RECOMENDACIÓN INTERNACIONAL

OIML R 49-2 Edición 2013

MEDIDORES DE AGUA POTABLE FRÍA Y DE AGUA CALIENTE

Parte 2: Métodos de ensayo

Compteurs d'eau potable froide et d'eau chaude. Partie 2: Méthodes d'essais

"En cumplimiento de la publicación básica B11:2007 de la Organización Internacional de la Metrología Legal, la Superintendencia de Industria y Comercio se permite señalar que es la única responsable por el contenido de la presente traducción."

Contenido

Prólog	go	6
1	Alcance	7
2	Referencias normativas	7
3	Términos y definiciones	9
4	Condiciones de referencia	9
5	Símbolos, unidades y ecuaciones	9
6	Examen externo	9
6.1	Generalidades	9
6.2	Objeto del examen	10
6.3	Preparación	10
6.4	Procedimientos de examen	10
7	Ensayos de desempeño para todos los medidores de agua	15
7.1	Generalidades	15
7.2	Condiciones exigidas para todos los ensayos	15
7.3	Ensayo de presión estática (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.10)	16
7.4	Determinación de errores intrínsecos (de indicación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.3)	17
7.5	Ensayo de temperatura del agua (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.8)	26
7.6	Ensayo de temperatura del agua de sobrecarga (Recomendación OIML R 49- 1:2013, numeral 7.2.5)	27
7.7	Ensayo de presión del agua (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.8)	28
7.8	Ensayo de flujo inverso (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.7)	28
7.9	Ensayo de pérdida de presión (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.5)	30
7.10	Ensayos de perturbación del flujo (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.3.4)	34
7.11	Ensayos de durabilidad (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.6)	36
7.12	Ensayo de campos magnéticos	43
7.13	Ensayos de los dispositivos auxiliares de un medidor de agua	43
7.14	Ensayos ambientales	44
8	Ensayos de desempeño relacionados con factores de influencia y perturbaciones	44
8.1	Requisitos generales (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.1)	44

8.2	Calor seco (sin condensación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	47
8.3	Frío (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	
8.4	Calor húmedo, cíclico (con condensación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	50
8.5	Variación en el suministro de energía (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	51
8.6	Vibración (aleatoria) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	54
8.7	Choque mecánico (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	
8.8	Caídas de tensión de la red de C.A, interrupciones cortas y variaciones de tensión (Recomendación R 49-1:2013, literal A.5)	56
8.9	Ráfagas en las líneas de señales (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	58
8.10	Ráfagas (transitorias) en la red de CA y CC (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	59
8.11	Descarga electrostática (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	61
8.12	Campos electromagnéticos radiados (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	62
8.13	Campos electromagnéticos conducidos (Recomendación OIML R 49-1:2013, A.5)	65
8.14	Sobretensiones en las líneas de señales, datos y control (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	66
8.15	Sobretensiones en líneas de potencia de la red de CA y CC (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)	68
8.16	Campo magnético estático (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.8)	69
8.17	Ensayo de ausencia de flujo	71
9	Programa de ensayo para la evaluación de modelo	71
9.1	Número de muestras requeridas	71
9.2	Ensayo de desempeño aplicable a todos los medidores de agua	71
9.3	Ensayos de desempeño aplicables a medidores de agua electrónicos, medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos, y sus partes separables	73
9.4	Evaluación de modelo para partes separables de un medidor de agua	
9.5	Familias de medidores de agua	
10	Ensayos de verificación inicial	
10.1	Verificación inicial de medidores completos y combinados	
10.2	Verificación inicial de las partes separables de un medidor de agua	
11	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	
11.1	Objeto de los informes	
11.2	Identificación y datos de ensayo para inclusión en los registros	

Anexo	A (Obligatorio) Examen de modelo y ensayo de los medios de verificación de los dispositivos electrónicos	78
A.1	Generalidades	78
A.2	Objeto del examen	78
A.3	Procedimientos de examen	78
A.3.1	Acción de los medios de verificación (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.1)	78
A.3.2	Medios de verificación para el transductor de medición (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.2)	79
A.3.3	Medios de verificación para el calculador (Recomendación OIML R 49- 1:2013, literal B.3)	81
A.3.4	Medios de verificación del dispositivo indicador (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.4)	82
A.3.5	Medios de verificación de dispositivos auxiliares (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.5)	83
A.3.6	Medios de verificación de instrumentos de medición asociados (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.6)	83
Anexo	B (Obligatorio) Cálculo del error (de indicación) relativo de un medidor de agua	85
B.1	Información general	85
B.2	Cálculo del error (de indicación)	85
B.3	Cálculo del error (de indicación) relativo	85
B.3.1	Medidor de agua completo	85
B.3.2	Medidor de agua combinado	86
B.3.3	Calculador (incluido el dispositivo indicador)	86
B.3.4	Transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen)	88
Anexo	C (Obligatorio) Requisitos de instalación para ensayos de perturbación del flujo	91
Anexo	D (Obligatorio) Evaluación de modelo de una familia de medidores de agua	93
D.1	Familias de medidores de agua	93
D.2	Definición	93
D.3	Selección del medidor	93
Anexo	E (Informativo) Ejemplos de métodos y componentes usados para ensayar medidores de agua concéntricos	95
Anexo	F (Informativo) Determinación de la densidad del agua	98
F.1	Densidad del agua destilada libre de aire a 101,325 kPa	98
F.2	Factor de corrección de presión	98
F.3	Densidad del agua en el flujómetro	99
Anexo	G (Informativo) Incertidumbres máximas en la medición de factores de influencia y perturbaciones	101
G.1	Introducción	101

G.2	Entradas de señales simuladas al calculador	101
G.3	Ensayos de calor seco, calor húmedo (cíclico) y frío	101
G.4	Variación de la tensión de alimentación	102
G.5	Variación de la frecuencia de la red	102
G.6	Reducción de energía de corta duración	102
G.7	Ráfagas eléctricas	102
G.8	Descarga electrostática	102
G.9	Interferencia electromagnética	103
G.10	Vibración mecánica	103
Anexo	H (Informativo) Tomas de presión para el ensayo de pérdida de presión, detalles de los orificios y de las ranuras	104
H.1	Generalidades	104
H.2	Diseño de las tomas de presión de la sección de medición	104
H.3	Detalles de las tomas de presión, orificios y ranuras	104
Anexo	I (Obligatorio) Perturbadores de flujo	107
I.1	Generalidades	107
1.2	Generadores de perturbación de tipo roscado	107
Bibliog	grafía	112

