste de los pasos desde la a) hasta la f), como se puede observar más abajo. La fuente de poder del EBP debe estar apagada durante los pasos a), b) y c).

- a) Pre-acondicionar el EBP.
- b) Exponer el EBP a variaciones cíclicas de temperatura entre la temperatura inferior de 25 °C y la temperatura superior de 55 °C (clases ambientales C e I) o 40 °C (clase ambiental B). Se debe mantener la humedad relativa por encima del 95 % durante los cambios de temperatura y las fases de baja temperatura, y por encima del 93 % durante las fases de alta temperatura. Debe ocurrir condensación en el EBP durante el aumento de la temperatura.
- c) Dejar que el EBP se recupere.
- d) Después de recuperado, debe medirse el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia.
- e) Comprobar que el EBP funcione de manera correcta

– **Requisitos adicionales**

Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar a menos que se indique lo contrario.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de las condiciones de ensayo:

- A. todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- B. el error de indicación del EBP, bajo las condiciones de ensayo, no deben exceder el EMP de la “zona superior”

Vibración (aleatoria)

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 5.

Cuadro 5. Factor de influencia: vibración (aleatoria).

Clase ambiental	1
Nivel de severidad (ver OIML D 11):	2
Rango de frecuencia:	10 Hz hasta 150 Hz
Nivel total de la media cuadrática (MC):	7 ms^{-2}
Nivel de la amplitud de densidad espectral (ADE) de 10 hasta 20 Hz:	$1 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$
Nivel de la amplitud de densidad espectral (ADE) de 20 hasta 50 Hz:	- 3 dB/octavo
Numero de ejes probados:	3
Duración por eje:	2 min

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, después de la aplicación de vibraciones aleatorias.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 60068-2-64 e IEC 60068-2-47.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) Monte el EBP en una instalación rígida usando sus medios de montaje normales, de manera que la fuerza gravitatoria actúa en la misma dirección que durante su uso normal. No obstante, si el efecto gravitatorio es insignificante, y el medidor no está señalado con una “V” o una “H”, el EBP puede instalarse en cualquier posición.
- b) Aplique vibraciones aleatorias, en el rango de frecuencia desde 10 Hz hasta 150 Hz, al EBP, en tres ejes mutuamente perpendiculares, durante un periodo de 2 minutos por eje.
- c) Permita que el EBP se recupere.
- d) Asegure que el EBP funcione de manera correcta.
- e) Calcule el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia.
- f) Calcule el error relativo de indicación de acuerdo al Anexo A.

– **Requisitos adicionales**

- a) Cuando el sensor de volumen o flujo esté incluido en el EBP, este no debe estar lleno de agua al aplicarse las perturbaciones.
- b) La fuente de poder del EBP debe estar pagada durante los pasos a) y b) del ensayo.
- c) Durante la aplicación de las vibraciones se deben cumplir las siguientes condiciones:
 - Nivel total de la media cuadrática: 7 ms^{-2}
 - Nivel de la amplitud de densidad espectral (ADE) de 10 hasta 20 Hz: $1 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$.
 - Nivel de la amplitud de densidad espectral (ADE) de 20 hasta 150 Hz: $1 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$.

– **Criterios de aceptación**

Después la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) el error de indicación del EBP, bajo las condiciones de ensayo, no deben exceder el EMP de la “zona superior”.

Shock mecánico

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 6.

Cuadro 6. Factor de influencia: shock mecánico.

Clase ambiental	1
Nivel de severidad (ver OIML D 11):	2
Altura de caída (mm)	50
Número de caídas (en cada borde inferior):	1

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, después de la aplicación de un shock mecánico.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 60068-2-31 e IEC 60068-2-47.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) El EBP debe colocarse encima de una superficie rígida plana en su posición normal de uso e inclinado hacia uno de sus bordes inferiores hasta que el borde opuesto del EBP esté a 50 mm sobre la superficie rígida. No obstante,

el ángulo entre la parte inferior del EBP y la superficie de prueba no debe ser mayor a 30°.

- b) Deje que el equipo caiga libremente sobre la superficie de prueba.
- c) Repita los pasos a) y b) para cada borde inferior.
- d) Permita un tiempo de recuperación al EBP.
- e) Examine que el EBP funcione correctamente.
- f) Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia.
- g) Calcule el error relativo de indicación.

– **Requisitos adicionales**

- a) Cuando el sensor de flujo sea parte del EBP, este no debe estar lleno de agua durante la aplicación de la perturbación.
- b) La fuente de poder del EBP debe mantenerse apagada durante los pasos a), b) y c).
- c) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y las condiciones de referencia se deben aplicar a menos que se indique lo contrario. Los medidores que no estén marcados con una “H” o una “V”, solo deben ser probados con su eje de flujo en la posición horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo deben probarse bajo su temperatura de referencia menor.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) el error de indicación del EBP, bajo las condiciones de ensayo, no deben exceder el EMP de la “zona superior”

9.4. Ambiente electromagnético

Descarga electrostática

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 7.

Cuadro 7. Factor de influencia: descarga electrostática.

Clase ambiental	E1; E2
Voltaje de ensayo (modo de contacto):	6 kV
Voltaje de ensayo (modo aéreo):	8 kV
Número de ciclos:	<p>Deben aplicarse por lo menos diez descargas directas en cada punto de prueba, en intervalos de por lo menos un s entre descargas, durante la misma medición o medición simulada.</p> <p>Para descargas indirectas, se deben aplicar diez descargas en total en el plano de acople horizontal, y se deben aplicar diez descargas adicionales para cada una de las posiciones del plano de acople vertical.</p>

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante la aplicación de descargas electrostáticas directas e indirectas.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-2.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) Mida el error de indicación del EBP antes de aplicar las descargas electrostáticas.
- b) Cargue un capacitor con capacitancia de 150 pF por medio de una fuente de voltaje de C.D. apropiada, y luego descargue el capacitor a través del EBP al conectar una terminal del chasis de soporte a tierra y la otra a superficies del EBP que sean normalmente accesibles al operador. El ensayo debe incluir el método de penetración de pintura, de ser necesario.
- c) Mida el error de indicación del EBP durante la aplicación de las descargas electrostáticas.
- d) Calcule el error de indicación del EBP para cada condición de ensayo.

- e) Calcule la falla significativa al substrair el error de indicación medido antes de aplicar las descargas electrostáticas al error medido después de aplicadas.

– **Requisitos adicionales**

- a) Durante la medición del error de indicación, el EBP debe estar sujeto al caudal de referencia.
- b) En los casos en que se haya comprobado que el diseño del medidor es inmune a las descargas electrostáticas, dentro de las condiciones nominales de operación para el caudal especificado, la autoridad reguladora puede escoger un caudal nulo durante el ensayo de descarga electrostática.
- c) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) la diferencia entre el error de indicación relativo obtenido durante la aplicación de las descargas electrostáticas y el obtenido antes de la prueba, bajo condiciones de referencia, no debe ser mayor que la mitad del EMP de la “zona superior”
- c) para ensayos con un caudal nulo el totalizador del medidor no debe cambiar más del valor del intervalo de la escala de verificación.

Susceptibilidad electromagnética

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 8.

Cuadro 8. Perturbación: radiación electromagnética.

Clase ambiental	E1	E2
Rango de frecuencia:	Desde 26 MHz hasta 1000 MHz	
Fuerza del campo:	3 V/m	10 V/m
Modulación:	80 % AM, 1 kHz, onda sinusoidal.	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante la exposición a campos electromagnéticos irradiados.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-3 y ENV 50204.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) El EBP y sus cables externos, de por lo menos 1,2 metros de largo, deben estar sujetos a campos de radiofrecuencia irradiados.
- b) La antena de transmisión preferida es una antena bi-cónica para el rango de frecuencia de 26 MHz hasta 200 MHz y una antena periódico-logarítmica para el rango de frecuencia entre 200 MHz y 1000 MHz.
- c) El ensayo debe realizarse en 20 escaneos parciales con la antena vertical y 20 escaneos parciales con la antena horizontal. Las frecuencias de inicio y de fin se muestran en el Cuadro 9.
- d) Durante cada escaneo, la frecuencia debe aumentarse en pasos de 1 % de frecuencia actual, hasta que se alcance la siguiente frecuencia en la tabla. El tiempo de permanencia en cada incremento de 1 % debe ser el mismo. El tiempo de permanencia depende de la resolución de la medición del voltaje de retorno (RVM por sus siglas en inglés) pero debe ser igual para todas las frecuencias portadoras en el escaneo.

Cuadro 9. Frecuencias portadoras de inicio y fin

MHz	MHz	MHz
26	150	435
40	160	500
60	180	600
80	200	700
100	250	800
120	350	934
144	400	1000

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Determinación del error intrínseco**

La determinación del error intrínseco bajo condiciones de referencia se empieza con la frecuencia inicial, y termina cuando se llega a la siguiente frecuencia en el Cuadro 9.

- a) Mida el error de indicación intrínseco del EBP bajo condiciones de referencia antes de aplicar el campo electromagnético.
- b) Aplique el campo electromagnético de acuerdo al nivel de severidad requerido.
- c) Empiece una nueva medición del error de indicación para el EBP.
- d) Aumente la frecuencia portadora hasta llegar a la siguiente frecuencia en el Cuadro 9.
- e) Detenga la medición del error de indicación para el EBP.
- f) Calcule el error de indicación relativo para el EBP.
- g) Calcule la falla significativa como la diferencia entre el error de indicación intrínseco medido en a) y el error de indicación medido en e).
- h) Cambie la polarización de la antena.
- i) Repita los pasos de b) a h)

– **Requisitos de procedimiento adicionales**

- a) Al medir el error de indicación, el EBP debe estar bajo el caudal de referencia.
- b) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.
- c) En los casos en que se haya comprobado que el diseño del medidor es inmune a las descargas electrostáticas, dentro de las condiciones nominales de operación para el caudal especificado, la autoridad reguladora puede escoger un caudal nulo durante el ensayo de descarga electrostática.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado;
- b) la diferencia entre el error de indicación relativo obtenido durante la aplicación de las descargas electrostáticas y el obtenido antes de la prueba, bajo condiciones de referencia, no debe ser mayor que la mitad del EMP de la “zona superior”;

- c) para ensayos con un caudal nulo el totalizador del medidor no debe cambiar más del valor del intervalo de la escala de verificación.

Campo magnético estático

– Condiciones de ensayo

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 10.

Cuadro 10. Factor de influencia: influencia de un campo magnético estático.

Tipo de imán	Imán de anillo
Diámetro externo:	70 mm ± 2 mm
Diámetro interno:	32 mm ± 2 mm
Espesor:	15 mm
Material:	Ferrita anisotrópica
Método de magnetización:	Axial (1 norte y 1 sur)
Remanencia:	385 mT hasta 400 mT
Fuerza cohesiva:	100 kA/m hasta 140 kA/m
Intensidad del campo magnético medido a menos de 1 mm de la superficie:	90 kA/m hasta 100 kA/m
Intensidad del campo magnético medido a 20 mm de la superficie:	20 kA/m

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– Objetivo del ensayo

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, bajo la influencia de un campo magnético estático.

– Preparación

El medidor debe operar de acuerdo a las condiciones nominales de funcionamiento.

– Resumen del procedimiento del ensayo

- a) El imán permanente se coloca en contacto con el EBP en una posición en donde la acción de un campo magnético estático probablemente cause errores de indicación que excedan el EMP y altere el correcto funcionamiento del EBP. La localización de este dispositivo se deriva por medio de prueba y error y conociendo el tipo y el diseño del medidor y/o por experiencia previa. Pueden investigarse diferentes posiciones del imán.
- b) Cuando se identifique una posición de ensayo, el imán se inmoviliza en esa posición y se mide el error de indicación del EBP bajo el caudal Q_p .
- c) Al medir el error de indicación del EBP, deben seguirse las condiciones de operación e instalación descritas en el apartado 5, y las condiciones de referencia aplican a menos que se indique lo contrario. Los medidores que no estén marcados con una “H” o una “V”, solo deben ser puestos a prueba con su eje de flujo en posición horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo deben ser puestos a prueba a su temperatura de referencia inferior.
- d) La posición del imán y su orientación, relativa al EBP, debe ser medida y registrada para cada posición de ensayo.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado;
- b) el error de indicación del medidor no debe exceder el EMP de la “zona superior”.

9.5. Fuente de poder

Variación del voltaje de C.A.

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 11.

Cuadro 11. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de la red de C.A.

Clase ambiental	E1; E2
Voltaje de la red:	Límite superior $U_{nom} + 10 \%$ Límite inferior $U_{nom} - 15 \%$
Frecuencia de la red:	Límite superior $f_{nom} + 10 \%$ Límite inferior $f_{nom} - 15 \%$

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante las desviaciones estáticas del voltaje de la red de C.A. (monofásica).

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-1.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) Exponga el EBP a variaciones en el voltaje de la fuente y subsecuentemente a variaciones en la frecuencia de la fuente de poder, mientras el EBP trabaja bajo sus condiciones de referencia.
- b) Mida el error de indicación del EBP, durante la aplicación del límite superior del voltaje de la red de $U_{nom} + 10\%$ y el límite superior de frecuencia de la red de $f_{nom} + 2\%$.
- c) Mida el error de indicación del EBP, durante la aplicación del límite inferior del voltaje de la red de $U_{nom} - 15\%$ y el límite inferior de frecuencia de la red de $f_{nom} - 2\%$.
- d) Calcule el error de indicación relativo para cada condición de ensayo.
- e) Compruebe que el EBP funciona de manera correcta durante la aplicación de cada variación en la fuente de poder.

– **Requisitos de procedimiento adicionales**

- a) Durante la medición del error de indicación, el EBP debe estar bajo el caudal de referencia.
- b) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

C. todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y

D. el error de indicación del EBP no deben exceder el EMP de la “zona superior”

Caídas de voltaje de la C.A. e interrupciones cortas

– Condiciones de ensayo

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 12.

Cuadro 12. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de la red de C.A.

Clase ambiental:	E1; E2
Severidad de la prueba:	Interrupción de voltaje del 100% por 100 ms. Reducción del voltaje de 50 % por 200 ms.
Interrupción:	Interrupción de voltaje del 100% por un periodo igual a medio ciclo.
Reducción:	Reducción del voltaje de 50 % por un periodo igual a un ciclo.
Número de ciclos de prueba:	Por lo menos diez interrupciones y diez reducciones, cada una con una pausa mínima de 10 s entre ensayos. Se repiten las interrupciones las veces que sean necesarias para medir el error de indicación del EBP y podrían ser necesarias más de diez interrupciones.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– Objetivo del ensayo

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante la aplicación de interrupciones y reducciones de corta duración en el voltaje de la red.

– Preparación

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-11.

– Resumen del procedimiento del ensayo

- a) Mida el error de indicación del EBP antes de aplicar el ensayo de reducción de poder.
- b) Mida el error de indicación del EBP durante la aplicación de por lo menos 10 interrupciones y 10 reducciones en el voltaje.
- c) Calcule los errores de indicación relativos para cada condición de ensayo de acuerdo al Anexo A.
- d) Substraiga el error de indicación del medidor medido antes de la aplicación de las reducciones del error medido después de la aplicación de las reducciones.

– **Requisitos de procedimiento adicionales**

- a) Las interrupciones y reducciones de voltaje deben ser aplicadas a lo largo del periodo requerido para medir el error de indicación del EBP.
- b) Interrupciones de voltaje: el voltaje de la fuente se reduce de su valor nominal, U_{nom} , a cero durante una duración igual a medio ciclo de la frecuencia de la red.
- c) Las interrupciones de voltaje deben aplicarse en grupos de diez.
- d) Reducciones de voltaje: el voltaje de la fuente debe reducirse del voltaje nominal a un 50 % de este valor durante una duración iguala un ciclo de la frecuencia de la red.
- e) Las reducciones de voltaje deben aplicarse en grupos de diez.
- f) Cada interrupción o reducción individual de voltaje debe iniciar, terminar y repetirse cuando el voltaje de la fuente se encuentre en la marca de cero.
- g) Las interrupciones y reducciones en el voltaje de la red deben repetirse por lo menos diez veces con un intervalo de tiempo de por lo menos 10 s entre cada grupo de interrupciones y reducciones. Esta secuencia debe repetirse a lo largo de la medición del error de indicación del EBP.
- h) Durante la medición del error de indicación, el EBP debe estar sometido al caudal de referencia.
- i) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.
- j) Cuando el EBP esté diseñado para operar bajo un rango de voltajes de fuente, las reducciones e interrupciones deben ser iniciadas desde el voltaje medio del rango.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) la diferencia entre el error de indicación relativo obtenido durante la aplicación de las reducciones de voltaje de corta duración y aquel obtenido antes del ensayo bajo el mismo caudal, bajo condiciones de referencia, no debe ser mayor que la mitad del EMP de la “zona superior”.

Inmunidad a la sobretensión

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 13.