Prólogo

La Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es una organización intergubernamental de carácter mundial, cuyo objetivo principal es armonizar los reglamentos y controles metrológicos aplicados por los servicios metrológicos nacionales u organizaciones relacionadas de sus Estados Miembro. Las principales categorías de publicaciones de la OIML son:

- Recomendaciones Internacionales (OIML R). Son modelos de reglamentos que establecen las características metrológicas que se exigen a algunos instrumentos de medición y especifican métodos y equipos para verificar su conformidad. Los Estados Miembro de la OIML deben implementar estas Recomendaciones en la mayor medida posible.
- Documentos Internacionales (OIML D). Son de naturaleza informativa y están previstos para armonizar y mejorar el trabajo en el campo de la metrología legal;
- Guías Internacionales (OIML G). Son de naturaleza informativa y están previstos para suministrar directrices acerca de la aplicación de algunos requisitos a la metrología legal; y
- Publicaciones Básicas Internacionales (OIML B). Definen las reglas de operación de las diferentes estructuras y sistemas de OIML;

Los proyectos de Recomendaciones, Documentos y Guías de OIML son desarrollados por Grupos de Proyectos vinculados a Comités o a Subcomités Técnicos conformados por representantes de los Estados Miembro. Algunas instituciones internacionales y regionales también participan en forma de consulta. Se han celebrado acuerdos de cooperación entre la OIML y algunas instituciones tales como ISO e IEC, conducentes a evitar requisitos contradictorios. En consecuencia, los fabricantes y usuarios de instrumentos de medición, laboratorios de ensayo, etc., pueden aplicar simultáneamente las publicaciones de OIML y de otras instituciones.

Las Recomendaciones Internacionales, los Documentos, Guías y Publicaciones Básicas se publican en inglés (E), se traducen al francés (F) y se someten a actualizaciones periódicas. Asimismo, la OIML publica o participa en la publicación de **Vocabularios (OIML V)** y periódicamente encarga a sus expertos en metrología legal la elaboración de **Informes de Expertos (OIML E)**. Los Informes de Expertos están previstos para suministrar información y asesoría y presentan exclusivamente el punto de vista de su autor, sin participación de un Comité o Subcomité Técnico, ni del CIML. En consecuencia, no necesariamente representan los puntos de vista de OIML.

La presente publicación: OIML R 49-2: 2013 (E) fue desarrollada por el grupo de trabajo conjunto OIML/ISO/CEN conformado por el OIML TC8/SC 5 *Water meters*, el ISO/TC 30/SC 7 *Volume methods includind water meters* y el CEN/TC 92 *Water meters*. En esencia, el contenido es el mismo que el de la norma ISO 4064-2:2014 *Water meters for cold potable water and hot water.* Fue aprobada para publicación final por el Comité Internacional de Metrología Legal en su cuadragésima octava reunión en ciudad Ho Chi Min en octubre de 2013 y se enviará a la Conferencia Internacional de Metrología Legal en 2016 para su aprobación formal. Las publicaciones OIML se pueden descargar en formato PDF del sitio web de OIML. Se puede obtener información adicional sobre las Publicaciones OIML en la sede principal de la Organización:

Bureau International de Métrologie

Légale 11, rue Turgot - 75009 París - Francia.
Teléfono:
33 (0)1 48 78 12 82
Fax:
33 (0)1 42 82 17 27
correo electrónico:
biml@oiml.org
sitio web:
www.oiml.org

MEDIDORES PARA AGUA POTABLE FRÍA Y AGUA CALIENTE Parte 2: Métodos de ensayo

1 Alcance

Esta parte del documento OIML R 49 (R 49-2:2013) es aplicable a la evaluación de modelo y al ensayo de verificación inicial de medidores para agua potable fría y agua caliente, como se definen en la OIML R 49-1:2013. Se pueden emitir Certificados de Conformidad OIML para medidores de agua que están dentro del alcance del Sistema de Certificación OIML, siempre que esta parte de la OIML R 49, la OIML R 49-1:2013 y la OIML R 49-3:2013 se usen de acuerdo con las reglas del Sistema.

Esta parte de la OIML R 49 presenta detalles del programa de ensayo, principios, equipos y procedimientos de uso para la evaluación de modelo y la verificación inicial de un tipo de medidor.

Las disposiciones de esta parte de la OIML R 49 también se aplican a dispositivos auxiliares, si así lo exigen los reglamentos nacionales.

Las disposiciones incluyen los requisitos para el ensayo de medidores de agua completos y del transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) y el calculador (que incluye el dispositivo indicador) de un medidor de agua como unidades separadas.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos, en parte o en su totalidad, se referencian normativamente en esta Recomendación y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas se aplica la edición más reciente del documento referenciado (incluida cualquier corrección).

OIML R 49-1:2013 Water meters for cold potable water and hot water. Part 1: Metrological and technical requirements

OIML R 49-3:2013 Water meters for cold potable water and hot water. Part 3: Test report format

OIML G 1-100:2008 Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement

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

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

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

IEC 60068-2-31, Environmental testing — Part 2-31: Tests — Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens

IEC 60068-2-47, Environmental testing — Part 2-47: Tests — Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests

IEC 60068-2-64, Environmental testing — Part 2-64: Tests — Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

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

IEC 60654-2, Operating conditions for industrial process measurement and control equipment — Part 2: Power

IEC 61000-2-1, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment — Section 1: Description of the environment — Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling in public power supply systems

IEC 61000-2-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-2: Environment — Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems

IEC 61000-4-1, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-1: Testing and measurement techniques — Overview of IEC 61000-4 series

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

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

IEC 61000-4-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test

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

IEC 61000-4-6, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

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

IEC 61000-6-1, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments

IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments

OIML D 11:2013 General requirements for electronic measuring instruments

OIML G 13:1989 Planning of metrology and testing laboratories

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Recomendación se aplican los términos y definiciones de la OIML R 49-1:2013.

4 Condiciones de referencia

Durante los ensayos de evaluación de modelo en un medidor de agua, todas las magnitudes de influencia aplicables se deben mantener a los siguientes valores, a excepción de la magnitud de influencia sometida a ensayo. Sin embargo, en cuanto a los factores de influencia y a las perturbaciones para medidores de agua electrónicos, es permisible el uso de las condiciones de referencia definidas en la norma IEC aplicable:

Caudal: $0.7 \times (Q_2 + Q_3) \pm 0.03 \times (Q_2 + Q_3)$

Temperatura del agua: T30, T50 es 20 °C ± 5 °C

T70 a T180 es 20 °C ± 5 °C y 50 °C ± 5 °C

T30/70 a T30/180 es 50 °C ± 5 °C

Presión del agua: Dentro de las condiciones de operación nominales

(ver la Recomendación OIML R49-1:2013, 6.4)

Intervalo de temperatura ambiente: 15 °C a 25 °C

Intervalo de humedad relativa ambiente: 45% a 75%

Intervalo de presión atmosférica ambiental: 86 kPa a 106 kPa [0,86 bar a 1,06 bar]

Tensión de alimentación (red eléctrica CA): tensión nominal, $U_{\text{nom}} \pm 5\%$

Frecuencia de alimentación: frecuencia nominal, $f_{\text{nom}} \pm 2\%$

Tensión de alimentación (batería): una tensión V en el intervalo $U_{\text{bmin}} \leq V \leq \pm U_{\text{bmax}}$

Durante cada ensayo, la temperatura y la humedad relativa no deben variar más de 5 °C ó 10 %, respectivamente, dentro del intervalo de referencia. Durante los ensayos de desempeño se permite que las condiciones de referencia se desvíen de los valores de tolerancia definidos, si se puede suministrar evidencia al organismo responsable de la aprobación de modelo, de que el tipo de medidor que se estudia no se ve afectado por la desviación de la condición en cuestión. Sin embargo, se deben medir y documentar los valores reales de la condición de desviación, como parte de la documentación del ensayo de desempeño.

5 Símbolos, unidades y ecuaciones

En el Anexo B se presentan las ecuaciones, símbolos y sus unidades, concernientes al cálculo del error (de indicación) de un medidor de agua usado en esta parte de la Recomendación OIML R 49.

6 Examen externo

6.1 Generalidades

Durante el examen externo se deben registrar todos los valores, dimensiones y observaciones pertinentes.

Nota 1: Para la presentación de los resultados de los exámenes de modelo, ver el numeral 11.

Nota 2: Los subnumerales pertinentes de la Recomendación OIML R 49-1:2013 se presentan entre paréntesis.

6.2 Objeto del examen

Verificar que un medidor de agua cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013 con respecto al diseño del dispositivo indicador, el rotulado del medidor y la aplicación de los dispositivos de protección.

6.3 Preparación

Las mediciones lineales que se realicen a un medidor se deben hacer usando dispositivos de medición trazables y calibrados.

Las dimensiones reales o aparentes de las escalas del dispositivo indicador se deben tomar sin retirar el lente del medidor ni desensamblar el medidor.

Nota: Se puede usar un microscopio móvil (catetómetro) para medir el ancho, la separación y la altura de las divisiones de la escala y la altura de los números.

6.4 Procedimientos de examen

6.4.1 Generalidades

Se deben examinar los siguientes aspectos del diseño de un medidor, al menos en un medidor de la muestra.

Se puede usar la misma muestra de medidor para todos los exámenes externos, o para algunos de los exámenes se pueden usar diferentes medidores de las muestras presentadas.

6.4.2 Rótulos e inscripciones (OIML R 49-1:2013, numeral 6.6)

- a) Verifique que haya un lugar para colocar el rótulo de verificación, que sea visible sin desensamblar el medidor de agua.
- b) Verifique que el medidor de agua esté rotulado en forma clara e indeleble con la información presentada en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.6.2.
- c) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numerales 6.6.1 y 6.6.2 (r) en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3 Dispositivo indicador (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7)

6.4.3.1 Función (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.1.1)

- a) Verifique que el dispositivo indicador brinde una indicación visual de fácil lectura, confiable e inequívoca del volumen indicado.
- b) Verifique que el dispositivo indicador incluye medios visuales para ensayo y calibración.
- c) Si el dispositivo indicador incluye elementos adicionales para ensayo y calibración usando otros métodos, por ejemplo, ensayo y calibración automáticos, registre el(los) tipo(s) de dispositivo.

- d) Si el medidor es un medidor combinado con dos dispositivos indicadores, se aplica el numeral 6.4.3 a ambos dispositivos indicadores.
- e) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.1.2 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.2 Unidad de medición, símbolo y ubicación (Recomendación OIML R 49-3:2013, 6.7.1.2)

- a) Verifique que el volumen de agua indicado esté expresado en metros cúbicos.
- b) Verifique que el símbolo m³ aparezca en la carátula o inmediatamente adyacente a la pantalla numérica.
- c) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.1.2 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.3 Intervalo de indicación (Recomendación OIML R 49-1:2013, 6.7.1.3)

- a) Verifique el dispositivo indicador pueda registrar el volumen indicado en metros cúbicos, como se presenta en la OIML R 49-1:2013, Tabla 5, que corresponde al caudal permanente Q_3 sin pasar a través del cero.
- b) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.1.3 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.4 Codificación por colores para los dispositivos indicadores (Recomendación OIML R 49-1:2013, 6.7.1.4)

- a) Verifique que:
 - 1) se usa el color negro para indicar el metro cúbico y sus múltiplos; y
 - 2) se usa el color rojo para indicar los submúltiplos de un metro cúbico; y
 - 3) los colores se aplican a los punteros, índices, números, discos, ruedas, carátulas o visores;

o que se usan otros medios para indicar el metro cúbico, siempre que no haya ambigüedad para diferenciar entre la indicación primaria y visualizaciones alternativas, por ejemplo, los submúltiplos para verificación y ensayo.

b) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.1.4 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.5 Tipos de dispositivo indicador (Recomendación OIML R 49-1:2013, 6.7.2)

6.4.3.5.1 Tipo 1. Dispositivo analógico (Recomendación OIML R 49-1:2013, 6.7.2.1)

- a) Si se ha utilizado un dispositivo indicador Tipo 1, verifique la indicación de volumen mediante:
 - el movimiento continuo de uno o más punteros con respecto a las escalas graduadas; o

- un movimiento continuo de una o más escalas circulares o tambores, cada uno de los cuales pasa un índice.
- b) Verifique que el valor expresado en metros cúbicos para cada división de la escala tenga la forma 10ⁿ, en donde *n* es un número entero positivo o negativo, o cero, y de esta manera se establece un sistema de décadas consecutivas.
- c) Verifique que cada escala esté graduada en valores expresados en metros cúbicos, o que vaya acompañada de un factor de multiplicación (x 0,001; x 0,01; x 1; x 10; x100; x 1 000, etc.).
- d) Verifique que los movimientos de rotación de los punteros o escalas circulares sean en el sentido de giro de las manecillas del reloj.
- e) Verifique que el movimiento lineal de los punteros o escalas sea de izquierda a derecha.
- f) Verifique que el movimiento de los indicadores de rodillo numerados sea ascendente.

Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.2.1 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.5.2 Tipo 2. Dispositivo digital (Recomendación OIML R 49-1:2013, 6.7.2.2)

- a) Verifique que el volumen indicado esté dado por una línea de dígitos que aparecen en una o más aberturas.
- b) Verifique que un dígito haya avanzado completamente mientras que el dígito de la siguiente década inmediatamente inferior cambia de 9 a 0.
- c) Verifique que la altura real o aparente de los dígitos sea al menos de 4 mm.
- d) Para dispositivos no electrónicos:
 - 1) Verifique que el movimiento de los indicadores de rodillo (tambores) numerados sea ascendente.
 - 2) si la década con el valor más bajo tiene movimiento continuo, verifique que la abertura sea del tamaño suficiente para que se pueda leer un dígito sin ambigüedad.

Para dispositivos electrónicos:

- 3) para pantallas no permanentes, verifique que el volumen se pueda visualizar en cualquier momento, al menos durante 10 s;
- 4) verifique visualmente toda la pantalla en la siguiente secuencia:
 - i) para el tipo de siete segmentos, verifique que todos los elementos se puedan visualizar correctamente (por ejemplo, un ensayo de "ochos");
 - ii) para el tipo de siete segmentos, verifique que todos los elementos se puedan poner en blanco (un ensayo de "blancos");
 - iii) para pantallas gráficas, use un ensayo equivalente para verificar que las fallas en la pantalla no causen la interpretación incorrecta de un dígito;
 - iv) verifique que cada etapa de la secuencia dura al menos 1 s;
 - v) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.2.2, en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.5.3 Tipo 3. Dispositivo combinado analógico y digital (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.2.3)

- a) Si el dispositivo indicador es una combinación de los dispositivos tipo 1 y 2, verifique que se apliquen los requisitos respectivos de cada uno (ver los numerales 6.4.3.5.1 y 6.4.3.5.2).
- b) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.2.3, en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.
- 6.4.3.6 Dispositivos de verificación. Primer elemento de un dispositivo indicador. Intervalo de verificación (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3)

6.4.3.6.1 Requisitos generales (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.1)

- a) Verifique que el dispositivo indicador incluya medios para el ensayo de verificación visual y la calibración inequívocos.
- b) Observe si la pantalla de verificación visual tiene movimiento continuo o discontinuo.
- c) Observe si, además de la pantalla de verificación visual, el dispositivo indicador permite ensayos rápidos gracias a la inclusión de elementos complementarios (por ejemplo, discos o ruedas en estrella) que emiten señales a través de sensores conectados externamente. Observe la relación, declarada por el fabricante, entre la indicación visual del volumen y las señales emitidas por estos dispositivos complementarios.
- d) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.1, en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.6.2 Pantalla de verificación visual (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2)

6.4.3.6.2.1 Valor del intervalo de la escala de verificación (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.1)

- a) Verifique que el valor del intervalo de la escala de verificación, expresado en metros cúbicos, tenga la forma 1 x 10^n , ó 2 x 10^n , ó 5 x 10^n , en donde n es un número entero positivo o negativo, o es cero.
- b) Para dispositivos indicadores analógicos y digitales con movimiento continuo del primer elemento, verifique que el intervalo de la escala de verificación esté formado de la división en 2, 5 ó 10 partes iguales del intervalo entre dos dígitos consecutivos del primer elemento.
- c) Para dispositivos indicadores analógicos y digitales con movimiento continuo del primer elemento, verifique que la numeración no se aplique a las divisiones entre dígitos consecutivos del primer elemento.
- d) Para dispositivos indicadores digitales con movimiento discontinuo del primer elemento, el intervalo de la escala de verificación es el intervalo entre dos dígitos consecutivos o movimientos incrementales del primer elemento.
- e) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.1 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.6.2.2 Forma de la escala de verificación (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.2)

a) Si el dispositivo indicador tiene movimiento continuo del primer elemento, verifique que la separación aparente de la escala no sea menor de 1 mm ni mayor de 5 mm.

- b) Verifique que la escala conste de:
 - líneas de igual espesor que no superan una cuarta parte de la separación de la escala y que solo se diferencien en su longitud;
 - bandas que contrastan que tienen un ancho igual a la separación de la escala.
- c) Verifique que el ancho aparente del extremo del puntero no sea superior a una cuarta parte de la separación de la escala.
- d) Verifique que el ancho aparente del extremo del puntero no sea superior a 0,5 mm.
- e) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.2 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

6.4.3.6.2.3 Resolución del dispositivo indicador (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.3)

- a) Observe el valor del intervalo de la escala de verificación, δV m³.
- b) Calcule el volumen real $V_a\,$ en m³ que pasa durante 1 h 30 min al caudal mínimo Q_1 , a partir de

$$Va = Q_1 \times 1,5$$

- c) Calcule el error de resolución $\varepsilon_{\rm r}$ del dispositivo indicador, expresado como un porcentaje, a partir de:
- 1) para el movimiento continuo del primer elemento:

$$\varepsilon_r = \frac{0.58V + 0.58V}{V_c} \times 100\%$$

$$= \frac{\delta V}{V} \times 100\%$$

2) para el movimiento discontinuo del primer elemento:

$$\varepsilon_r = \frac{\delta V + \delta V}{V_r} \times 100\%$$

$$=\frac{2\delta V}{V_a}\times 100\%$$

d) Verifique que para los medidores de clase de precisión 1, el valor del intervalo de la escala de verificación sea lo suficientemente pequeño como para asegurar que el error de resolución $\varepsilon_{\rm r}$ del dispositivo indicador no exceda 0,25 % del volumen real requerido durante 1 h 30 min al caudal mínimo, Q_1 .

$$\varepsilon_{\rm r} \leq 0.25 \%$$

e) Verifique que para los medidores de clase de precisión 2, el intervalo de la escala de verificación es lo suficientemente pequeño como para asegurar que el error de resolución $\varepsilon_{\rm r}$ del dispositivo indicador no exceda 0,5 % del volumen real requerido durante 1 h 30 min al caudal mínimo, Q_1 .