Cuadro 13. Perturbación: sobretensión transitoria

Clase ambiental:	E1	E2
Puertos para líneas de señal y buses de datos no involucrados en el control de procesos:	-	1,2 Tr/50 Th μ s ^a línea a tierra \pm 2 kV línea a línea \pm 1 kV
Puertos involucrados directamente en los procesos y la medición de procesos, señalización y control:	-	1,2 Tr/50 Th μ s línea a tierra \pm 2 kV línea a línea \pm 1 kV
Puertos de entrada de C.D.:	1,2 Tr/50 Th μ s línea a tierra \pm 0,5 kV línea a línea \pm 0,5 kV	1,2 Tr/50 Th μ s ^b línea a tierra \pm 0,5 kV línea a línea \pm 0,5 kV
Puertos de entrada de C.A.:	1,2 Tr/50 Th μ s línea a tierra \pm 2 kV línea a línea \pm 1 kV	1,2 Tr/50 Th μ s línea a tierra \pm 4 kV línea a línea \pm 2 kV
<p>^a Aplica solamente a los puertos que interactúan con cables cuya longitud, de acuerdo a las especificaciones funcionales del fabricante, excede 10 m.</p> <p>^b No aplica a puertos de entrada destinados a conectarse con una batería o una batería recargable que deba ser removida o desconectada para recargarse.</p>		

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Los dispositivos con entrada de alimentación de C.D. destinados a usarse con un adaptador de C.A./C.D. deben ser probados con una entrada de alimentación de C.A. del adaptador de corriente especificado por el fabricante o, en caso de que no se especifique, usando un adaptador de C.A./C.D. típico. El ensayo aplica a puertos de alimentación de C.D. destinados a estar conectados permanentemente a cables cuya longitud sea mayor a 10 m.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, bajo condiciones en donde las sobretensiones transitorias están superpuestas en las varias líneas a las cuales el medidor se encuentra conectado, si estas miden más que 10 m .

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-5.

– **Procedimiento del ensayo**

Mida el error de indicación del EBP bajo el caudal de referencia (actual o simulado) durante la aplicación de sobretensiones transitorias.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

E. todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y

F. la diferencia entre el error de indicación relativo obtenido durante la aplicación de sobretensiones transitorias y aquel obtenido antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe ser mayor que la mitad del EMP de la “zona superior”.

Transitorios/ráfagas eléctricas rápidas

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 14.

Cuadro 14. Perturbación: Transitorios/ráfagas eléctricas rápidas.

Clase ambiental:	E1	E2
Puertos para líneas de señal y buses de datos no involucrados en el control de procesos:	$\pm 500 \text{ V}^a$	$\pm 1000 \text{ V}$
Puertos involucrados directamente en los procesos y la medición de procesos, señalización y control:	$\pm 500 \text{ V}^a$	$\pm 2000 \text{ V}$
Puertos de poder I/O C.D.:	$\pm 500 \text{ V}^b$	$\pm 2000 \text{ V}$
Puertos de poder I/O C.A.:	$\pm 1000 \text{ V}$	± 2000

		V
Puertos a tierra funcionales	$\pm 500 \text{ V}^a$	± 1000 V
^a Aplica solamente a los puertos que interactúan con cables cuya longitud, de acuerdo a las especificaciones funcionales del fabricante, excede 3 m. ^b No aplica a puertos de entrada destinados a conectarse con una batería o una batería recargable que deba ser removida o desconectada para recargarse.		

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, bajo condiciones en donde se superimpongan ráfagas eléctricas en el voltaje de la red.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-4.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) Mida el error de indicación del EBP antes de aplicar las ráfagas eléctricas.
- b) Mida el error de indicación del EBP durante la aplicación de ráfagas de picos de voltaje transitorio, de forma de onda exponencial doble.
- c) Calcule el error de indicación relativo para cada condición.
- d) Substraiga el error de indicación del medidor medido antes de la aplicación de las ráfagas, del error medido después de la aplicación de las mismas.

– **Requisitos de procedimiento adicionales**

- a) Cada pico debe tener una amplitud (positiva o negativa) de 1000 V, por fases al azar, con un tiempo de subida de 5 ns y una duración media de amplitud de 50 ns.
- b) La longitud de ráfaga debe ser de 15 ms, mientras que el periodo de ráfaga (tiempo de repetición del intervalo) debe ser 300 ms.
- c) Todas las ráfagas deben de aplicarse de modo simétrico y asimétrico durante las mismas mediciones del error de indicación del EBP.
- d) Durante la medición del error de indicación, el EBP debe estar bajo el caudal de referencia.

- e) Cuando se midan los errores (de indicación), deben seguirse las condiciones de operación y de instalación descritas en el apartado 5 y se deben aplicar las condiciones de referencia a menos que se indique lo contrario.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

G. todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y

H. la diferencia entre el error de indicación relativo obtenido durante la aplicación de las reducciones de voltaje de corta duración y aquel obtenido antes del ensayo bajo el mismo caudal, bajo condiciones de referencia, no debe ser mayor que la mitad del EMP de la “zona superior”.

Variación del voltaje de poder de C.D.

– **Condiciones de ensayo**

Las condiciones de ensayo se deben aplicar según el Cuadro 15.

Cuadro 15. Factor de influencia: desviaciones estáticas del voltaje de C.D.

Clase ambiental:	E1; E2
Puertos para líneas de señal y buses de datos no involucrados en el control de procesos:	$\pm 500 \text{ V}^a$ $\pm 1000 \text{ V}$
Puertos involucrados directamente en los procesos y la medición de procesos, señalización y control:	$\pm 500 \text{ V}^a$ $\pm 2000 \text{ V}$

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Pruebas de rendimiento para medidores de agua con dispositivos electrónicos” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante desviaciones estáticas en el voltaje de alimentación de C.D.

– **Preparación**

La preparación del ensayo debe cumplir con la norma IEC 61000-4-11.

– **Resumen del procedimiento del ensayo**

- a) Exponga el EBP a variaciones en el voltaje de alimentación, mientras el EBP se encuentra en operación bajo condiciones de referencia.
- b) Mida el error de indicación del EBP, durante la aplicación del voltaje límite superior $U_{nom} + 10\%$ o $U_{máx}$.
- c) Mida el error de indicación del EBP, durante la aplicación del voltaje límite inferior $U_{nom} - 15\%$ o $U_{mín}$.
- d) Calcule el error de indicación relativo para cada condición de ensayo.
- e) Compruebe que el EBP se encuentre funcionando de manera correcta durante la aplicación de cada variación en el voltaje.

– **Requisitos de procedimiento adicionales**

Durante la medición del error de indicación, el EBP debe estar bajo el caudal de referencia.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado y
- b) el error de indicación del BEP para cada condición de ensayo no debe exceder la “zona superior” del EMP.

Interrupción en el suministro de energía de la batería

Este ensayo solo es aplicable a medidores que utilicen una batería reemplazable como fuente de energía.

– **Objetivo del ensayo**

El objetivo del ensayo es verificar que el medidor cumpla con los requerimientos establecidos en la sección “Batería reemplazable” en el apartado 6.7 de la primera parte de la presente norma, durante el reemplazo de la batería.

– **Procedimiento del ensayo**

- a) Asegure que el medidor esté operando.
- b) Remueva la batería por un periodo de 1 h y posteriormente reemplácela.
- c) Pruebe las funciones del medidor.

– **Criterios de aceptación**

Después de la aplicación de la perturbación y la recuperación.

- a) todas las funciones del EBP deben operar según lo diseñado;
- b) los valores de medición guardados no deben cambiar.

10. Ensayo de campo para la verificación del error de indicación de un medidor

– Condiciones de ensayo

- a) El hidrómetro de referencia a utilizar debe ser del mismo diámetro nominal que el medidor bajo prueba.
- b) El medidor bajo prueba debe permanecer en el lugar en que se encuentra, en la medida de lo posible, de manera que no se altere su posición inicial. La utilización de una conexión flexible (tal como una manguera) puede ayudar a satisfacer esta condición.
- c) Es necesaria la utilización de un sello de seguridad que impida la manipulación indebida del medidor de referencia.

– Objetivo del ensayo

El objetivo del ensayo es verificar que el error de indicación del medidor bajo prueba se mantenga dentro de los límites establecidos, al no sobrepasar el error máximo permisible (EMP).

– Preparación

La preparación del ensayo consiste en la conexión a la red de agua potable del medidor de referencia, asegurando de que no existan fugas entre el EBP y el dispositivo de referencia. Seguidamente se debe dejar pasar un caudal de agua por la tubería igual al producido por una llave domiciliaria común totalmente abierta durante un minuto, de manera que se purgue la conexión de aire.

– Resumen del procedimiento del ensayo

- a) Asegure la conexión entre el medidor de referencia y el equipo bajo prueba, después de haber purgado la conexión.
- b) Se determina el error de indicación al utilizar los siguientes caudales:

- a. entre Q_{MIN} y $1,1 Q_{\text{MIN}}$;
 - b. entre Q_{T} y $1,1 Q_{\text{T}}$;
 - c. entre $0,9 Q_{\text{P}}$ y Q_{P} .
- c) Se calcula el error relativo para cada una de las mediciones, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{(V_i - V_a)}{V_a} \times 100$$

- Criterios de aceptación

Los errores observados para cada uno de los caudales no debe exceder el EMP. Si el error observado en uno o más medidores es mayor al EMP para solo uno de los caudales, el ensayo para ese caudal debe ser repetido. El ensayo debe declararse como satisfactorio si dos de los tres resultados se encuentran dentro del EMP y la media aritmética para los resultados de los tres ensayos, bajo ese caudal, es igual o menor al EMP.

Si todos los errores del medidor tienen el mismo signo, al menos uno de los errores no debe exceder la mitad del EMP.

11. Programa de ensayo para la aprobación del modelo

11.1. General

El programa de ensayo aplica solo a medidores completos o a sus partes sometidas a aprobación por separado.

Para cada modelo de medidor, el número de medidores completos, o de sus partes separadas, a ser puestos a prueba durante la examinación del modelo debe ser tal como lo muestra el cuadro 16.

Cuadro 16. Número mínimo de medidores a ser ensayados.

Designación del medidor	Número mínimo de medidores ^a
Q_{P} (m^3/h)	
$Q_{\text{P}} \leq 160$	3
$Q_{\text{P}} \leq 1600$	2

$1600 \leq Q_p$	1
a La autoridad aprobadora podría requerir un mayor número de medidores a ser sometidos a prueba.	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

11.2. Ensayos de rendimiento aplicables a todos los medidores

Todos los medidores deben estar sujetos a un programa de ensayo para la aprobación del modelo de acuerdo al Cuadro 17.

Cuadro 17. Programa de ensayo: todos los medidores.

Ensayo	Clausula aplicable de esta parte de la norma
1. Presión estática	6
2. Error de indicación	5.8
3. Temperatura del agua	5.9
4. Presión del agua	5.10
5. Reversión del flujo	5.11
6. Pérdida de presión	7
7. Irregularidad en los campos de velocidad	5.12
8. Discontinuidad en la durabilidad del flujo ^{a,b}	8.2
9. Durabilidad de flujo continuo bajo Q_p ^b	8.1
a Solo para medidores con $Q_p \leq 16$ m ³ /h y medidores de combinación.	
b Los errores de indicación deben ser medidos nuevamente después de este ensayo.	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

11.3. Medidores electrónicos, mecánicos con dispositivos electrónicos y partes separadas.

Además de los ensayos mostrados en el cuadro 17, los ensayos de rendimiento listados en el cuadro 18 deben aplicarse a los medidores de agua electrónicos y mecánicos con dispositivos electrónicos. Los ensayos pueden llevarse en cualquier orden. Todos los ensayos deben llevarse a cabo utilizando un mismo medidor, transductor de medición (incluyendo sensor de flujo o volumen), calculadora (incluyendo dispositivo indicador) o partes por separado sometidos para su aprobación.

11.4. Programa de ensayo para partes separadas de un medidor.

Todo transductor de medición (incluyendo sensor de flujo o volumen) o calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) sometido a aprobaciones diferentes debe cumplir con los EMP declarados por el solicitante (Ver el primer apartado de la cláusula 9.2).

Cuadro 18. Ensayos de rendimiento: aplicación de cantidades de influencia y perturbaciones

Sub-clausula aplicable de esta sección de la norma	Ensayo	Naturaleza de la cantidad de influencia	Nivel de severidad par a la clase (ver OIML D 11)		
			B	C	I
9.3 sección 1	Calor seco (no condensante)	Factor de influencia	3	3	3
9.3 sección 3	Calor húmedo, cíclico	Factor de influencia	1	3	3
9.3 sección 4	Vibración (aleatoria)	Perturbación	–	–	2
9.3 sección 5	Shock mecánico	Perturbación	–	–	2
9.4 sección 1	Descarga electrostática	Perturbación	1	1	1
9.4 sección 2	Susceptibilidad electromagnética		2, 5, 7	2, 5, 7	2, 5, 7
9.4 sección 3	Campo magnético estático	Factor de influencia	–	–	–
9.5. secciones 1, 5 y 6.	Variación en la fuente de voltaje (a.c./d.c.)	Factor de influencia	1	1	1
9.5 sección 2	Reducciones de poder de corta duración	Perturbación	1a y 1b	1a y 1b	1a y 1b
9.5 secciones 3 y 4.	Inmunidad a la sobretensión	Perturbación	2	2	2
	Ráfagas eléctricas	Perturbación	2	2	2

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

12. Ensayos para la verificación inicial

12.1. General

Solo los medidores que hayan sido aprobados ya sea como medidores completos o como partes compatibles aprobadas por separado, son elegibles para la verificación inicial, excepto en los casos en donde la autoridad metrológica competente permita la sustitución de las partes separadas durante el servicio. En estos casos debe comprobarse, durante la aprobación del modelo, que tales sustituciones no resultarán en que los EMP combinados excedan los respectivos EMP para un medidor completo.

Los medidores de un mismo tamaño y un mismo modelo pueden ser ensayados en serie; no obstante en este caso, la presión del agua a la salida del último medidor debe ser mayor a 0,3 bar. No debe haber ninguna interacción significativa entre medidores.

12.2. Ensayo de presión estática

Se debe realizar un ensayo de presión estática a una presión de 1,6 x PMA durante 1 min. No deben existir fugas durante el ensayo.

12.3. Mediciones del error de indicación

Los errores de indicación de los medidores en la medición del volumen actual debe ser determinada para, por lo menos, los siguientes caudales:

- Entre Q_{MIN} y $1,1x Q_{MIN}$;
- entre Q_T y $1,1x Q_T$;
- entre $0,9 Q_P$ y Q_P ;

12.4. Ensayos de temperatura del agua.

Para medidores de tipo T 30 y T 50 debe utilizarse una temperatura entre 0,1 °C y 30 °C debe utilizarse. Para otros tipos de medidores, debe utilizarse la temperatura de referencia ± 10 °C (ver la tabla 5 de la primera parte de esta norma).

13. Reporte de ensayo

13.1. General

Principio

El trabajo realizado debe respaldarse por medio de un reporte que presente los resultados de ensayo y toda la información relevante de manera precisa, clara y sin ambigüedades. El reporte de los ensayos de aprobación para un tipo de medidor y el registro en lo que concierne los ensayos de chequeo inicial debe contener:

- a) una identificación precisa de los ensayos de laboratorio y el medidor ensayado;
- b) los detalles exactos de las condiciones bajo las cuales se llevaron a cabo los diferentes ensayos, incluyendo cualquier condición específica de ensayo especificada por el fabricante;
- c) los resultados y las conclusiones de los ensayos.

Información de identificación a ser incluida en todos los reportes y registros de ensayo

El reporte de los ensayos para la aprobación del modelo para un modelo particular y los registros que conciernen los ensayos de verificación inicial deben incluir:

- a) identificación del laboratorio donde se realicen los ensayos;
- b) nombre y dirección del laboratorio;
- c) identificación del medidor sometido a prueba;
- d) nombre y dirección del fabricante o la marca utilizada;
- e) el caudal permanente designado del medidor y las relaciones Q_p/Q_{MIN} y Q_T/Q_{MIN} ;
- f) el año de fabricación y el número de serie individual del medidor sometido a prueba.
- g) el modelo particular (solo en los casos de ensayos de aprobación para un tipo en particular)

13.2. Reporte del ensayo de aprobación del modelo

General

El reporte del ensayo de aprobación del modelo debe contener, además de una referencia a esta parte de la norma, la información contenida en las tablas 19, 20 y 21.

Cuadro 19. Procedimientos de ensayo y resultados – Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.