 $\varepsilon_{\rm r} \leq 0.5 \%$

f) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.3.2.3 en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

Cuando el primer elemento se visualiza en forma continua, se debe establecer una tolerancia para un error máximo en cada lectura, no superior a la mitad del intervalo de la escala de verificación.

Cuando el primer elemento se visualiza en forma discontinua, se debe establecer una tolerancia para un error máximo en cada lectura, no superior a un dígito de la escala de verificación.

6.4.4 Dispositivos de protección (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.8)

- a) Verifique que el medidor de agua incluya dispositivos de protección como se especifica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.8.
- b) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numerales 6.8.1 6.8.2.3, en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

7 Ensayos de desempeño para todos los medidores de agua

7.1 Generalidades

Durante los ensayos de desempeño se deben registrar todos los valores, dimensiones y observaciones pertinentes.

- Nota 1: Para la presentación de los resultados de los ensayos de evaluación tipo, ver el numeral 11.
- Nota 2: Los subnumerales pertinentes de la Recomendación OIML R 49-1:2013 se dan entre paréntesis.

7.2 Condiciones exigidas para todos los ensayos

7.2.1 Calidad del agua

Los ensayos de los medidores de agua se deben llevar a cabo usando agua. El agua debe provenir del suministro público de agua potable o debe cumplir los mismos requisitos.

El agua no debe contener ninguna sustancia que pudiera dañar el medidor o afectar su funcionamiento. No debe contener burbujas de aire.

Si se recicla el agua, se deben tomar medidas para impedir que el agua residual del medidor llegue a ser nociva para los seres humanos.

7.2.2 Reglas generales acerca de la instalación de ensayo y su ubicación

7.2.2.1 Ausencia de influencias falsas

El diseño, construcción y uso del equipo de ensayo deben ser tales, que su desempeño no contribuya de manera significativa a los errores en el ensayo. Para este fin, es necesario contar con altos estándares de mantenimiento del equipo, además de soportes y accesorios adecuados que impidan la vibración del medidor, del equipo de ensayo y de sus accesorios.

El ambiente en que se encuentre el equipo de ensayo debe ser tal, que se cumplan las condiciones de referencia del ensayo (ver el numeral 4).

Durante los ensayos, la presión manométrica a la salida de cada medidor de agua debe ser de 0,03 MPa (0,3 bar) como mínimo y debe ser suficiente para evitar cavitación.

Debe ser posible llevar a cabo lecturas del ensayo en forma rápida y sencilla.

7.2.2.2 Ensayo de medidores por grupos

Los medidores se ensayan de forma individual o por grupos. Si es por grupos, se deben determinar con precisión las características individuales de los medidores. La presencia de cualquier medidor en el equipo de ensayo no debe contribuir de manera significativa al error de ensayo de cualquier otro medidor.

7.2.2.3 Ubicación

El ambiente escogido para los ensayos de los medidores debe estar de acuerdo con los principios establecidos en la OIML G 13 y debe estar libre de influencias perturbadoras (por ejemplo, temperatura del ambiente, vibración).

7.3 Ensayo de presión estática (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.10)

7.3.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua puede soportar los ensayos de presión hidráulica específica, durante el tiempo especificado, sin presentar fugas ni daño.

7.3.2 Preparación

- a) Instale los medidores en el equipo de ensayo, ya sea en forma individual o por grupos.
- b) Purgue el aire de la tubería del equipo de ensayo y de los medidores de agua.
- c) Asegúrese de que el equipo de ensayo no tenga fugas.
- d) Asegúrese de que la presión de suministro esté libre de pulsaciones de presión.

7.3.3 Procedimiento de ensayo

7.3.3.1 Medidores en línea

- a) Aumente la presión hidráulica a 1,6 veces la presión máxima admisible (PMA) del medidor y manténgala durante 15 min.
- b) Examine el medidor para determinar que no tenga daños físicos, fugas externas ni fugas en el dispositivo indicador.

- c) Aumente la presión hidráulica al doble de la PMA y mantenga este nivel de presión durante 1 min.
- d) Examine el medidor para determinar que no tenga daños físicos, fugas externas ni fugas en el dispositivo indicador.
- e) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.1.

Requisitos adicionales:

- i) Incremente y disminuya gradualmente la presión, sin picos de presión.
- ii) Aplique solamente las temperaturas de referencia para este ensayo.
- iii) Durante el ensayo, el caudal debe ser cero.

7.3.3.2 Medidores concéntricos

El procedimiento de ensayo del numeral 7.3.3.1 también se aplica al ensayo de presión de medidores de agua concéntricos; sin embargo, también se deben ensayar los sellos colocados en la interfaz medidor concéntrico/múltiple (ver el ejemplo de la Figura E.1), para asegurar que no se presenten fugas internas ocultas entre los conductos de entrada y salida del medidor.

Cuando se lleva a cabo el ensayo de presión, se deben ensayar conjuntamente el medidor y el múltiple. Los requisitos para el ensayo de medidores concéntricos pueden variar de acuerdo con el diseño; en las Figuras E.2 y E.3 se presenta un ejemplo de un método de ensayo.

7.3.4 Criterios de aceptación

No se deben presentar fugas desde el medidor ni en el dispositivo indicador, ni daño físico, como resultado de cualquiera de los ensayos de presión especificados en los numerales 7.3.3.1 y 7.3.3.2.

7.4 Determinación de errores intrínsecos (de indicación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.3)

7.4.1 Objeto del ensayo

Determinar los errores intrínsecos (de indicación) de un medidor de agua y los efectos de la orientación del medidor sobre el error (de indicación).

7.4.2 Preparación

7.4.2.1 Descripción del equipo de ensayo

El método especificado aquí para determinar los errores (de indicación) del medidor es el método denominado "de recolección", en el cual la cantidad de agua que pasa a través de un medidor de agua se recolecta en uno o más recipientes de recolección y la cantidad se determina volumétricamente o por peso. Se pueden usar otros métodos, siempre y cuando se cumplan los requisitos del numeral 7.4.2.2.6.1.