Tipo de ensayo	Clausula aplicable de esta parte de	Información a incluirse

	la norma	
Todos los ensayos Ensayos de medición del error (incluye mecanismos de verificación)	5	La fecha del ensayo y el operador para cada caudal de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - caudal - presión del agua - temperatura de la gua - características del dispositivo de referencia calibrado; - lecturas indicadas del medidor y del dispositivo de referencia calibrado.
Ensayos de presión	6	Los valores de cada presión de ensayo aplicada y el tiempo por el que fue mantenida.
Ensayos de pérdida de presión	7	Para cada caudal: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura máxima del agua; - caudal; - presión aguas arriba del medidor; - pérdida de presión.
Ensayos de desgaste acelerado	8	Valores del error de indicación y las curvas de error tomadas antes y después de cada ensayo de desgaste según lo especificado en el programa de ensayo. Para cada medidor individual, las curvas de error tomadas antes y después de cada ensayo de desgaste deben graficarse en el mismo gráfico, y de manera que las variaciones en el error de indicación, con respecto al EMP, sean establecidas. La escala de la ordenada del gráfico debe de ser por lo menos 10mm/%. La escala de la abscisa debe ser logarítmica.
Ensayos continuos	8.1	Cronograma de los ensayos llevados a cabo por lo menos cada 24 h o una vez por cada periodo de tiempo menor si es necesario: <ul style="list-style-type: none"> - la presión en la entrada del primer medidor; - temperatura; - caudal; - lectura del medidor al principio y final del ensayo.
Ensayos discontinuos	8.2	Cronograma de los ensayos llevados a cabo por lo menos cada 24 h o una vez por cada periodo de tiempo menor: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura; - caudal; - duración de las cuatro fases del ciclo del ensayo discontinuo; - número de ciclos; - lectura del medidor al principio y final del ensayo.
Ensayo de impermeabilidad o estanqueidad	8.3	Cronograma de los ensayos llevados a cabo por lo menos cada 24 h o una vez por cada periodo de tiempo menor: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura;

		<ul style="list-style-type: none"> - caudal; - estado del medidor.
Ensayos de resistencia de cúpula	8.4	<p>Cronograma de los ensayos llevados a cabo por lo menos cada 1 h o una vez por cada periodo de tiempo menor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - caudal; - masa utilizada; - presión utilizada; - estado del medidor.
Ensayo de torsión	8.5	<p>Cronograma de los ensayos llevados a cabo por lo menos cada 1 h o una vez por cada periodo de tiempo menor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - caudal; - torque utilizado; - estado del medidor.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Cuadro 20. Inspecciones – Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.

Características inspeccionadas	Clausula aplicable de esta parte de la norma	Información a incluirse
Materiales y construcción	6.1	Conforme la primera parte de esta norma.
Marcas de verificación y dispositivos de protección	6.4	
Diseño del dispositivo indicador	6.6	
Diseño del dispositivo de verificación	6.6 sección 3	
Marcas e inscripciones	6.8	

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Cuadro 21. Ensayos para medidores electrónicos o medidores con dispositivos electrónicos - Información a incluirse en un reporte de ensayo de aprobación del modelo.

Ensayo	Clausula aplicable de esta parte de la norma	Información a incluirse
Calor seco (no condensante)	9.3 sección 1	Error de indicación bajo altas temperaturas
Calor húmedo, cíclico	9.3 sección 3	Error de indicación después de recuperarse de los ciclos de calor y humedad

Vibración (aleatoria)	9.3 sección 4	Error de indicación después de recuperarse de los ensayos de vibración
Shock mecánico	9.3 sección 5	Error de indicación después de recuperarse de los ensayos de shock
Descarga electrostática	9.4 sección 1	Error de indicación durante descargas electrostáticas directas e indirectas
Susceptibilidad electromagnética	9.4 sección 2	Error de indicación durante la exposición a campos electromagnéticos
Campo magnético estático	9.4 sección 3	Error de indicación durante la exposición a campos magnéticos estáticos
Variación en la fuente de voltaje (a.c./d.c.)	9.5 secciones 1, 5 y 6	Error de indicación durante variaciones en el voltaje de la fuente de poder
Reducciones de poder de corta duración	9.5 sección 2	Error de indicación durante reducciones e interrupciones de poder de corta duración
Inmunidad a la sobretensión	9.5 sección 3	Error de indicación durante la aplicación de sobretensiones transitorias
Ráfagas eléctricas	9.5 sección 4	Error de indicación durante picos de voltaje

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

Requisitos administrativos

El reporte de ensayo de aprobación del modelo debe incluir:

- a) Una declaración que especifique que la prueba se refiere únicamente a las muestras a ser ensayadas;
- b) una firma de la persona que acepte la responsabilidad técnica del reporte de ensayo;
- c) la fecha de emisión del reporte de ensayo.

Adiciones a los reportes de ensayo

Las adiciones a los reportes de ensayo después de emitido este deben hacerse solo por medio de un documento adicional marcado, de la manera:

“Suplemento del reporte de ensayo – Número de Serie:...”

Este documento debe cumplir con los requisitos relevantes de las subclausulas anteriores.

Publicación del reporte de ensayo

Al ser publicado, el reporte debe reproducido solamente en su totalidad.

Anexo A

(normativo)

Cálculo del error de indicación relativo de un medidor de agua

A.1. General

Este anexo define los cálculos requeridos para obtener el error de indicación durante la aprobación del modelo o los ensayos de verificación para:

- medidores de agua completos;
- calculadores separables;
- transductores de medición separables;
- medidores combinados.

A.2. Medición del error de indicación

General

Cuando el transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) o una calculadora (incluyendo el dispositivo indicador) de un medidor sea sometido a una aprobación de modelo por separado, las mediciones de error de indicación deben ser llevadas a cabo solo sobre estas partes separables del medidor.

La señal de salida (pulso, corriente o voltaje) de un transductor de medición (incluyendo sensor de flujo o de volumen) debe ser medida por un instrumento apropiado.

Para la calculadora (incluyendo dispositivo indicador) las características de las señales de entrada simuladas (pulso, corriente o voltaje) deben replicar aquellas transmitidas por el transductor de medición.

El error de indicación del EBP debe calcularse de acuerdo al que se considere como el valor verdadero del volumen actual añadido durante la prueba, en comparación con el volumen equivalente de ya sea la señal de entrada simulada hacia la calculadora

(incluyendo el dispositivo de indicación) o la señal de salida actual del transductor de medición (incluyendo el sensor de flujo o volumen) medido durante el mismo periodo de prueba.

A menos que la autoridad metrológica lo permita, deben probarse un transductor de medición (incluyendo sensor de flujo o volumen) y una calculadora compatible (incluyendo dispositivo de indicación), que tengan modelos de aprobación distintos, de manera conjunta como un medidor combinado, durante las verificaciones iniciales o subsecuentes (ver clausula 11). Esto de modo que el cálculo del error de indicación sea el mismo que para un medidor completo.

Los cálculos deben realizarse utilizando las ecuaciones mostradas en los siguientes apartados, de la (1) a la (9).

Medidor completo

$$E_m(i)(i = 1, 2, \dots n) = 100 x \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (1)$$

donde,

$E_m(i)(i = 1, 2, \dots n)$ Es el error de indicación relativo de un medidor completo bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots n$)

E_m Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

V_a Es el volumen actual (o simulado) que pasó durante el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

V_i Es el volumen añadido, o sustraído, del dispositivo indicador, durante el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

Medidor combinado

Un medidor combinado debe ser tratado como un medidor completo, según el inciso anterior, para el propósito de calcular el error de indicación.

Calculadora (incluyendo dispositivo indicador)

- **Cálculo del error de indicación relativo de una calculadora utilizando una señal de entrada simulada de pulso**

$$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (2)$$

donde

$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de una calculadora bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_c Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

V_a Es el volumen equivalente al valor numérico de la señal codificada, transmitida al dispositivo indicador durante el periodo de ensayo, D_e , en metros cúbicos.

V_i Es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el periodo de ensayo, D_e , en metros cúbicos.

- **Cálculo del error de indicación relativo de una calculadora utilizando una señal de entrada de corriente simulada**

$$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (3)$$

donde

$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de la calculadora bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_c Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas

bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

$V_a = (C_i \times i_t \times D_t)$	Es el volumen equivalente al promedio de la corriente de la señal transmitida al dispositivo de indicación durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.
C_v	Es una constante que relaciona la señal de corriente con caudal, en metros cúbicos por mili-amperio hora
i_t	Es el valor promedio de la corriente de la señal transmitida durante el periodo de ensayo, D_t , en miliamperios.
D_t	Es el periodo de ensayo, en horas.
V_i	Es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

– **Cálculo del error de indicación relativo de una calculadora utilizando una señal de voltaje de entrada simulada**

$$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (4)$$

donde

$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n)$	Es el error de indicación relativo de la calculadora bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)
E_c	Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.
$V_a = (C_v \times U_c \times D_t)$	Es el volumen equivalente al promedio de la señal de voltaje transmitida al dispositivo de indicación durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.
C_v	Es una constante que relaciona la señal de voltaje con el

caudal, en metros cúbicos por voltios-hora.

U_c Es el valor promedio de la señal de voltaje transmitida durante el periodo de ensayo, D_t , en voltios.

D_t Es el volumen registrado por el dispositivo de indicación, durante el periodo de ensayo, D_t ,

V_i Es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

- **Cálculo del error de indicación relativo de una calculadora utilizando una señal de entrada codificada, simulada**

$$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (5)$$

donde

$E_c(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de la calculadora bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_c Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

V_a Es el volumen equivalente al valor numérico de la señal codificada, transmitido al dispositivo indicador durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

V_i Es el volumen registrado por el dispositivo indicador, añadido durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

Transductor de medición

- **Cálculo del error de indicación relativo de un transductor de medición con una señal de salida de pulso**

$$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (6)$$

donde

$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de un transductor de medición bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_t Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

$V_i = (C_p \times T_p)$ Es el volumen equivalente al número total de pulsos de volumen emitidos desde el transductor de medición durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

C_p Es una constante igual a un volumen nominal para cada pulso de salida emitido, en metros cúbicos por pulso.

T_p Es el número total de pulsos emitidos durante el periodo de ensayo, D_t .

V_a Es el volumen actual recolectado durante el periodo de ensayo, D_t .

- **Cálculo del error de indicación relativo de un transductor de medición utilizando una señal de salida de corriente**

$$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (7)$$

donde

$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de un transductor de medición bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_c	Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.
$V_i = (C_i \times i_t \times D_t)$	Es el volumen equivalente al promedio de la señal de corriente emitida por el transductor de medición y su duración durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.
C_i	Es una constante que relaciona la corriente de la señal de salida emitida con el caudal, en metros cúbicos por miliamperio hora.
i_t	Es el valor promedio de la corriente de la señal emitida durante el periodo de ensayo, D_t , en miliamperios.
D_t	Es el periodo de ensayo, en horas.
V_a	Es el volumen actual recolectado durante el periodo de ensayo, D_t , en metros cúbicos.

– **Cálculo del error de indicación relativo de un transductor de medición utilizando una señal de salida de voltaje**

$$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (8)$$

donde

$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n)$	Es el error de indicación relativo de un transductor de medición bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)
E_t	Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.
$V_i = (C_v \times U_t \times D_t)$	Es el volumen equivalente al promedio del voltaje de la señal emitida por el transductor de medición y su duración durante

el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

C_v Es una constante que relaciona la el voltaje de la señal emitida con caudal, en metros cúbicos por voltios-hora.

U_t Es el valor promedio del voltaje de la señal durante el periodo de ensayo, D_v , en voltios.

D_t Es el volumen registrado por el dispositivo de indicación, durante el periodo de ensayo, D_v ,

V_a Es el volumen actual recolectado durante el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

– **Cálculo del error de indicación relativo de un transductor de medición utilizando una señal de salida codificada, simulada**

$$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n) = 100 \times \frac{V_i - V_a}{V_a} \quad (9)$$

donde

$E_t(i)(i = 1, 2, \dots, n)$ Es el error de indicación relativo de un transductor de medición bajo un caudal ($i = 1, 2, \dots, n$)

E_t Puede ser el promedio de dos o más mediciones repetidas bajo el mismo caudal nominal, en porcentaje.

V_i Es el volumen equivalente al valor numérico de la señal codificada, emitida por el transductor de medición durante el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

V_a Es el volumen actual recolectado durante el periodo de ensayo, D_v , en metros cúbicos.

Anexo B

(normativo)

Equipo de ensayo para las perturbaciones de flujo

B.1. General

Las figuras mostradas a continuación muestran perturbadores de flujo a ser utilizados con los ensayos según se describe en la sección 5.5 de la primera parte de esta norma. Todas las dimensiones mostradas son en milímetros a menos que se indique lo contrario. Las dimensiones maquinadas deben tener una tolerancia de $\pm 0,25$ mm a menos que se indique lo contrario.

B.2. Generadores de perturbación de tipo roscado

La figura B.1 muestra una configuración de unidades generadoras de remolinos para generadores de perturbación roscados.

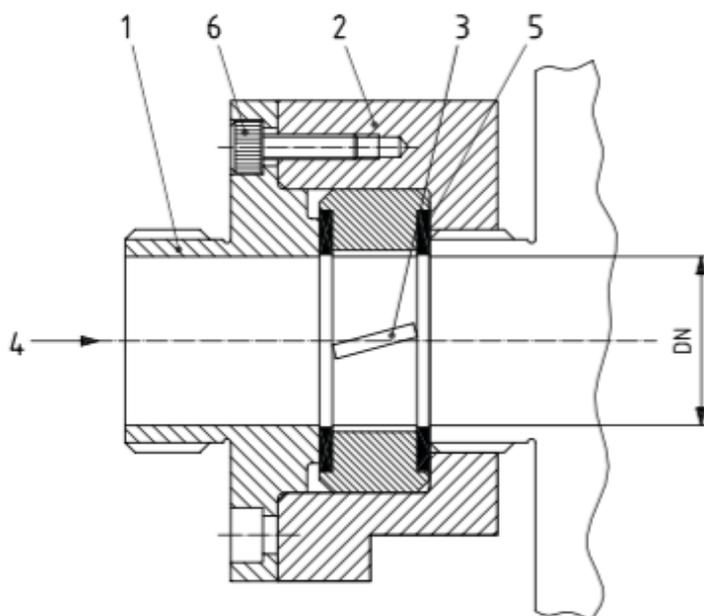


Figura B.1. Generador de perturbación roscado – Configuración de unidades de generación de turbulencia.

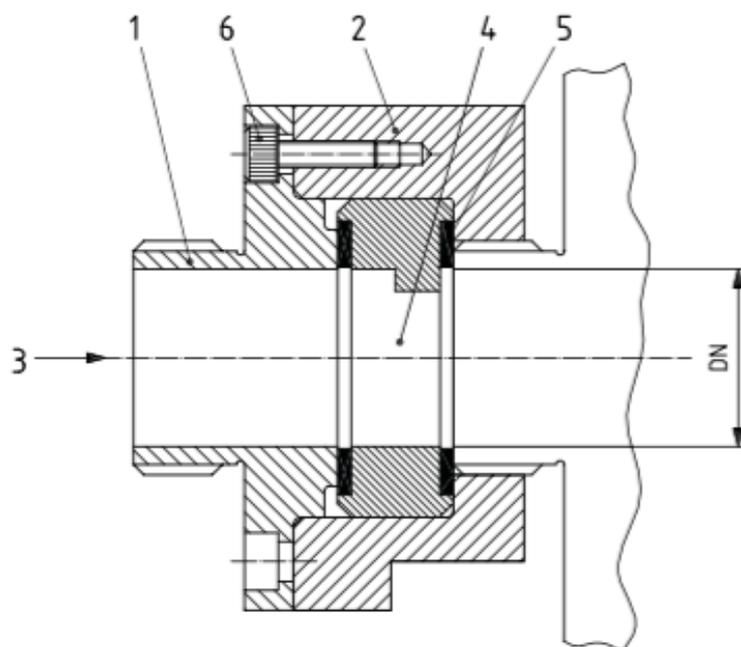
Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.1. Clave de la figura B1.1.

Número de ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	Cubierta	1	Acero inoxidable
2	Cuerpo	1	Acero inoxidable
3	Generador de turbulencia	1	Acero inoxidable
4	Flujo	-	-
5	Junta	2	Fibra
6	Tornillo Allen hexagonal	4	Acero inoxidable

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.2 muestra una configuración de unidades de distorsión del perfil de velocidad, para un generador de perturbaciones roscado.

**Figura B.2.** Generador de perturbación roscado – Configuración de unidades de distorsión del perfil de velocidad.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.2. Clave de la figura B.2.

Número de ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	Cubierta	1	Acero inoxidable
2	Cuerpo	1	Acero inoxidable
3	Perturbador de flujo	1	Acero inoxidable
4	Flujo	-	-
5	Junta	2	Fibra

6	Tornillo Allen hexagonal	4	Acero inoxidable
---	--------------------------	---	------------------

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.3. ilustra la cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones mostradas en el cuadro B.3.

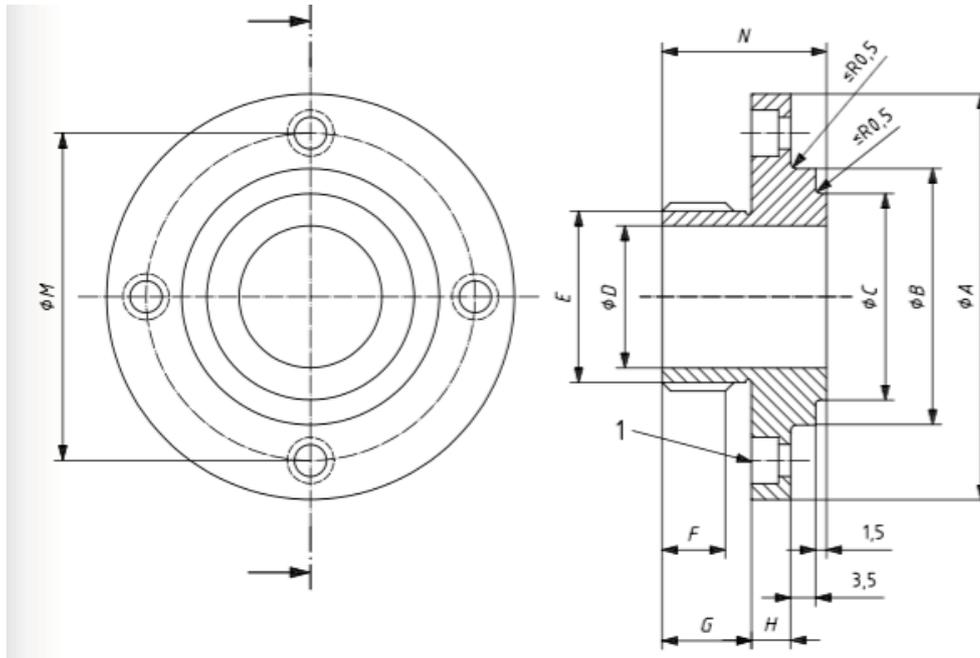


Figura B.3. Cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 4 agujeros $\text{Ø} J$, calibre $\text{Ø} K \times L$

La aspereza de la superficie maquinada debe ser $3,2 \mu\text{m}$, todo alrededor.

Cuadro B.3. Dimensiones para una cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

DN	A	B (e ⁹)	C	D	E ^b	F	G	H	J	K	L	M	N
15	52	29,960 29,908	23	15	G 3/4" B	10	12,5	5,5	4,5	7,5	4	40	23
20	58	35,950 35,888	29	20	G 1" B	10	12,5	5,5	4,5	7,5	4	46	23
25	63	41,950 41,888	36	25	G 1 1/4" B	12	14,5	6,5	5,5	9,0	5	52	26
32	76	51,940 51,866	44	32	G 1 1/2" B	12	16,5	6,5	5,5	9,0	5	64	28
40	82	59,940	50	40	G 2" B	13	18,5	6,5	5,5	9,0	5	70	30

		59,866											
50	102	69,940 69,866	62	50	G 2 ½" B	13	20,0	8,0	6,5	10,5	6	84	33
a	Ver ISO 286-2												
b	Ver ISO 228-1												

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.4 muestra el cuerpo del generador de perturbaciones roscado, con las dimensiones según el cuadro B.4.

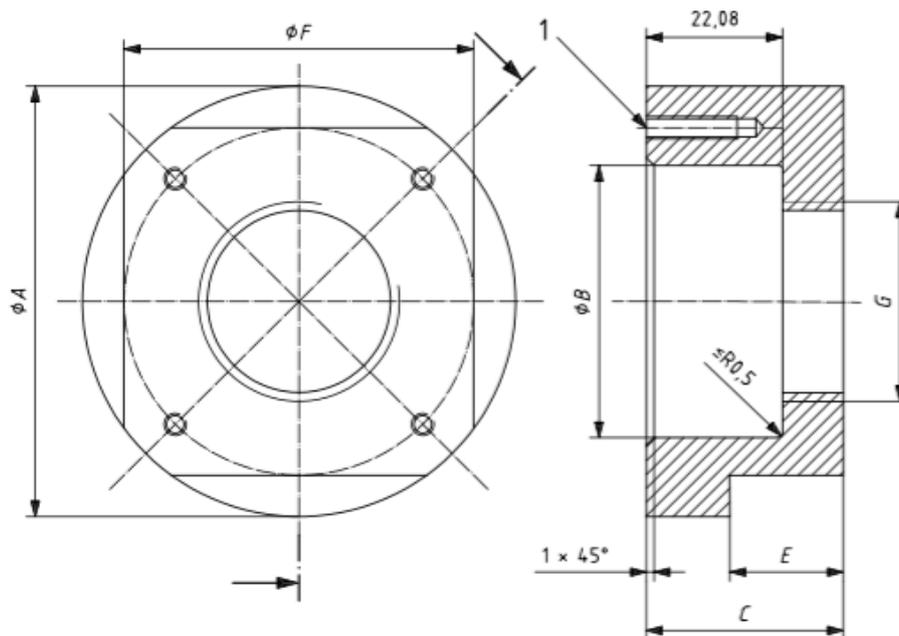


Figura B.4. Cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 4 huecos $\varnothing H \times J$ de profundidad; roscados interiormente K y rosca L.

Cuadro B.4. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

DN	A	B (H9 ^a)	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
15	52	30,052 30,000	23,5	15,5	15	46	G 3/4" B	3,3	16	M4	12	40
20	58	36,062 36,000	26,0	18,0	15	46	G 1" B	3,3	16	M4	12	46
25	63	42,062 42,000	30,5	20,5	20	55	G 1 ¼" B	4,2	18	M5	14	52
32	76	52,074 52,000	35,0	24,0	20	65	G 1 ½" B	4,2	18	M5	14	64
40	82	60,074 60,000	41,0	28,0	25	75	G 2" B	4,2	18	M5	14	70

50	102	70,074 70,000	47,0	33,0	25	90	G 2 ½" B	5,0	24	M6	20	84
a Ver ISO 286-2												

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.5 muestra un generador de perturbaciones roscado para la generación de turbulencia, cuyas dimensiones se muestran en la tabla B.5.

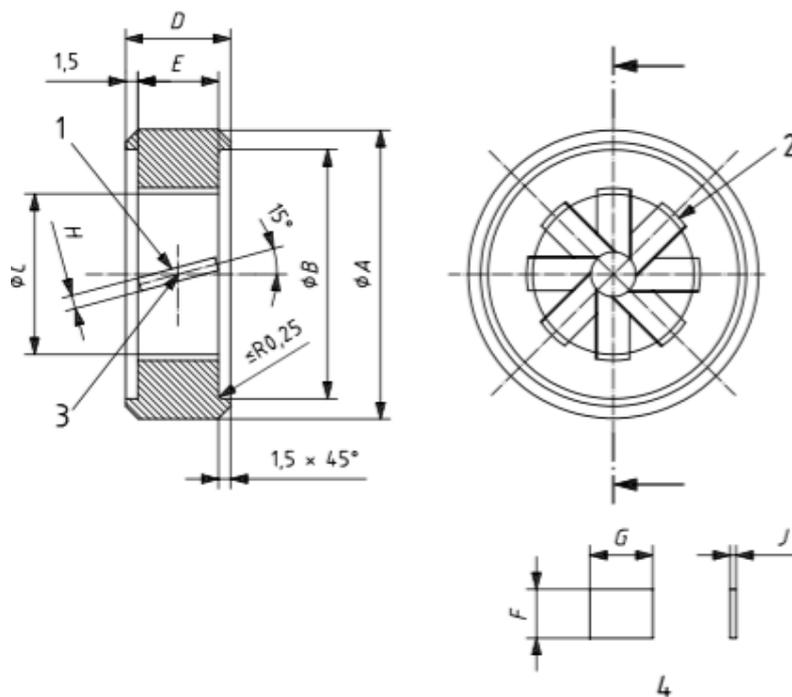


Figura B.5. Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

- 1 8 ranuras equidistantes para colocar las paletas
- 2 colocación de las paletas en las ranuras y soldadura
- 3 profundidad de la ranura en el centro = 0,76 mm
- 4 detalle de paletas

La rugosidad de la superficie maquinada debe ser de $3,2 \mu\text{m}$, todo alrededor.

Cuadro B.5. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

DN	A (d10 ^a)	B	C	D	E	F	G	H	J
15	29,935	25	15	10,5	7,5	6,05	7,6	0,57	0,50
	29,851							0,52	
20	35,920	31	20	13,0	10,0	7,72	10,2	0,57	0,50
	35,820							0,52	

25	41,920 41,820	38	25	15,5	12,5	9,38	12,7	0,82 0,77	0,75
32	51,900 51,780	46	32	19,0	16,0	11,72	16,4	0,82 0,77	0,75
40	59,900 59,780	52	40	23,0	20,0	14,38	20,5	0,82 0,77	0,75
50	69,900 69,780	64	50	28,0	25,0	17,72	25,5	1,57 1,52	1,50
a	Ver ISO 286-2								

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.6 muestra un generador de perturbaciones roscado para la perturbación del flujo, cuyas dimensiones se muestran en la tabla B.6.

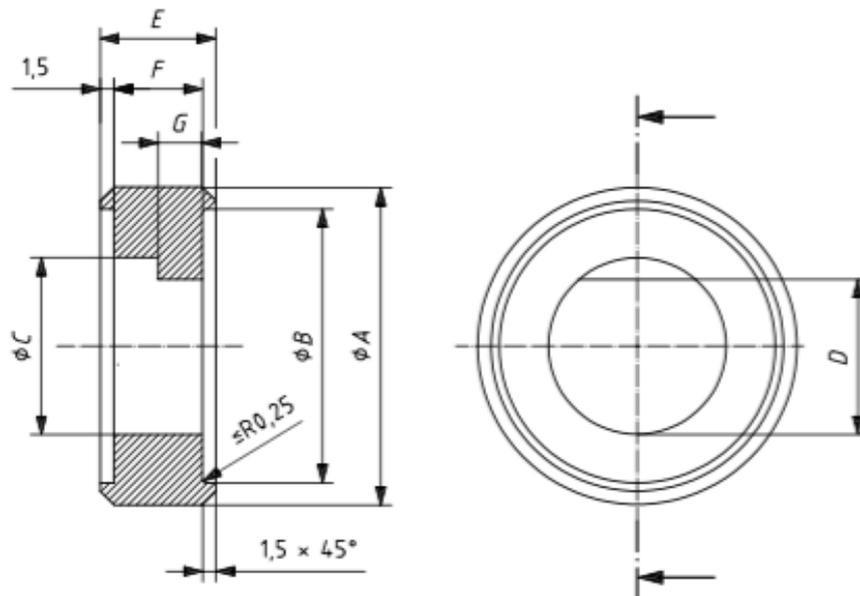


Figura B.6. Generador de turbulencia de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

La rugosidad de la superficie maquinada debe ser de $3,2 \mu\text{m}$, todo alrededor.

Cuadro B.6. Dimensiones para el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

DN	A (d_{10}^a)	B	C	D	E	F	G
15	29,935 29,851	25	15	13,125	10,5	7,5	7,5
20	35,920 35,820	31	20	17,500	13,0	10,0	5,0

25	41,920 41,820	38	25	21,875	15,5	12,5	6,0
32	51,900 51,780	46	32	28,000	19,0	16,0	6,0
40	59,900 59,780	52	40	35,000	23,0	20,0	6,0
50	69,900 69,780	64	50	43,750	28,0	25,0	6,0
a Ver ISO 286-2							

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.7 muestra la junta de un generador de perturbaciones roscado, cuyas dimensiones se muestran en la tabla B.7.

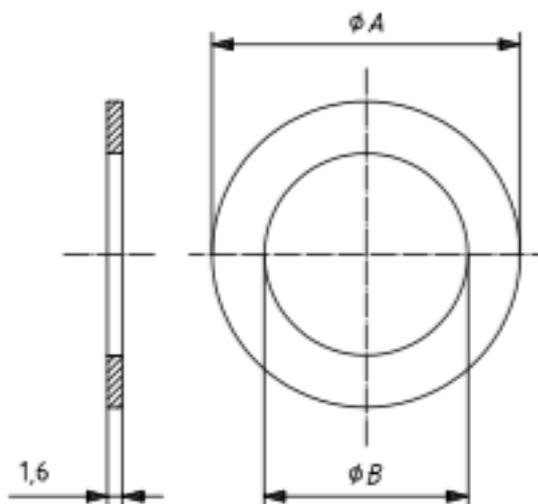


Figura B.7. Junta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.7. Dimensiones para la junta de un generador de perturbaciones de tipo roscado.

DN	A	B
15	24,5	15,5
20	30,5	20,5
25	37,5	25,5
32	45,5	32,5
40	51,5	40,5
50	63,5	50,5

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

B.3. Perturbadores de flujo de tipo oblea

La figura B.8. muestra la configuración de unidades generadoras de remolinos para un perturbador de flujo de tipo oblea.

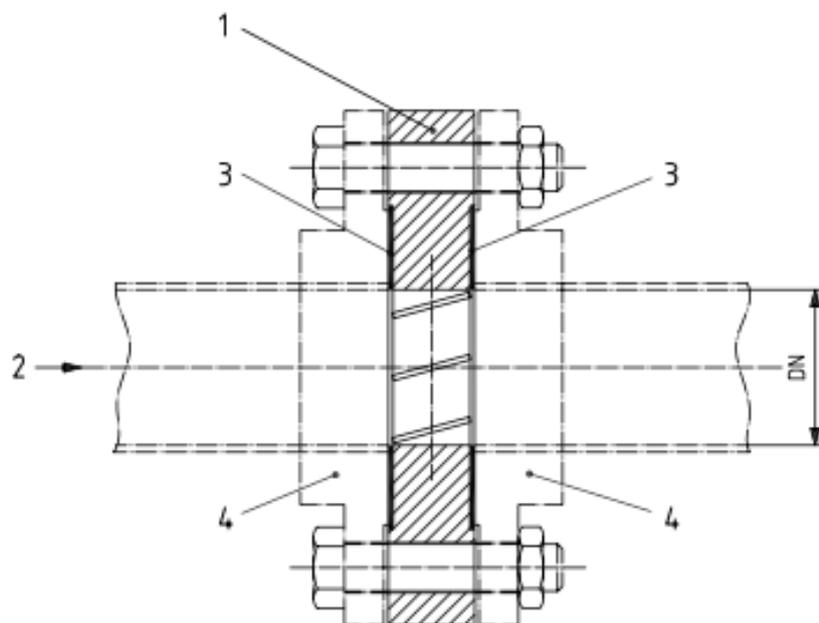


Figura B.8. Generador de perturbaciones de tipo oblea – Configuración de las unidades generadoras de remolinos.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.8. Clave de la figura B.8.

Número de ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	Generador de remolinos	1	Acero inoxidable
2	Flujo	-	-
3	Junta	2	Fibra
4	Longitud recta con brida	4	Acero inoxidable

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.9. muestra una configuración de unidades de perturbación del perfil de velocidad para un generador de perturbaciones de tipo oblea.

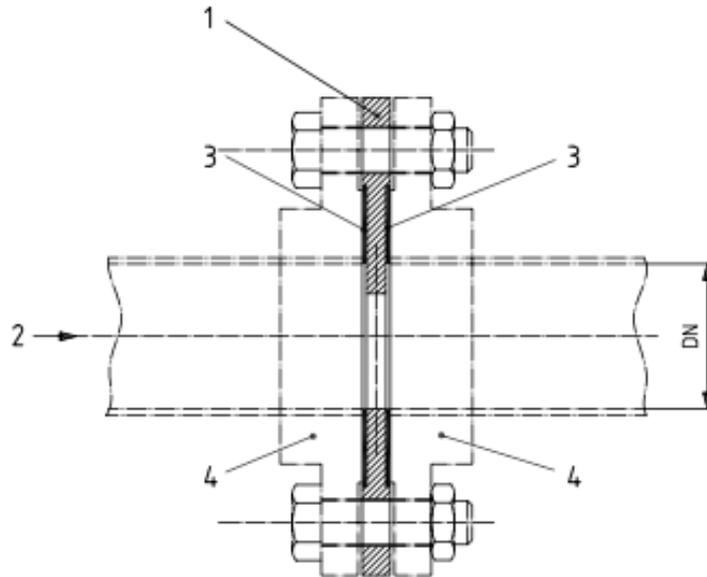


Figura B.9. Generador de perturbaciones de tipo oblea – Configuración de las unidades de perturbación del perfil de velocidad.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.9. Clave de la figura B.9.

Número de ítem	Descripción	Cantidad	Material
1	Perturbador de flujo	1	Acero inoxidable
2	Flujo	-	-
3	Junta	2	Fibra
4	Longitud recta con brida (ver ISO 7005-2 o ISO 7500-3)	4	Acero inoxidable

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005.

La figura B.10 muestra el generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo oblea, cuyas dimensiones se muestran en la tabla B.10.