La verificación de los errores (de indicación) consiste en comparar las indicaciones de volumen dadas por el medidor en condiciones de referencia, contra un dispositivo de referencia calibrado.

Para el propósito de estos ensayos, se debería ensayar al menos un medidor sin sus dispositivos auxiliares temporales (si los hay) colocados, a menos que sean esenciales para llevar a cabo el ensayo del medidor.

Habitualmente, el equipo de ensayo consta de:

- a) suministro de aqua (tanque no presurizado, tanque presurizado, bomba, etc.);
- b) tubería;
- c) un dispositivo de referencia calibrado (tanque volumétrico calibrado, sistema de pesaje, medidor de referencia, etc.);
- d) un dispositivo para medir el tiempo del ensayo;
- e) dispositivos para automatizar los ensayos (si se requieren);
- f) dispositivos para medir la temperatura del agua;
- g) dispositivos para medir la presión del agua;
- h) dispositivos para determinar la densidad, si son necesarios;
- i) dispositivos para determinar la conductividad, si son necesarios;

7.4.2.2 **Tubería**

7.4.2.2.1 Descripción

La tubería debe incluir:

- a) una sección de ensayo en la que se coloca(n) el(los) medidor(es);
- b) un dispositivo para establecer el caudal deseado;
- c) uno o dos dispositivos de aislamiento;
- d) dispositivos para determinar el caudal;
- y si son necesarios:
- e) dispositivos para verificar que la tubería esté llena hasta el nivel de referencia antes y después de cada ensayo;
- f) una o más purgas de aire;
- g) un dispositivo antirretorno;
- h) un separador de aire;
- i) un filtro.

Durante el ensayo no se deben permitir fugas, entrada y drenaje de flujo entre el(los) medidor(es) y el dispositivo de referencia, o desde el dispositivo de referencia.

7.4.2.2.2 Sección de ensayo

La sección de ensayo debe incluir, además del(los) medidor(es):

a) una o más tomas de presión para la medición de la presión, una de ellas situada aguas arriba, cerca del primer medidor;

b) dispositivos para medir la temperatura del agua, ubicados cerca de la entrada del primer medidor.

La presencia de cualquier componente de la tubería o de dispositivos colocados en la sección de medición o cerca de ella no debe causar cavitación ni perturbación en el flujo que pueda alterar el desempeño de los medidores o causar errores (de indicación).

7.4.2.2.3 Precauciones durante los ensayos

- a) Verifique que la operación del equipo de ensayo sea tal que, durante el ensayo, el volumen real del agua que fluye a través del(los) medidores sea igual al volumen real medido por el dispositivo de referencia.
- b) Verifique que el tubo (por ejemplo, el cuello de ganso en el tubo de salida) esté lleno al mismo nivel de referencia al inicio y al final del ensayo.
- c) Purgue todo el aire del tubo de interconexión y del(los) medidor(es). El fabricante puede recomendar un procedimiento que asegure que se purgue todo el aire del medidor.
- d) Tome todas las precauciones necesarias para evitar los efectos de la vibración y de los impactos.

7.4.2.2.4 Montajes especiales para la instalación de los medidores

7.4.2.2.4.1 Evitación de mediciones erróneas

El recordatorio siguiente de las causas más frecuentes de las mediciones erróneas y las precauciones necesarias para la instalación de medidores de agua en el banco de ensayo surge de la necesidad de lograr una instalación de ensayo en la cual:

- a) las características del flujo hidrodinámico no causen diferencias discernibles en el funcionamiento del medidor, en comparación con las características del flujo hidrodinámico sin alteraciones; y
- b) la incertidumbre expandida del método empleado no exceda el valor estipulado (ver el numeral 7.4.2.2.6.1).

7.4.2.2.4.2 Necesidad de longitudes de tubería rectas o de un rectificador de flujo

La precisión de los medidores de agua no volumétricos se puede ver afectada por las perturbaciones aguas arriba causadas, por ejemplo, por la presencia de codos, tubos en T, válvulas o bombas.

Para contrarrestar estos efectos:

- a) el medidor se debe instalar de acuerdo con las instalaciones del fabricante;
- b) la tubería de conexión debe tener un diámetro interno que concuerde con la conexión pertinente del medidor; y
- c) si es necesario, se debe instalar un rectificador de flujo aguas arriba de la longitud de tubo recto.

7.4.2.2.4.3 Causas comunes de la perturbación del flujo

Un flujo puede experimentar dos tipos de perturbaciones: distorsión del perfil de velocidad y remolinos, los cuales pueden afectar los errores de indicación de un medidor de agua.

Habitualmente, la distorsión del perfil de velocidad es causada por una obstrucción parcial del tubo, por ejemplo, la presencia de una válvula cerrada parcialmente o una unión embridada desalineada. Esto se puede eliminar fácilmente mediante la ejecución cuidadosa de los procedimientos de instalación.

Los remolinos pueden ser causados por dos o más codos en planos diferentes o por un solo codo combinado con un reductor excéntrico o una válvula cerrada parcialmente. Este efecto se puede controlar asegurando una longitud adecuada de tubo recto aguas arriba del medidor de agua, o instalando un dispositivo para rectificar el flujo, o mediante una combinación de los dos. Sin embargo, es conveniente evitar estas configuraciones de tubería.

7.4.2.2.4.4 Medidores de agua volumétricos

Se considera que algunos tipos de medidor de agua, por ejemplo, los volumétricos (es decir, que tienen cámaras de medición con paredes móviles), tales como los medidores de pistón oscilante o de disco nutante, no se afectan por las condiciones de instalación aguas arriba. En consecuencia, no se requieren condiciones especiales.

7.4.2.2.4.5 Medidores que utilizan inducción electromagnética

Los medidores que utilizan inducción electromagnética como principio de medición se pueden ver afectados por la conductividad del agua de ensayo.

La conductividad del agua usada para ensayar este tipo de medidor debería estar dentro del intervalo de operación de la conductividad especificado por el fabricante del medidor.

7.4.2.2.4.6 Otros principios de medición

Otros tipos de medidor pueden requerir acondicionamiento del flujo cuando se miden los errores de indicación y en estos casos se deben cumplir los requisitos de instalación recomendados por el fabricante (ver el numeral 7.10).