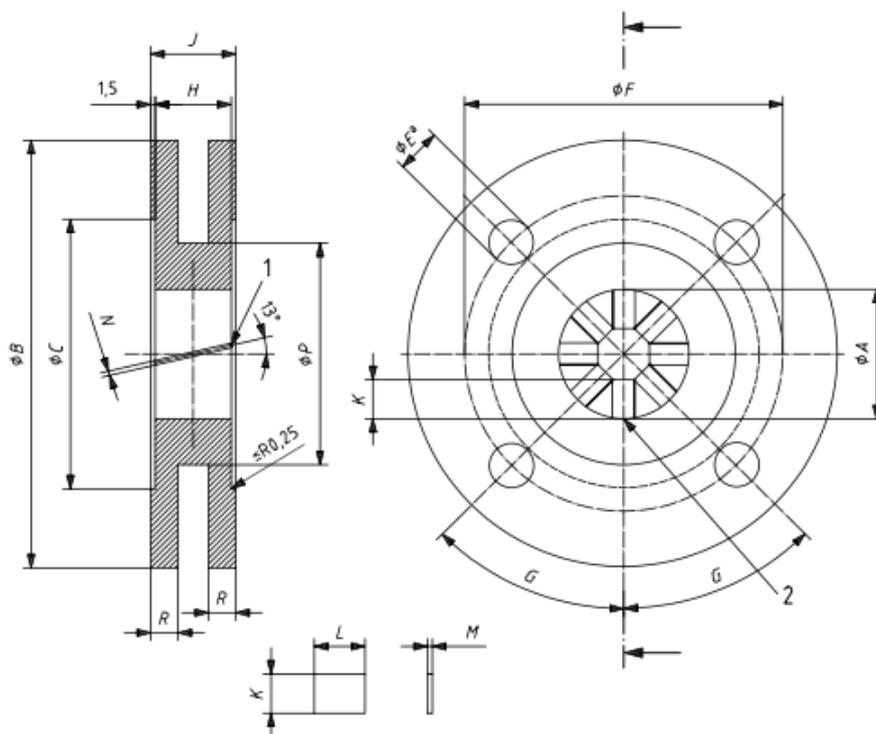


Figura B.10. Generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 8 ranuras equidistantes para colocar las paletas

2 paletas a ser colocadas en las ranuras (soldadas)

a número de ranuras *D* de diámetro *E*.

Cuadro B.10. Dimensiones para el generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

DN	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R
50	50	165	104	4	18	125	45°	25	28	16,9	25,5	1,5	1,57 1,52	-	-
65	65	185	124	4	18	145	45°	33	36	21,9	33,4	1,5	1,57 1,52	-	-
80	80	200	139	8	18	160	22 ½ °	40	43	26,9	40,6	1,5	1,57 1,52	-	-
100	100	220	159	8	18	180	22 ½ °	50	53	33,6	50,8	1,5	1,57 1,52	-	-
125	125	250	189	8	18	210	22 ½ °	63	66	41,9	64,1	1,5	1,57 1,52	-	-
150	150	285	214	8	22	240	22 1/2 °	75	78	50,3	76,1	3,0	3,07 3,02	195	22
200	200	340	269	8	22	295	22 ½ °	100	103	66,9	101,6	3,0	3,07 3,02	245	24

250	250	395	324	12	22	350	15°	125	128	83,6	127,2	3,0	3,07 3,02	295	26
300	300	445	374	12	22	400	15°	150	153	100,3	152,7	3,0	3,07 3,02	345	28
400	400	565	482	16	27	515	11 ¼ °	200	203	133,6	203,8	3,0	3,07 3,02	445	30
500	500	670	587	20	27	620	9°	250	253	166,9	255,0	3,0	3,07 3,02	545	32
600	600	780	687	20	30	725	9°	300	303	200,3	306,1	3,0	3,07 3,02	645	34
800	800	1015	912	24	33	950	7 ½ °	400	403	266,9	408,3	3,0	3,07 3,02	845	36

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

La figura B.11 muestra un perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo oblea, cuyas dimensiones se muestran en el cuadro B.11.

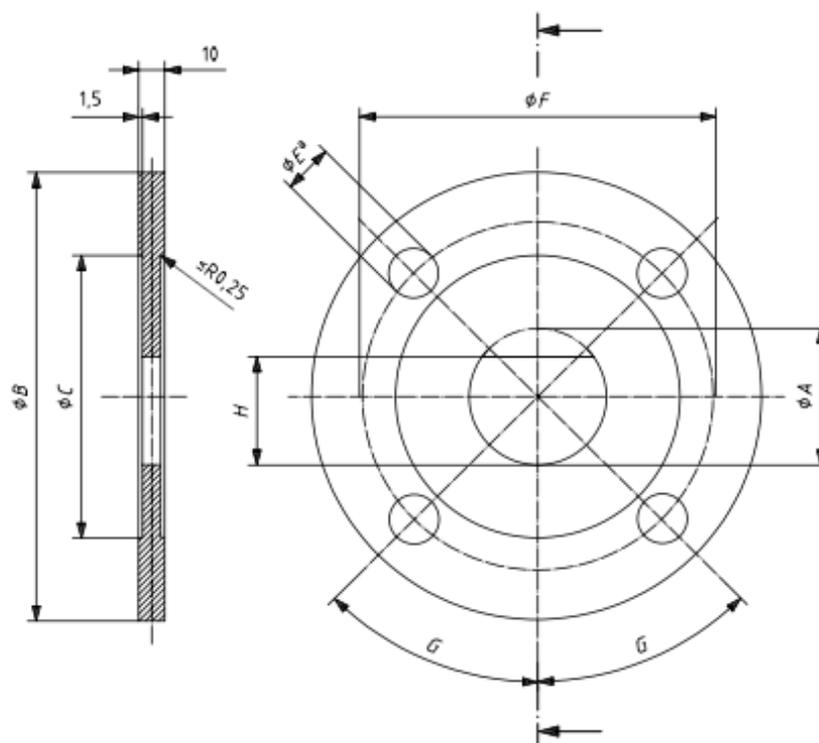


Figura B.11. Perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

a número de ranuras *D* de diámetro *E*.

La rugosidad de la superficie maquinada debe ser de $3,2 \mu\text{m}$, todo alrededor.

Cuadro B.11. Dimensiones para un perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

DN	A	B	C	D	E	F	G	H
50	50	165	104	4	18	125	45°	43,8
65	65	185	124	4	18	145	45°	56,9
80	80	200	139	8	18	160	22 ½ °	70,0
100	100	220	159	8	18	180	22 ½ °	87,5
125	125	250	189	8	18	210	22 ½ °	109,4
150	150	285	214	8	22	240	22 1/2 °	131,3
200	200	340	269	8	22	295	22 ½ °	175,0
250	250	395	324	12	22	350	15°	218,8
300	300	445	374	12	22	400	15°	262,5
400	400	565	482	16	27	515	11 ¼ °	350,0
500	500	670	587	20	27	620	9°	437,5
600	600	780	687	20	30	725	9°	525,0
800	800	1015	912	24	33	950	7 ½ °	700,0

La figura B.12 muestra la junta un generador de perturbaciones de tipo oblea, cuyas dimensiones se muestran en el cuadro B.12.

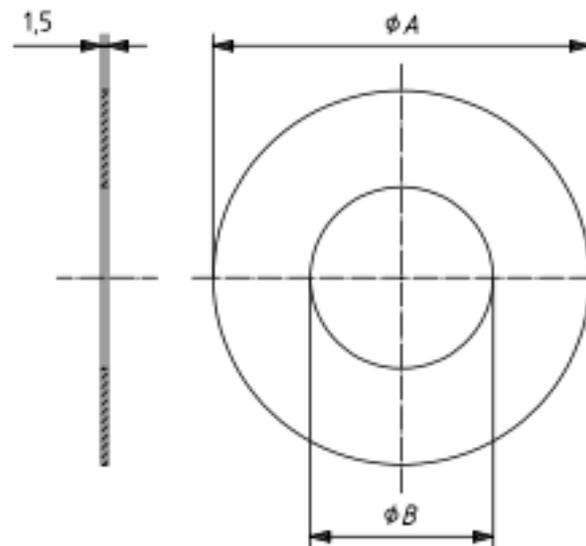


Figura B.12. Junta de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Cuadro B.11. Dimensiones para la junta de un generador de perturbaciones de tipo oblea.

DN	A	B
----	---	---

50	103,5	50,5
65	123,5	65,5
80	138,5	80,5
100	158,5	100,5
125	188,5	125,5
150	213,5	150,5
200	268,5	200,5
250	323,5	250,5
300	373,5	300,5
400	481,5	400,5
500	586,5	500,5
600	686,5	600,5
800	911,5	800,5

Anexo C

(informativo)

Múltiple – Ejemplos de métodos y componentes utilizados en la prueba de medidores concéntricos.

La figura C.1 muestra un ejemplo de un múltiple de conexión para un medidor concéntrico.

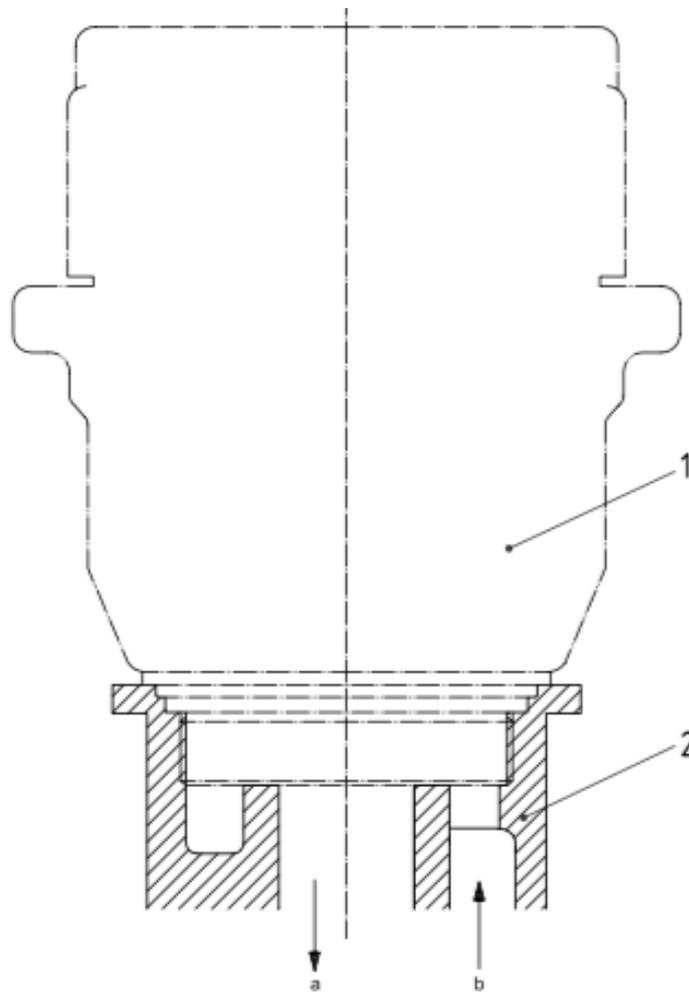


Figura C.1. Ejemplo de un múltiple de conexión para un medidor concéntrico.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 medidor concéntrico

2 múltiple del medidor concéntrico

a Flujo de agua fuera del medidor.

b Flujo de agua dentro del medidor.

Un múltiple especial para el ensayo de presión, tal como el que se muestra en la figura C.2, puede utilizarse para poner a prueba el medidor. Para asegurar que los empaques operen bajo las “peores condiciones” durante el ensayo, las dimensiones de la cara donde va el empaque del múltiple deben estar en los límites apropiados de las tolerancias de manufactura, de acuerdo a las dimensiones de diseño especificadas por el fabricante.

Antes de someter el medidor al modelo de aprobación, el fabricante podría estar obligado a sellar el medidor en un punto superior a la ubicación del empaque interno de la interface múltiple/medidor, por medios apropiados que dependan del diseño del medidor. Cuando el medidor concéntrico sea ajustado al múltiple del ensayo de presión y luego presurizado, es necesario que sea posible observar la fuente de cualquier fuga que fluya de la salida del múltiple, y distinguir entre esta y una fuga proveniente de un ajuste incorrecto del dispositivo de sellado. La figura C.3 muestra un ejemplo del diseño de un tapón adecuado para muchos diseños de medidor, pero puede utilizarse cualquier otro medio adecuado.

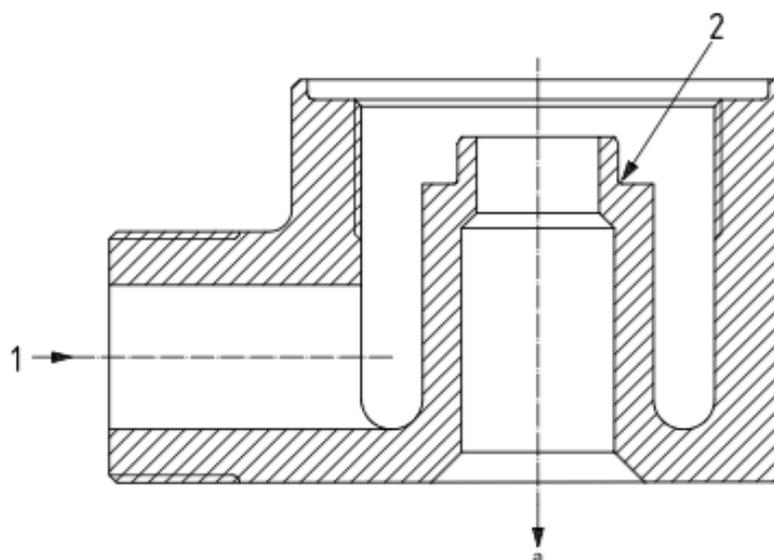


Figura C.2. Ejemplo de un múltiple para el ensayo de presión sobre los empaques de un medidor concéntrico.

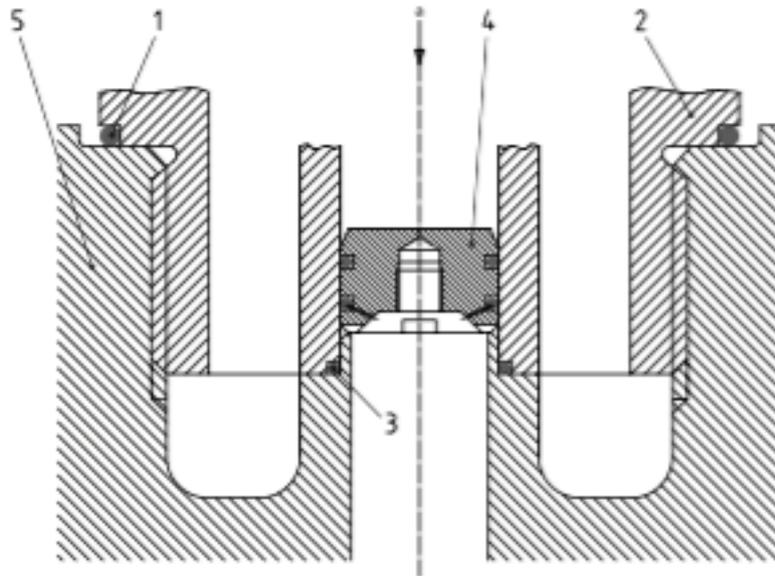
Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

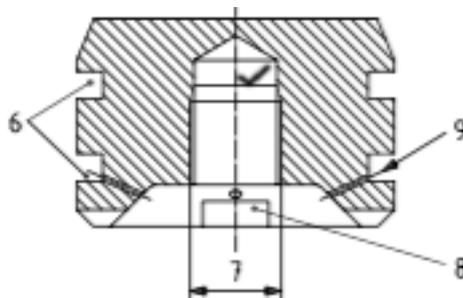
1 presión

2 posición del ensayo interior

a Trayectoria de la fuga traspasando el sello



a) Sección del medidor y el múltiple que muestra el tapón de ensayo en su posición.



b) Detalle del tapón de ensayo

Figura C.2. Ejemplo de un tapón para el ensayo de presión de los empaques de un medidor concéntrico.

Fuente: ISO 4064-1:2005, 2005

Clave

1 empaque exterior del medidor
2 medidor
3 empaque interior del medidor
4 tapón de ensayo
5 múltiple

6 ranuras en forma de toroide
7 rosca para perno de retiro
8 entre 4 y 6 cortes, equidistantes
9 agujero testigo de fuga

Anexo 2. Guía para la estimación de la incertidumbre en pruebas de campo y laboratorio para hidrómetros

Guía para la estimación de la incertidumbre en pruebas de campo y laboratorio para hidrómetros

Tabla de Contenidos

1. Alcance y propósito	3
2. Referencias bibliográficas	3
3. Definiciones	3
4. Introducción	5
5. Incertidumbre	7
5.1. Evaluación de la incertidumbre.....	7
5.2. Efecto de las cantidades de entrada en la medición – Coeficientes de sensibilidad	12
5.3. Combinación de la incertidumbre.....	13
5.4. Expresión de los resultados	14
5.5. Contribuciones a la incertidumbre.....	16
6. Procedimiento para el cálculo de la incertidumbre	18
7. Método para el cálculo de la incertidumbre en laboratorio	22
8. Límites de incertidumbre	33

1. Alcance y propósito

Esta guía tiene como principal propósito establecer los lineamientos a seguir para el cálculo de las incertidumbres asociadas con el ensayo y la calibración de hidrómetros, de manera que se respeten los límites establecidos por la normativa nacional para estos procedimientos. Se presenta un método y valores de referencia en los cuales basarse para el cálculo de la incertidumbre para la calibración o prueba de medidores de agua.

2. Referencias bibliográficas

1. GUM, I. (2008). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, (1995), with Supplement 1, Evaluation of measurement data, JCGM 101: 2008*. Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.
2. ISO/IEC, (2005). *ISO/IEC 5168:2005 Measurement of fluid flow – Procedure for the evaluation of uncertainties. Second Edition*. Ginebra, Suiza.
3. NORDTEST, (2004). NT VVS 131 - *Uncertainty calculations for calibration of water and heat flow meters*. Oslo, Noruega.
4. Barbosa, F. (2007). *Avaliação metrológica da incerteza na medição de vazão mássica de gases com tecnologias volumétrica e pressão diferencial*. Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil.
5. Herschy, R. W. (2002). *The uncertainty in a current meter measurement*. Flow Measurement and Instrumentation, 13(5), 281-284.

3. Definiciones

3.1.

Incertidumbre

Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores dentro de la cual puede razonablemente encontrarse el mensurando.

3.2.

Incertidumbre estándar

$u(x)$

Incertidumbre en el resultado de una medición expresada como una desviación estándar.

3.3.

Incertidumbre relativa $u^*(x)$

Incertidumbre estándar dividida entre la mejor estimación, expresada como un porcentaje o en partes por millón.

3.4.**Incertidumbre estándar combinada** $u_c(y)$

Incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando esta depende de los valores de diferentes cantidades, igual a la raíz cuadrada positiva de la sumatoria de las varianzas o covarianzas de estas diferentes cantidades ponderadas de acuerdo a su influencia en el resultado de la medición.

3.5.**Incertidumbre combinada relativa** $u_c^*(y)$

Incertidumbre estándar combinada dividida entre el mejor estimado del mensurando. Puede ser expresada como un porcentaje o en partes por millón.

3.6.**Incertidumbre expandida** U

Cantidad que define un intervalo alrededor de una medición, dentro del cual se espera se encuentre una gran parte de los posibles valores que puede tomar el mensurando. Esta fracción puede verse también como un nivel de confianza del intervalo o una probabilidad de cobertura.

3.7.**Incertidumbre expandida relativa** U^*

Incertidumbre expandida dividida entre el mejor estimado del mensurando, expresada en porcentaje o en partes por millón.

3.8.

Factor de cobertura**k**

Factor numérico que permite convertir una incertidumbre estándar combinada en una incertidumbre expandida, al multiplicar la primera.

3.9.**Evaluación tipo A**

Método de evaluación de la incertidumbre que emplea un análisis estadístico de una serie de observaciones.

3.10.**Evaluación tipo B**

Método de evaluación de la incertidumbre que no emplee un análisis estadístico de una serie de observaciones, tal como referencias de experimentos previos.

3.11.**Coefficiente de sensibilidad** **c_i**

Cambio en la cantidad estimada de salida, y , dividida entre el cambio correspondiente en la cantidad estimada de entrada, x_i .

3.12.**Coefficiente de sensibilidad relativo** **c_i^***

Cambio relativo en la cantidad estimada de salida, y , dividida entre el cambio relativo correspondiente en la cantidad estimada de entrada, x_i .

4. Introducción

La medición es el proceso experimental por medio del cual se obtiene la magnitud de una cantidad física, la cual lleva asociada una incertidumbre de manera intrínseca. Esta última expresa la calidad del resultado obtenido y es fundamental para evaluar la confiabilidad del mismo. Sus causas pueden ser las diferencias entre condiciones ambientales durante la medición, errores humanos a la hora de la toma de datos, ligeras diferencias de

fabricación en los aparatos medidos y de medición, la utilización de diferentes métodos de medición, entre muchas otras.

Al establecer un procedimiento general para la caracterización de la calidad del resultado de una medición, o en otras palabras su incertidumbre, es posible realizar comparaciones con resultados obtenidos en mediciones anteriores, así como asegurar que se cumplan los límites de error establecidos en una normativa particular.

La incertidumbre del valor estimado de una medición y surge de las incertidumbres de las estimaciones de los valores de entrada x_1, x_2, \dots, x_n de manera que la combinación de los límites de incertidumbre de los valores de entrada permite conocer el rango en el que se encuentra la incertidumbre del resultado. La ecuación de medición nos indica la manera en que los valores de entrada afectan el mensurando, de la siguiente manera:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1)$$

Pero en el mundo real, los valores de entrada solo pueden estimarse ya que su magnitud real es desconocida. Esta naturaleza hace que ellos sean caracterizados por distribuciones de probabilidad, y sean tratados matemáticamente como variables aleatorias. Estas distribuciones describen las probabilidades de que su valor real se encuentre en un determinado intervalo y son asignadas dependiendo del conocimiento que se tenga acerca del comportamiento de los valores de entrada.

Además de definir las distribuciones de probabilidad de los valores de entrada, se debe también definir un modelo de medición, de manera que se establezca como afectan los valores de entrada el mensurando. Por ejemplo:

$$Y = X_1 + X_2$$

Al tener estos dos, es posible obtener la distribución de probabilidad del mensurando Y .

De acuerdo al JCGM, 2008, (Comité Conjunto para las Guías Metrológicas), por sus siglas en inglés, las probabilidades de distribución que caracterizan los valores de entrada X_1, X_2, \dots, X_N son escogidas de manera que las estimaciones de estos valores x_1, x_2, \dots, x_n , respectivamente, sean las expectativas de los primeros. Por lo que la ecuación utilizada para obtener el valor estimado del mensurando se convierte en:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2)$$

Es por lo anterior que la incertidumbre de medición se especifica en términos de margen de error probable en lugar de límites absolutos, teniendo en cuenta la imposibilidad de obtener todas las medidas con una cobertura del 100%. El documento ISO GUM:2008 define la incertidumbre estándar $u(x_i)$ como la desviación del valor de entrada X_i , donde esta desviación estándar está asociada con la estimación correspondiente x_i .

Existen dos maneras de evaluar la incertidumbre, la evaluación tipo A y la evaluación tipo B. En la primera, el conocimiento acerca del valor de entrada X_i se gana a partir de la obtención de múltiples valores del mensurando, realizando diferentes mediciones. Esta evalúa la dispersión de las mediciones a través de una estadística, como la desviación estándar. La evaluación de incertidumbre tipo B consiste en utilizar datos de conocimiento previo acerca de los posibles valores de las cantidades de interés, es decir que estos se obtienen por métodos no estadísticos. Los valores de la evaluación tipo B pueden ser obtenidos de mediciones previas, especificaciones del fabricante, entre otros.

Indiferentemente del tipo de evaluación que se le de, cada componente de la incertidumbre es representado por una desviación estándar estimada, $u(x_i)$ como se mencionó anteriormente, la cual es igual a la raíz cuadrada positiva de la varianza estimada. Un componente de incertidumbre obtenido a partir de una evaluación de tipo A es representado por una desviación estándar s_i estimada estadísticamente, y la cual se calcula a partir de la varianza s_i^2 estadísticamente estimada y de los grados de libertad ν_i asociados. Para este tipo de componente la incertidumbre asociada es u_i , donde esta es igual a la desviación estándar s_i . Por otro lado, un componente de la incertidumbre obtenido a partir de una evaluación tipo B se representa por medio de una cantidad u_j , la cual puede ser considerada como una aproximación de su desviación estándar correspondiente. De la misma manera que en la evaluación tipo A, en la evaluación tipo B la desviación estándar es igual a la raíz positiva de la varianza u_j^2 , la cual se obtiene al suponer una distribución de probabilidad de acuerdo a la información disponible. En este caso, la incertidumbre es simplemente u_j , ya que esta es tratada como la desviación estándar.

5. Incertidumbre

5.1. Evaluación de la incertidumbre

Tal y como se explicó anteriormente, es posible obtener una estimación del mensurando por medio de la ecuación 2. Ahora, para obtener la incertidumbre $u(x_i)$ total del proceso de medición, es posible utilizar la siguiente ecuación:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i * u(x_i)]^2} \quad (3)$$

Al utilizar esta fórmula, se parte del hecho de que las interdependencia entre los factores es pequeña, ya que para estimados de entrada correlacionados se debe utilizar un método diferente.

Los coeficientes de sensibilidad c_i proveen el nexo entre el estimado de entrada y su peso en la incertidumbre total, y conllevan un cálculo ya sea analítico o numérico, el cual se explicará más adelante.

Para calcular la incertidumbre estándar de cada uno de los factores puede utilizarse una evaluación tipo A o una tipo B, como se explico anteriormente. A continuación se explica la forma de obtener las incertidumbres utilizando los dos métodos.

– Evaluación de la incertidumbre tipo A

Antes de describir el método de cálculo de la incertidumbre para la evaluación tipo A, es necesario tomar en cuenta que aunque a que es imposible remover los componentes aleatorios de la incertidumbre, su incertidumbre asociada se vuelve cada vez menor al aumentar el número de mediciones. No obstante, para que esto suceda, es necesario llevar a cabo las recolección de datos en un tiempo igual al anticipado en el que sucedan las fluctuaciones. Lo anterior de manera que para un proceso que fluctúa a lo largo de 10 minutos, sería erróneo recolectar datos de incertidumbre por tan solo unos segundos.

La incertidumbre estándar de un valor de entrada x_i , se calcula a partir de una serie de mediciones $x_{i,m}$ de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- a. Calcule el promedio de las mediciones realizadas:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n x_{i,m} \quad (4)$$

Donde n es el número total de mediciones realizadas

b. Calcule la desviación estándar de la muestra:

$$s(x_i) = \frac{1}{(n-1)} \sqrt{\sum_{m=1}^n [x_{i,m} - x_i]^2} \quad (5)$$

Como se explicó antes, para la evaluación tipo A, la incertidumbre estándar de una muestra es igual a su desviación estándar, por lo que $u(x_i) = s(x_i)$.

c. Calcule la desviación estándar del promedio:

$$s(\bar{x}_i) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Donde la incertidumbre estándar de la media es igual a su desviación estándar, por lo que:

$$u(\bar{x}_i) = s(\bar{x}_i)$$

La utilización de la media de múltiples mediciones permite reducir la fluctuación de la incertidumbre debido a factores aleatorios.

– Evaluación de la incertidumbre tipo B

Al realizar una evaluación tipo B, es necesario asegurar que se obtengan niveles de confianza similares a la evaluación tipo A, de manera que los datos obtenidos a partir de un método u otro puedan compararse o utilizarse en conjunto. Como el cálculo de la incertidumbre tal y como se describió en el apartado anterior resulta en un nivel de confianza del 68 %, utilizando una sola desviación estándar, la evaluación tipo B debe dar como resultado un nivel de confianza similar.

Para evaluar la incertidumbre por medio de este método, se deben tomar en cuenta varias distribuciones de probabilidad ya que no todos los datos están gobernados por una distribución normal. A continuación se presentan las distribuciones de probabilidad más comunes.

- Distribución de probabilidad rectangular

La incertidumbre estándar para este tipo de distribución se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

Donde el rango de valores medidos se encuentra entre $x_i - a_i$ y $x_i + a_i$. Ejemplos comunes de la distribución de rectangular incluyen: la variación máxima de un instrumento entre calibraciones, el error debido a una baja resolución de lectura de un instrumento, los límites de tolerancia proporcionados por un fabricante, entre otros.

- Distribución de probabilidad normal

Muchas mediciones y datos se ajustan a esta distribución, por lo que permite esta modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos. Un ejemplo de interés son los certificados de calibración que indican un nivel de confianza o un factor de cobertura con su respectiva incertidumbre expandida. La incertidumbre estándar para la distribución normal se calcula de la siguiente manera:

$$u(x_i) = \frac{U}{k} \quad (8)$$

donde,

U: incertidumbre expandida;

k: factor de cobertura indicado.

Al manejar datos en la evaluación tipo B que cuya incertidumbre expandida haya sido multiplicada por un factor de cobertura, debe tenerse el cuidado de utilizar el factor apropiado para obtener la incertidumbre estándar. No obstante, si el valor de cobertura es de 68 % se debe utilizar un factor $k = 1$, para un 95 % el factor de cobertura sería $k = 2$, para un 99,7 % de cobertura el factor de cobertura sería $k = 3$, etc...

- Distribución de probabilidad triangular

Cuando se proporcionen valores extremos dentro de los cuales se encuentren todos los valores de una cantidad y existen razones de peso para suponer que los valores extremos tienen una menor probabilidad de ocurrencia, entonces es útil utilizar una distribución triangular. La incertidumbre estándar para esta distribución se obtiene a partir de siguiente ecuación:

$$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{6}} \quad (9)$$

- Distribución de probabilidad bimodal

Cuando el error se encuentre siempre en el valor extremo, es posible utilizar la distribución de probabilidad modal, cuya incertidumbre estándar se calcula de la siguiente manera.

$$u(x_i) = a_i \quad (10)$$

- Distribuciones de probabilidad asimétricas

Cuando se da el caso en que los valores extremos de una cantidad de entrada no son simétricos con respecto al mejor estimado, x_i , la distribución a la que responden estos valores es asimétrica. Para este caso la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (o GUM por sus siglas en inglés) recomienda la suposición de una distribución rectangular con un rango igual al contenido entre los límites superior e inferior. La incertidumbre estándar se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$u(x_i) = \frac{a_i + b'_i}{\sqrt{12}} \quad (11)$$

donde,

$$x_i - a_i < X < x_i + b'_i$$

De manera más conservadora, podría suponerse una distribución rectangular simétrica, utilizando como límites el mayor entre a_i y b_i , en cuyo caso se tendría:

$$u(x_i) = \text{mayor} \begin{cases} \frac{a_i}{\sqrt{3}} \\ \frac{b_i}{\sqrt{3}} \end{cases} \quad (12)$$

Los ejemplos comunes de cantidades de entrada con una distribución asimétrica serían aquellos cuyos valores varían debido a fricción y/o desgaste entre partes mecánicas, lo cual conlleva una deriva en los resultados de medición.

La asignación de una distribución de probabilidad queda a criterio del técnico encargado de la evaluación, de manera que este tome en cuenta las condiciones que se tienen en campo y las que se tienen en el laboratorio, así como las personas que tomarán los datos y el equipo a utilizar. Lo anterior debe suceder a menos que la fuente de información defina de manera concreta la distribución de probabilidad a utilizar, tal como en un certificado de calibración o la tolerancia proporcionada por un fabricante.

5.2. Efecto de las cantidades de entrada en la medición – Coeficientes de sensibilidad

Hay dos maneras de cuantificar el efecto que tiene cada estimado de la cantidad de entrada en el estimado del mensurando. La primera es la forma analítica, en donde el coeficiente de sensibilidad se define como el cambio de la magnitud del mensurando y con respecto a la magnitud de la cantidad de entrada x_i , obteniéndose este valor por medio de derivadas parciales de acuerdo a la ecuación 13:

$$c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (13)$$

Cuando se utilicen incertidumbres adimensionales, tales como porcentajes, los coeficientes de sensibilidad se deben calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$c_i^* = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \quad (14)$$

La segunda manera de estimar el efecto de una cantidad de entrada en el mensurando es por medio de la solución numérica, al calcular el efecto de pequeños cambios de las variables de entrada, x_i , en el valor de salida, y . Este método consiste en realizar múltiples mediciones en las que se va incrementando la cantidad de entrada, de manera que si en la

primera medición se calcula y utilizando x_i , entonces en la segunda se utilizaría $x_i + \Delta x_i$ para calcular el mensurando, donde el resultado sería $y + \Delta y$. Por lo que Δy sería el cambio en y provocado por Δx_i . La ecuación por medio de la cual se calculan los coeficientes de sensibilidad utilizando numérico es:

$$c_i = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \quad (15)$$

Los coeficientes de sensibilidad de incertidumbres adimensionales se deben calcular de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$c_i^* = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \frac{x_i}{y} \quad (16)$$

La solución numérica básicamente aproxima la solución analítica real por medio de incrementos finitos en lugar de utilizar gradientes continuos. Debido a lo anterior, es necesaria la utilización de incrementos Δx_i lo más pequeños como sea posible, de manera que se obtenga un mejor resultado. No obstante, estos incrementos deben ser lo suficientemente grandes como para que tengan un efecto cuantificable en los resultados obtenidos, ya que si el resultado es menor a la resolución numérica de la calculadora u hoja de cálculo el procedimiento podría nunca converger. Una solución práctica a este problema es comenzar con un incremento Δx_i igual a la incertidumbre, disminuyendo su magnitud progresivamente hasta que el valor de c_i obtenido converja con el anterior, dentro de una tolerancia a criterio del técnico.