Estos requisitos de instalación se deberían informar en el certificado de aprobación de modelo para un medidor de agua.

Los medidores concéntricos que se ha comprobado que no se ven afectados por la configuración del múltiple (ver el numeral 7.4.2.2.4.4) se pueden ensayar y utilizar con cualquier montaje de múltiple adecuado.

7.4.2.2.5 Errores al inicio y terminación del ensayo

7.4.2.2.5.1 Generalidades

Se deben tomar las precauciones adecuadas para reducir las incertidumbres que resultan de la operación de los componentes del equipo de ensayo durante el ensayo.

En los numerales 7.4.2.2.5.2 y 7.4.2.2.5.3 se presentan detalladamente las precauciones que se deben tomar para los dos casos encontrados en el método de "recolección".

7.4.2.2.5.2 Ensayos con lecturas tomadas con el medidor en reposo

Este método se conoce generalmente como el método arranque-parada estático.

El flujo se inicia abriendo una válvula situada aguas abajo del medidor y se interrumpe al cerrar esta válvula. El medidor se lee cuando el registro está estacionario.

Se mide el tiempo entre el inicio del movimiento de apertura de la válvula y el final del movimiento de cierre. Mientras el flujo comienza y durante el período de funcionamiento al caudal de flujo constante especificado, el error (de indicación) del medidor varía en función de los cambios en el caudal (la curva de error).

Mientras el flujo se detiene, la combinación de la inercia de las partes móviles del medidor y el movimiento rotacional del agua dentro del medidor puede causar error considerable en algunos tipos de medidor y para algunos caudales de ensayo.

En este caso no ha sido posible determinar una regla empírica simple que establezca las condiciones de manera que este error sea siempre insignificante.

En caso de duda, se recomienda:

- a) incrementar el volumen y la duración del ensayo;
- b) comparar los resultados con los obtenidos utilizando uno o más métodos diferentes, y en particular el método especificado en el numeral 7.4.2.2.5.3, el cual elimina las causas de la incertidumbre presentadas en el método anterior.

Para algunos tipos de medidores de agua electrónicos con salidas de impulsos que se usan para ensayo, la respuesta del medidor a los cambios en el caudal puede ser tal que se emitan impulsos válidos después de cerrar la válvula. En este caso, se debe contar con un dispositivo para contar estos impulsos adicionales.

Cuando se utilizan salidas de impulsos para ensayar medidores, se debe verificar la correspondencia entre el volumen indicado en el conteo de impulsos y el volumen visualizado en el dispositivo indicador.

7.4.2.2.5.3 Ensayos con lecturas tomadas en condiciones de flujo estable y desvío del flujo

Este método se conoce generalmente como el método de arranque-parada dinámico.

La medición se lleva a cabo cuando se han estabilizado las condiciones de flujo.

Un interruptor desvía el flujo hacia un recipiente calibrado al comienzo de la medición y al final lo desvía.

El medidor se lee mientras está en movimiento.

La lectura del medidor está sincronizada con el movimiento del interruptor de flujo.

El volumen recolectado en el recipiente es el volumen real que pasó.

La incertidumbre introducida en el volumen se puede considerar insignificante si los tiempos de movimiento del interruptor de flujo en cada dirección son idénticos dentro del 5%, y si este tiempo es inferior a 1/50 of del tiempo total del ensayo.

7.4.2.2.6 Dispositivo de referencia calibrado

7.4.2.2.6.1 Incertidumbre expandida del valor del volumen real medido

Cuando se lleva a cabo un ensayo, la incertidumbre expandida en la determinación del volumen real que pasa a través de un medidor de agua no debe exceder una quinta parte del error máximo permisible aplicable para la evaluación de modelo y una tercera parte del error máximo permisible aplicable para la verificación inicial.

Nota: La incertidumbre del volumen real medido no incluye una contribución del medidor de agua.

La incertidumbre estimada se debe determinar de acuerdo con el documento OIML G 1-100, con un factor de cobertura, k = 2.

7.4.2.2.6.2 Volumen mínimo del dispositivo de referencia calibrado

El volumen mínimo permitido depende de los requisitos determinados por los efectos del inicio y terminación del ensayo (error de temporización) y del diseño del dispositivo indicador (el valor del intervalo de la escala de verificación).

7.4.2.2.7 Principales factores que afectan la medición de errores (de indicación)

7.4.2.2.7.1 Generalidades

Las variaciones en la presión, caudal y temperatura del equipo de ensayo y las incertidumbres en la precisión de la medición de estas magnitudes físicas son los principales factores que afectan la medición de los errores (de indicación) de un medidor de agua.

7.4.2.2.7.2 Presión de suministro

La presión de suministro se debe mantener a un valor constante durante todo el ensayo, al caudal seleccionado.

Cuando se ensayan medidores de agua con designación $Q_3 \le 16 \text{ m}^3/\text{h}$ a caudales de ensayo $\le 0.1 Q_3$, se logra presión constante de entrada del medidor (o en la entrada del primer medidor de un grupo sometido a ensayo) si el equipo de ensayo es alimentado mediante un tubo desde un tanque de presión constante. De esta manera se asegura un flujo sin perturbaciones.

Se puede usar cualquier otro método de suministro que haya demostrado que no causa pulsaciones de presión que excedan las de un tanque de cabeza constante (por ejemplo, un tanque presurizado).

Para todos los otros ensayos, la presión aguas arriba del medidor no debe variar más del 10 %. La incertidumbre máxima (k = 2) en la medición de la presión debe ser el 5 % del valor medido.

La incertidumbre estimada se debe determinar de acuerdo con el documento OIML G 1-100, con un factor de cobertura k = 2.

La presión de entrada al medidor no debe exceder la presión máxima admisible para el medidor.

7.4.2.2.7.3 Caudal

El caudal se debe mantener a un valor constante durante todo el ensayo, al valor seleccionado.

La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir el inicio y la detención) no debe exceder:

 \pm 2,5 % de Q_1 a Q_2 (exclusive);

 \pm 5,0 % de Q_2 (inclusive) a Q_4 .

El valor del caudal es el volumen real que pasó durante el ensayo, dividido por el tiempo.

Esta condición de variación en el caudal es aceptable si la variación de presión relativa (en el flujo hacia el aire libre) o la variación relativa de la pérdida de presión (en circuitos cerrados) no excede:

```
\pm 5 % de Q_1 a Q_2 (exclusive);
```

 ± 10 % de Q_2 (inclusive) a Q_4 .