5.3. Combinación de la incertidumbre

La combinación de las incertidumbres por medio de las ecuaciones que se presentarán supone que las distintas cantidades de entrada no se encuentran relacionadas. En caso contrario, por ejemplo cuando se utiliza un mismo instrumento para realizar varias mediciones, es necesaria la utilización de un análisis diferente.

Ya sea al lidiar con incertidumbres determinadas a partir de una evaluación tipo A o una evaluación tipo B, la incertidumbre total del mensurando se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i * u(x_i)]^2} \quad (17)$$

Al utilizar cantidades de entrada adimensionales, es necesario también utilizar coeficientes de sensibilidad, por lo que se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i^* * u^*(x_i)]^2} \quad (18)$$

5.4. Expresión de los resultados

– Incertidumbre expandida

La incertidumbre obtenida a partir de las ecuaciones expuestas en la sección 5.1.3 es realmente una incertidumbre estándar que proporciona tan solo un 68 % de nivel de confianza. Al utilizar este nivel de confianza, con un factor de cobertura k igual a 1, se dejan por fuera muchos de los posibles valores que puede tomar la incertidumbre, por lo que es necesario utilizar factores efectivos mayores que permitan obtener un mayor nivel de confianza. En un nivel científico es un valor mínimo deseable de nivel de confianza entre 90 % a 95 %, llegando al 99 % en algunos casos por medio de la incertidumbre expandida, la cual se calcula por medio de las siguientes ecuaciones:

$$U = k * u(y) \quad (19)$$

Nuevamente, para obtener la incertidumbre expandida utilizando incertidumbres adimensionales es necesario utilizar una ecuación diferente:

$$U^* = k * u^*(y) \quad (20)$$

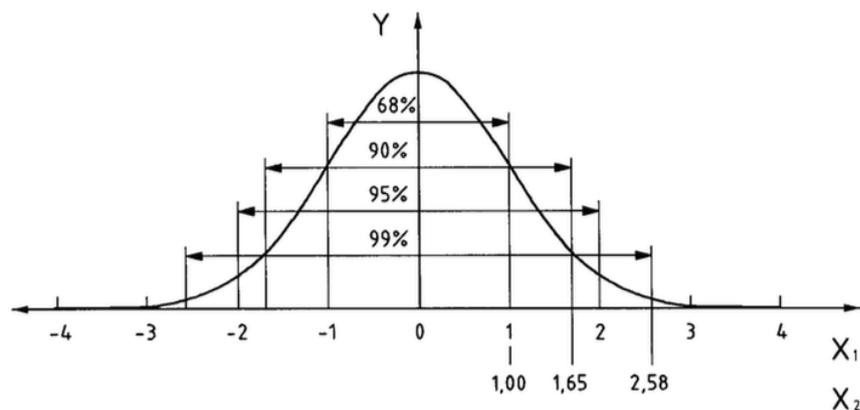


Figura 5.1. Factores de cobertura para distintos niveles de confianza en una distribución normal.

Fuente: ISO 5168:2005

Por lo que, de acuerdo a la figura 5.1, para la obtención de un nivel de confianza de 90 % es necesario utilizar un factor de cobertura k igual a 1.65, para un nivel de confianza de 95 % el factor sería k igual a 2 y para un nivel de confianza de 99 % se necesitaría un factor de cobertura k igual a 2,58.

– Memoria de cálculo y resumen de cálculos – Presupuesto de incertidumbre

Al realizar pruebas y cálculos para obtener una incertidumbre estándar, es recomendable la utilización de una tabla resumen, llamada presupuesto de incertidumbre, con por lo menos la información presentada en el cuadro 5.1:

Cuadro 5.1. Presupuesto de incertidumbre

Símbolo	Fuente de incertidumbre	Incertidumbre de entrada	Distribución de probabilidad	Divisor	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre total $[c_i * u(x_i)]^2$
$u(x_1)$	Temperatura del fluido	5	Normal	2	2,5	0,5	1,56
$u(x_2)$	Presión	1	Rectangular	$\sqrt{3}$	0,58	2,0	1,35
.
.
.
$u(x_N)$							
u_c	Incertidumbre combinada	–	–	–	$u_c(y) = \sqrt{\Sigma}$	\leftarrow^a	$= \sum [c_i * u(x_i)]^2$
U	Incertidumbre expandida	$= k * u_c(y)$	\leftarrow^a	k	\leftarrow^a	–	–

a Las flechas indican la dirección de cálculo dentro del cuadro, ya que en todas excepto en las últimas dos filas, en las cuales existen flechas de derecha a izquierda, el procedimiento de cálculo va de izquierda a derecha.

Aunque el cuadro anterior se presenta con magnitudes y dimensiones, es posible utilizar también incertidumbres relativas.

5.5. Contribuciones a la incertidumbre

De acuerdo a la norma ISO 5168:2005, las fuentes de incertidumbre se pueden clasificar en 5 categorías arbitrarias diferentes:

- a) Incertidumbre en la calibración;
- b) Incertidumbre en la obtención de datos;
- c) Incertidumbre en el procesamiento de datos;
- d) Incertidumbre debido a los métodos utilizados;
- e) Otros.

La división de las fuentes de incertidumbre no es necesaria para un correcto análisis, pero puede ser de gran ayuda al identificar las contribuciones a la incertidumbre total.

– Incertidumbre en la calibración

La incertidumbre introducida al proceso de medición debido a la calibración de los instrumentos es inevitable, ya que esta permite reducir la aún mayor incertidumbre de un instrumento no calibrado. Aún realizando la calibración los instrumentos pueden seguir introduciendo incertidumbres en la medición, no obstante estas se reducen considerablemente.

Al calibrar los instrumentos es posible lograr una cadena de trazabilidad que lleve a estándares nacionales y/o internacionales, de manera que se garantice un punto de partida en común. Esta trazabilidad implica que la incertidumbre del organismo rector o estándar se “hereda” al instrumento que esté siendo calibrado, por lo que si se desea obtener una incertidumbre total de 5 % y la calibración introduce una incertidumbre de 3 %, entonces la incertidumbre debido a la instrumentación utilizada no puede sobrepasar un 4 %. De esta manera se tendría:

$$\sqrt{0,3^2 + 0,4^2} = 0,5 \%$$

– **Incertidumbre en la obtención de datos**

La incertidumbre a la hora de obtener datos necesarios para realizar los cálculos pertinentes puede provenir de varias fuentes tales como: sensores, la señal de salida, aparatos de grabación, entre otros. Una forma efectiva para lidiar con este tipo de incertidumbres es realizar calibraciones con valores patrón, cuyas magnitudes sean conocidas de antemano. En caso de que esto no sea posible, es necesario realizar un análisis individual de incertidumbre de cada elemento que aporte a ella durante la obtención de datos, de manera que se puedan combinar estas fuentes y así obtener la incertidumbre total.

– **Incertidumbre en el procesamiento de datos**

Este tipo de incertidumbre proviene de la realización de ajustes de los datos a curvas definidas o, en menor forma, a la capacidad computacional a mano. Las ecuaciones obtenidas a partir de análisis de regresión son propensas a incertidumbres ya que, aunque se utilizan curvas de mejor ajuste para describir de la mejor manera posible el comportamiento de los datos, es posible que con una mayor de datos se obtengan ecuaciones y curvas diferentes.

– **Incertidumbre debido a los métodos utilizados**

Esta categoría de fuente de incertidumbre contiene todas aquellas fuentes adicionales que se originan debido a los métodos y técnicas utilizados en el proceso de medición. Debido a la evolución de la tecnología, las incertidumbres provocadas por la calibración, la obtención de datos y el procesamiento de datos tienen magnitudes relativamente pequeñas, en contraste con la incertidumbre debido a los métodos utilizados, la cual tiende a ser mayor que las anteriores. Algunos ejemplos de las incertidumbres debido a esta fuente son:

- Incertidumbre a partir de las suposiciones o constantes utilizadas. Por ejemplo el número de decimales utilizados al introducir la constante π en una ecuación.

- Perturbaciones causadas por la instalación de los instrumentos de medición, tal como la perturbación de flujo debido a la utilización de un tubo pitot para realizar la medición.
- Incertidumbre debido a efectos ambientales en los sensores o transductores de medición, especialmente aquellos relacionados con temperatura. Esto principalmente al lidiar con fluidos muy calientes o muy fríos, cuya diferencia en temperatura con el sensor puede introducir errores importantes en la medición.
- Incertidumbre debido a histéresis, inestabilidad y no repetibilidad en el proceso de medición.
- Deriva de los instrumentos entre calibraciones sucesivas.
- Interferencias en aparatos electrónicos causadas por campos magnéticos, campos eléctricos o picos de voltaje.
- Variaciones entre las condiciones de calibración y de uso. Esto especialmente cuando se realizan calibraciones bajo condiciones controladas, como dentro de un laboratorio, y los instrumentos se utilizan en campo, en donde es imposible controlar todos los factores involucrados en el proceso de medición. Este tipo de incertidumbre también es común en algunos medidores de referencia utilizados en campo que son sensibles a la configuración de la tubería aguas arriba.

6. Procedimiento para el cálculo de la incertidumbre

A continuación se presenta un procedimiento paso por paso, y resumido, para el cálculo de la incertidumbre.

6.1 Incertidumbre adimensional o dimensional

Es necesario decidir si se calcularán estimados de incertidumbre adimensionales o no, con el fin de evitar confusiones. Se debe tener en cuenta que las incertidumbres relativas se deben expresar bajo los mismos términos, ya que no es igual una incertidumbre de 0,5 °C en 10 °C, la cual sería una incertidumbre relativa de 5 %, que la misma magnitud en grados Fahrenheit de 32,9 °F de incertidumbre en 50 °F, la cual sería una incertidumbre relativa de 65,8 %.

6.2 Relación matemática

Se debe determinar la relación entre los valores de entrada y la cantidad de salida, tal y como lo expresa la siguiente ecuación 1:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

6.3 Incertidumbre estándar

Es vital la identificación de las fuentes de incertidumbre en cada una de las cantidades de entrada, para lo cual puede servir como guía la sección 7 de este documento. Una vez identificadas, se debe calcular las incertidumbres de cada fuente, tomando en cuenta que cada método de cálculo depende de la distribución de probabilidad y los estimados de incertidumbre proporcionados. Los métodos más comunes que permiten calcular las incertidumbres estándar son la evaluación tipo A y la evaluación tipo B.

○ Evaluación tipo A

En este caso, la incertidumbre estándar es igual a la desviación estándar de la muestra, tal y como expone la siguiente ecuación:

$$u(\bar{x}_i) = s(\bar{x}_i)$$

○ Evaluación tipo B

La obtención de la incertidumbre estándar a través de una evaluación tipo B depende de la distribución de probabilidad de la muestra.

Cuadro 7.1. Ecuaciones de la incertidumbre según la distribución de probabilidad para evaluaciones tipo B.

Distribución de probabilidad	Incertidumbre $u(x_i)$
Rectangular	$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{3}}$
Normal	$u(x_i) = \frac{U}{k}$
Triangular	$u(x_i) = \frac{a_i}{\sqrt{6}}$

Bimodal	$u(x_i) = a_i$
Asimétrica	$u(x_i) = \frac{a_i + b'_i}{\sqrt{12}}$
a_i	Límite inferior y superior en una distribución de probabilidad, excepto en la asimétrica donde representa solo el límite inferior.
b_i	Límite superior en una distribución asimétrica.

6.4 Coeficientes de sensibilidad

La escogencia de coeficientes de sensibilidad dimensionales o adimensionales depende de la decisión tomada al principio en el paso 6.1, calculándolos de manera analítica o numérica:

- Dimensional

$$c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x_i}$$

- Adimensional

$$c_i^* = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i}{y} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \frac{x_i}{y}$$

6.5 Combinación de la incertidumbre

Es necesario establecer si las cantidades de entrada están correlacionadas o no. En el caso en que no lo estén, se deben utilizar las ecuaciones 17 o 18.

- Dimensional

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i * u(x_i)]^2}$$

- Adimensional

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i^* * u^*(x_i)]^2}$$

Si se decide que las cantidades de entrada tienen alguna relación entre ellas, entonces es recomendable utilizar el procedimiento detallado en la norma ISO 5168:2005 Anexo F.

6.6 Cantidades de entrada poco confiables

De ser necesario la utilización de cantidades de entrada poco fiables, como por ejemplo a partir de muestras pequeñas, es recomendable utilizar el procedimiento del Anexo C de la norma ISO 5168:2005 para obtener el factor de cobertura utilizado para calcular la incertidumbre expandida del paso 6.7.

- Dimensional

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i * u(x_i)]^2}$$

- Adimensional

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i * u^*(x_i)]^2}$$

6.7 Incertidumbre expandida

La incertidumbre expandida se calcula a partir de la ecuación 19 o 20, de acuerdo al caso que se presente:

- Dimensional

$$U = k * u(y)$$

- Adimensional

$$U^* = k * u^*(y)$$

6.8 Expresión de los resultados

La expresión de los resultados se debe dar de acuerdo al apartado 5.4 de la presente guía, utilizando el presupuesto de incertidumbre del cuadro 5.1.

7. Método para el cálculo de la incertidumbre en laboratorio

Los procedimientos generales establecidos en esta método permiten obtener las incertidumbres asociadas a las mediciones para cualquier tipo de hidrómetro y rango de caudal, pero los valores de incertidumbre de referencia proporcionados están basados en medidores con caudales en el rango de 0,06 m³/h a 2 m³/h, por lo que sería erróneo utilizarlos al manejar caudales fuera del mismo. Así mismo, las temperaturas de agua en que están basados los valores de referencia se encuentran en el rango de 20 ± 3 °C.

El método presentado en esta guía para el cálculo de las incertidumbres permite la utilización de tres diferentes principios de ensayo:

- pesaje estático
- método volumétrico
- comparación con medidores de referencia

En el principio de pesaje estático, se rellena un tanque de pesaje con una determinada cantidad de agua y se pesa en una balanza, para asegurar un volumen de prueba.

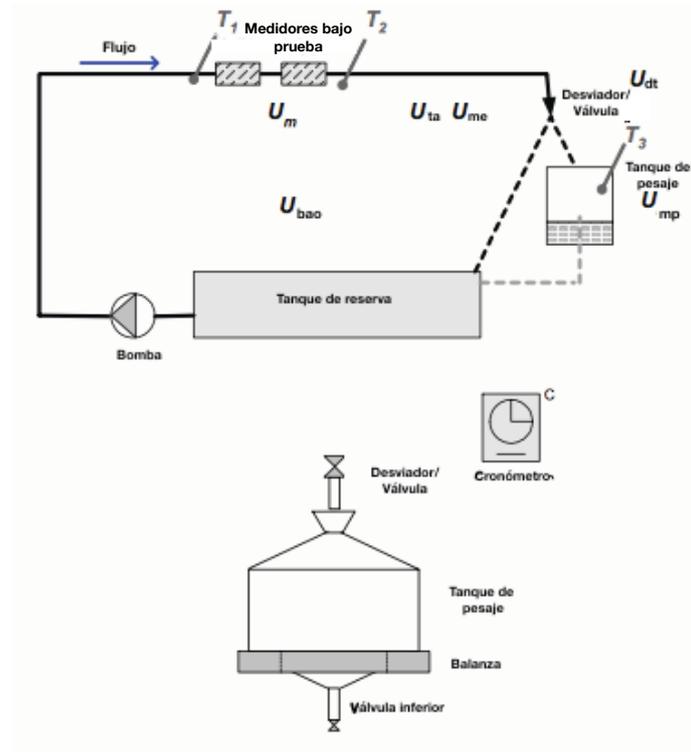


Figura 7.1. Esquema de banco de pruebas para método de pesaje estático.

Fuente: Nordtest, 2004.

El método volumétrico requiere de un tanque especializado por medio del cual se pueda realizar una fácil medición de la cantidad de agua en el mismo, de manera visual.

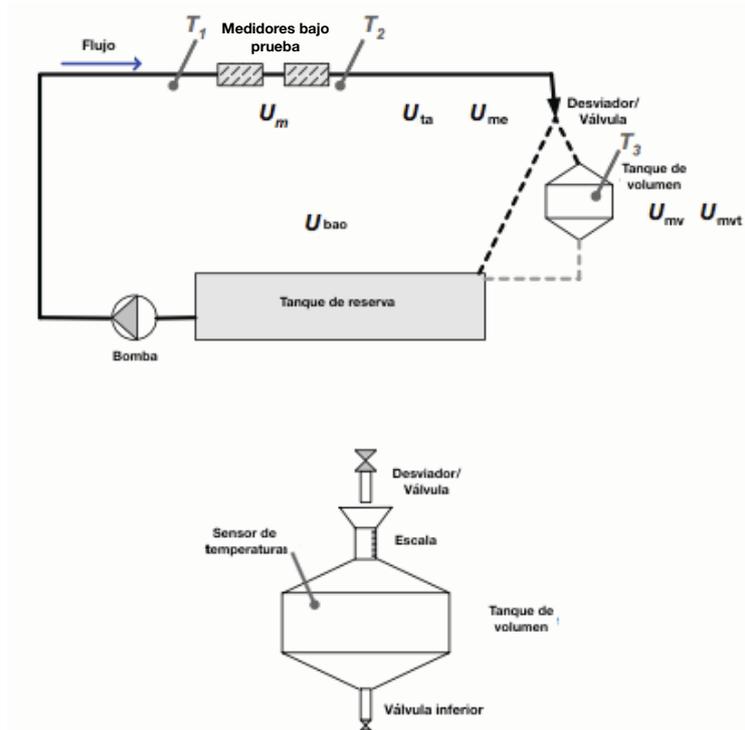


Figura 7.2. Esquema de banco de pruebas para método volumétrico.

Fuente: Nordtest, 2004.

Como su nombre lo dice, en el último principio de medición se utiliza un medidor de referencia para asegurar que un determinado volumen de agua haya pasado por el equipo bajo prueba. Se infiere que el medidor de referencia se encuentra previa y debidamente calibrado.

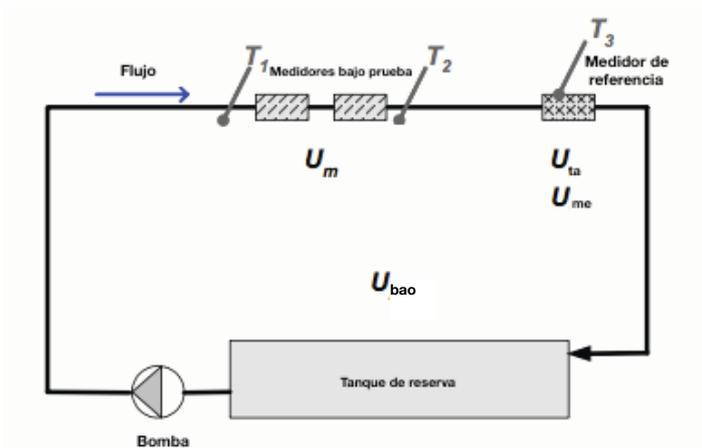


Figura 7.3. Esquema de banco de pruebas utilizando medidores de referencia.

Fuente: Nordtest, 2004.

El equipo básico necesario para la realización de la prueba y/o calibración depende del método de ensayo escogido, pudiendo necesitar una balanza, un tanque o un medidor de

referencia. Adicionalmente, podría ser necesario equipo extra dependiendo del tipo de banco de pruebas y medidor tal como:

- Sensor de presión
- Sensor de temperatura
- Cronómetro
- Métodos para obtener las variables ambientales durante el experimento (humedad relativa, presión atmosférica, humedad, temperatura, entre otras)
- Métodos para la lectura del medidor bajo prueba (contador, multímetro, entre otros)

Además de las condiciones ambientales definidas en el alcance de esta guía, el laboratorio debe cumplir con las condiciones dictadas por su guía de calidad, de manera que la incertidumbre medida no se vea afectada.

Las fuentes de incertidumbre presentadas en los siguientes cuadros (del 5.1. al 5.6), pueden servir de base para la estimación de la incertidumbre, bajo ciertas condiciones.

Cuadro 7.1. Incertidumbre del medidor (u_m)

Fuente		Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Resolución del medidor	Alternativa 1.	1 pulso de cada 100.000 pulsos	Rectangular	0,001 %	0,03 % (sumatoria)
	Alternativa 2.	0,01 dm ³ de cada 100 dm ³	Rectangular	0,0006 %	
	Alternativa 3.	1 pulso de cada 10.000 pulsos	Rectangular	0,01 %	
Influencia del agua		0,04 %	Rectangular	0,023 %	0,03 % (sumatoria)
Vibraciones y pulsación del flujo		0,05 %	Rectangular	0,029 %	
Compresibilidad		0,01 %	Rectangular	0,006 %	
Repetibilidad del medidor		0,08 %	Normal	0,04%	Desviación estándar y t de Student; o un

				valor a partir de la experiencia ; o un valor estipulado. 0,05%
--	--	--	--	--

Fuente: Nordtest, 2004.

La incertidumbre del medidor varía de gran manera, especialmente dependiendo de la resolución del medidor, en donde un medidor con baja resolución puede introducir una gran incertidumbre estándar. Un medidor con una baja repetibilidad también puede inducir a grandes errores en la calibración o prueba de los hidrómetros, ya que esta es la mayor fuente de contribución a la incertidumbre por parte del medidor.

Dependiendo del método utilizado para determinar el volumen de referencia para la prueba o calibración de los hidrómetros, se introducen diferentes variables al proceso, como se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 7.2.1 Incertidumbre del volumen de referencia utilizando el método de pesaje estático (u_{mp})

Fuente		Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Masa del agua (100 kg)		0,004 kg	Normal	0,002 %	-
Resolución de la balanza		0,001 kg	Rectangular	0,001 %	
Presión del agua		1,5 kPa	Rectangular	0,000005 %	
Masa de las pesas		2,5E-05	Normal	0,0012 %	
Deriva de las pesas		2,5E-06	Rectangular	0,0001 %	
Densidad de las pesas		0,0E+00	Normal	0,0 %	
Lectura de la balanza		1,67E-05	Rectangular	0,001 %	
Resolución interna de la balanza		1,7E-06	Rectangular	0,0001 %	
Repetibilidad de la balanza		6,6E-05	Normal	0,003 %	
Deriva de la balanza		3,3E-04	Rectangular	0,02 %	
Corrección de la flotabilidad	Alt. 1	0,00055%	Rectangular	0,00032 %	0,01 % (sumatoria)
	Alt. 2	0,00015	Rectangular	0,01 %	

Densidad del agua	Alt. 1	7,0E-09	Rectangular	0,00004 %	0,05 % (sumatoria)
	Alt. 2				

Fuente: Nordtest, 2004.

Como se puede observar, la incertidumbre al utilizar el método de pesaje estático se divide en tres grandes componentes, siendo el primero de estos el de la balanza, con un 0,02 % de incertidumbre estándar después de haber realizado la sumatoria. La flotabilidad y la densidad del agua son los otros dos componentes, con una contribución de 0,01 % y 0,05 % respectivamente. Este último componente aporta la mayor incertidumbre al método, probablemente debido a la dificultad para comprobar la composición del agua y por ende su verdadera densidad.

Cuadro 7.2.2a Incertidumbre del volumen de referencia utilizando el método volumétrico (u_{mv})

Fuente		Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Calibración del volumen estándar	Alt. 1	0,02 %	k = 2	0,01 %	0,01 %
	Alt. 2	0,022 dm ³ a partir de un volumen de 500 l	Normal	0,002 %	
Lectura del nivel de agua	Alt. 1	0,005 %	Rectangular	0,002 %	0,05 %
	Alt. 2	0,124 %	Normal	0,062	
Desviación estándar de llenado del volumen		0,357 dm ³	k = 1	0,07 %	0,05 %

Fuente: Nordtest, 2004.

Cuadro 7.2.2b Incertidumbre de la temperatura del volumen de referencia utilizando el método volumétrico (u_{mvt})

Fuente	Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
--------	---	------------------------------------	--	--

Calibración del sensor de temperatura	$\pm 0,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$k = 2$	0,0004 %	0,002 % (sumatoria)
Incertidumbre de la temperatura de la pared	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	Rectangular	0,0016 %	

Fuente: Nordtest, 2004.

La incertidumbre en el método volumétrico proviene de dos partes: la proveniente del método como tal y la debida a la temperatura del . La calibración del volumen de referencia, la lectura del nivel del agua y el llenado del tanque tienen incertidumbres estándar de 0,01 %, 0,05 % y 0,05 % respectivamente, mientras que la calibración del sensor de temperatura y la incertidumbre de esta suman una incertidumbre total de 0,002 %.

Cuadro 7.3 Incertidumbre de la temperatura del agua (u_{ta})

Fuente	Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Diferencia entre la temperatura del sensor y el agua	$\pm 0,05^{\circ}\text{C}$	Triangular	0,0009 %	0,02% (sumatoria utilizando método de volumen)
Posición del sensor	$\pm 0,8^{\circ}\text{C}$	Rectangular	0,014%	
Calibración del sensor de temperatura	$\pm 0,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$K = 2$	0,0021 %	
Resolución del sensor	$\pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Rectangular	0,0009 %	
Temperatura del agua	Alt 1	$\pm 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Rectangular	0,02 % (Utilizando balanza)
	Alt. 2	$\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Rectangular	

Fuente: Nordtest, 2004.

Otro componente importante de la incertidumbre en la prueba de medidores es la temperatura del agua, factor del cual es imposible librarse. Para este caso podemos separar la incertidumbre estándar dependiendo del método utilizado, no obstante su

sumatoria final da como resultado una misma incertidumbre, a pesar de que del método volumétrico tiene más factores contribuyentes a esta.

Cuadro 7.4 Incertidumbre del volumen de agua entre el medidor y el estándar (u_{me})

Fuente		Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Fugas entre el medidor y el volumen estándar		$\pm 0,01$ L	Triangular	0,008 %	0,01 %
Aire no detectado			k=1	0,0018 %	0,002 %
Cambio en la temperatura volumen amortiguador		$\pm 0,5$ °C	Rectangular	0,009 %	0,01 % (sumatoria)
Caída de la temperatura en la línea de pruebas		0,005%	k=1	0,005 %	
Corrección por salpiqueo y evaporación		0,01 dm ³	Rectangular	0,006 %	0,01 % (sumatoria)
Evaporación	Alt. 1	0,001 %	Rectangular	0,0007 %	
	Alt. 2		k=1	0,0001 %	

Fuente: Nordtest, 2004.

El tracto de tubo entre el medidor y el volumen de referencia es susceptible a fugas y pérdidas de agua, por lo que se debe de tomar en cuenta este factor en el cálculo de la incertidumbre. El cambio en la temperatura entre el volumen de referencia y el medidor, así como la pérdida de líquido (ya sea por evaporación, fugas o salpiqueo) son los mayores contribuyentes a la incertidumbre estándar, por obvias razones, siendo un orden de magnitud mayor que la incertidumbre debido a aire no detectado dentro de la tubería, posiblemente debido a una mala purga.

Cuadro 7.5 Incertidumbre del desviador y la medición del tiempo (u_{dt})

Fuente	Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Inestabilidad en la operación de la válvula	0,11 dm ³	Rectangular	0,063 %	0,1%
Desviador				0,01% (resumido)
- Medición del	$\pm 2,0E-05$ s	Rectangular	0,00001 %	

tiempo (cronómetro)				
- Error del desviador	$\pm 7,0E-03$ s	Rectangular	0,006 %	

Fuente: Nordtest, 2004.

El desviador es el aparato mecánico que se encarga de direccionar el flujo hacia el tanque o, en su defecto, lo deja pasar por la tubería. Dependiendo de la configuración del banco de pruebas y la ejecución de las pruebas podría no ser necesaria la inclusión de este factor para la incertidumbre estándar total. No obstante, si se llega a utilizar un desviador, se debe notar que una mala operación de la válvula puede aumentar la incertidumbre en gran manera.

Cuadro 7.6 Incertidumbre del banco de pruebas, el ambiente y el operador (u_{bao}).

Fuente	Contribución / Supuesto de laboratorios	Distribución de probabilidad	Incertidumbre estándar de laboratorios	Incertidumbre estándar recomendada
Flujo debido a la diferencia de temperatura entre capas	-	-	0,005 %	0,05% (sumatoria)
Conexión a tierra, diferencia entre voltajes, transitorios eléctricos	0,05 %	Rectangular	0,029 %	
Error de lectura	0,03 %	Rectangular	0,017 %	

Fuente: Nordtest, 2004.

En este último cuadro se tienen las contribuciones a la incertidumbre misceláneas, agrupando un fenómeno hidráulico, el ambiente y el error humano. De estos tres, la contribución del ambiente (conexión a tierra, voltajes, etc...) es la que más incertidumbre contribuye. Estas contribuciones suman un total de 0,05 % a la incertidumbre total.

Cálculo final de la incertidumbre expandida

Finalmente, se calcula la incertidumbre total a partir de la selección de las incertidumbres estándar de los cuadros anteriores, de acuerdo a las condiciones de medición en el laboratorio y el equipo disponible. El cálculo se realiza por medio de las siguientes ecuaciones:

$$u(x) = \sqrt{(u_m)^2 + (u_{mp})^2 + (u_{mv})^2 + (u_{mvt})^2 + (u_{ta})^2 + (u_{dt})^2 + (u_{bao})^2} \quad (20)$$

Para calcular la incertidumbre expandida se usa el mínimo recomendado para el factor de cobertura k , de manera que se obtenga un nivel de confianza del 95 %.

$$U = u(x) * k = u(x) * 2 \quad (21)$$

Ejemplos de cálculo bajo este método

A continuación se describen algunas situaciones y configuraciones de equipos, y se calcula la incertidumbre expandida para cada caso. Es importante notar que en este caso los autores del texto original escogieron un coeficiente de sensibilidad de 1 para cada una de las cantidades de entrada, debido a que la cantidad de salida es resultado de un producto o cociente de las magnitudes de entrada.

- Utilizando un estándar de volumen con un buen desviador

La obtención de cada uno de los valores de desviación estándar es el producto de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los componentes de incertidumbre, los cuales se pueden encontrar en cada tabla.

$$u(x) = \sqrt{(0,06)^2 + (0,05)^2 + (0,002)^2 + (0,0)^2 + (0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,01)^2 + (0,05)^2} = 0,1 \%$$

Con un nivel de confianza del 95 % tendríamos:

$$U = 0,1 * 2 = 0,2 \%$$

Las mayores contribuciones son por parte del medidor mismo (0,06 %), el estándar de volumen (0,05 %) y las contribuciones misceláneas (0,05 %)

- Utilizando un estándar de volumen con un desviador o sistemas de válvulas poco eficiente

La obtención de cada uno de los valores de desviación estándar es el producto de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los componentes de incertidumbre, los cuales se pueden encontrar en cada tabla.

$$u(x) = \sqrt{(0,06)^2 + (0,05)^2 + (0,002)^2 + (0,0)^2 + (0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,1)^2 + (0,05)^2} = 0,15 \%$$

Con un nivel de confianza del 95 % tendríamos:

$$U = 0,15 * 2 = 0,3 \%$$

En este caso, el medidor sigue contribuyendo bastante (0,06 %) pero la mayor incertidumbre se debe al equipo para desviar el agua entre el tanque y el circuito (0,1 %).

- Utilizando el método de pesaje con un buen desviador

La obtención de cada uno de los valores de desviación estándar es el producto de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los componentes de incertidumbre, los cuales se pueden encontrar en cada tabla.

$$u(x) = \sqrt{(0,06)^2 + (0,0)^2 + (0,0)^2 + (0,06)^2 + (0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,01)^2 + (0,05)^2} = 0,15 \%$$

Con un nivel de confianza del 95 % tendríamos:

$$U = 0,1 * 2 = 0,2 \%$$

Al haber un cambio de método, las mayores contribuciones se dan debido a el medidor mismo (0,06 %), el sistema de pesaje (0,06 %) y las contribuciones misceláneas (0,05 %).

- Utilizando el método de pesaje con un buen desviador pero un medidor con baja resolución o baja repetibilidad

La obtención de cada uno de los valores de desviación estándar es el producto de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada uno de los componentes de incertidumbre, los cuales se pueden encontrar en cada tabla.

$$u(x) = \sqrt{(0,25)^2 + (0,0)^2 + (0,0)^2 + (0,06)^2 + (0,02)^2 + (0,02)^2 + (0,01)^2 + (0,05)^2} = 0,26 \%$$

Con un nivel de confianza del 95 % tendríamos:

$$U = 0,26 * 2 = 0,52 \%$$

Como es de esperar, la mayor contribución a la incertidumbre total es debido al medidor (0,25 %) con menores contribuciones por parte del sistema de pesaje (0,06 %) y las contribuciones misceláneas (0,05 %).

8. Límites de incertidumbre

- Cuando se conduzca un ensayo, la incertidumbre expandida del volumen actual no debe exceder 1/5 del error máximo permisible (EMP) aplicable para la aprobación del modelo, y 1/3 del EMP aplicable para la verificación inicial y las verificaciones subsecuentes. *Página 17 del capítulo 3, Equipos y métodos de ensayo, de la normativa nacional.*
- La incertidumbre máxima en la medición de la presión no debe ser mayor a un 5 % del valor medido. *Página 18 del capítulo 3, Equipos y métodos de ensayo, de la normativa nacional.*
- La incertidumbre en la medición de la temperatura no debe exceder ± 2 °C. *Página 19 del capítulo 3, Equipos y métodos de ensayo, de la normativa nacional.*
- La máxima incertidumbre expandida en los resultados de la medición de la pérdida de presión debe ser, como máximo, un 5 % de la pérdida de presión medida, con un factor de cobertura de $k = 2$. *Página 31 del capítulo 3, Equipos y métodos de ensayo, de la normativa nacional.*