7.4.2.2.7.4 Temperatura

Durante un ensayo, la temperatura del agua no debe cambiar en más de 5 °C.

La incertidumbre máxima en la medición de temperatura no debe exceder 1 °C.

7.4.2.2.7.5 Orientación del(los) medidor(es) de agua)

- a) Si los medidores tienen la marca "H", instale la tubería de conexión con el eje del flujo en el plano horizontal (con el dispositivo indicador colocado en la parte superior), durante el ensayo.
- b) Si medidores tienen la marca "V", instale la tubería de conexión con el eje del flujo en el plano vertical durante el ensayo.
 - 1) al menos un medidor de la muestra debe estar montado con el eje de flujo vertical, con la dirección de flujo ascendente.
 - 2) al menos un medidor de la muestra debe estar montado con el eje de flujo vertical, con la dirección de flujo descendente.
- c) Si los medidores no están marcados ni con "H" ni "V":
 - 1) al menos un medidor de la muestra debe estar montado con el eje de flujo vertical, con la dirección de flujo ascendente.
 - 2) al menos un medidor de la muestra debe estar montado con el eje de flujo vertical, con la dirección de flujo descendente.
 - 3) al menos un medidor de ensayo debe ir montado con el eje de flujo en un ángulo intermedio con la vertical y la horizontal (seleccionado a discreción del organismo responsable de la aprobación de modelo);
 - 4) los medidores restantes de la muestra deben ir montados con el eje de flujo horizontal.
- d) Cuando los medidores tengan integrado en el cuerpo un dispositivo indicador, al menos uno de los medidores montados horizontalmente debe estar orientado con el dispositivo indicador colocado lateralmente y los medidores restantes orientados con el dispositivo indicador colocado en la parte superior.
- e) La tolerancia en la posición del eje de flujo para todos los medidores, ya sea horizontal, vertical o en un ángulo intermedio, debe ser de \pm 5°.

Cuando se someten a ensayo menos de cuatro medidores, se deben tomar medidores adicionales de la población de base o el mismo medidor se debe ensayar en diferentes posiciones.

7.4.3 Medidores combinados

7.4.3.1 Generalidades

Para un medidor combinado, el método de ensayo especificado en el numeral 7.4.2.2.5.3, en el cual las lecturas del medidor combinado se toman a un caudal establecido, asegura que el dispositivo de transición está funcionando correctamente tanto para caudales crecientes como decrecientes. No se debería usar para este ensayo el método especificado en el numeral 7.4.2.2.5.2, en el cual las lecturas del medidor se toman en reposo, ya que no permite la determinación del error (de indicación) después de regular el caudal de ensayo para caudales decrecientes en medidores combinados.

7.4.3.2 Método de ensayo para la determinación de los caudales de transición (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.3)

- a) Comenzando desde un caudal que es inferior al caudal de transición $Q_{\rm x2}$, se incrementa el caudal en pasos sucesivos del 5 % del valor supuesto de $Q_{\rm x2}$ hasta alcanzar el caudal $Q_{\rm x2}$, como se define en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 3.3.6. El valor de $Q_{\rm x2}$ se considera como el promedio de los valores del caudal de flujo indicado, inmediatamente antes e inmediatamente después de que ocurra la transición.
- b) Comenzando desde un caudal que es superior al caudal de transición Q_{x1} , se reduce el caudal en pasos sucesivos del 5 % del valor supuesto de Q_{x1} hasta alcanzar el caudal Q_{x1} , como se define en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 3.3.6. El valor de Q_{x1} se considera como el promedio de los valores del caudal indicado, inmediatamente antes e inmediatamente después de que ocurra la transición.
- c) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.2.

7.4.4 Procedimiento de ensayo

- a) Determine los errores intrínsecos (de indicación) de un medidor de agua (en la medición del volumen real) al menos para los siguientes caudales. El error en cada caudal se mide tres veces para 1), 2) y 5) y dos veces para los otros intervalos de caudal:
 - 1) Q_1 a 1,1 Q_1 ;
 - 2) Q_2 a 1,1 Q_2 ;
 - 3) $0.33 \times (Q_2 + Q_3)$ a $0.37 \times (Q_2 + Q_3)$;
 - 4) $0.67 \times (Q_2 + Q_3)$ a $0.74 \times (Q_2 + Q_3)$;
 - 5) $0,9 Q_3$ a Q_3 ;
 - 6) 0,95 Q_4 a Q_4 ;

y para medidores combinados:

- 7) 0,85 Q_{x1} a 0,95 Q_{x1} ;
- 8) 1,05 Q_{x2} a 1,15 Q_{x2} .

Nota: Siempre se requieren tres puntos para 1), 2) y 5), ya que a estos caudales es que se calcula la repetibilidad.

- b) Lleve a cabo el ensayo del medidor de agua sin los dispositivos complementarios colocados (si los hay).
- c) Durante el ensayo, mantenga todos los otros factores de influencia en las condiciones referencia.
- d) Mida los errores (de indicación) a otros caudales, si la forma de la curva de error indica que se puede exceder el EMP.
- e) Calcule el error (de indicación) relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.3.

En donde la curva de error inicial está cercana al error máximo permisible en un punto diferente de Q_1 , Q_2 ó Q_3 , si se demuestra que este error es típico del tipo de medidor, el organismo responsable de la aprobación de modelo puede definir un caudal adicional para verificación, que se incluya en el certificado de aprobación de modelo.

Se recomienda trazar la curva de error característica para cada medidor en términos de error contra caudal, de manera que se pueda evaluar el desempeño general del medidor de agua en su intervalo de caudal.

El medidor se debe ensayar a la(s) temperatura(s) de referencia presentada(s) en el numeral 4. Cuando haya dos temperaturas de referencia, los ensayos se deben llevar a cabo a ambas temperaturas. Se debe aplicar el EMP apropiado a la temperatura de ensayo.

7.4.5 Criterios de aceptación

- a) Los errores (de indicación) relativos observados para cada uno de los caudales no deben exceder los errores máximos permisibles de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.2 ó 4.2.3. Si el error observado en uno o más medidores es mayor que el error máximo permisible a un caudal únicamente, y si solo se han tomado dos resultados a ese caudal, se debe repetir el ensayo a ese caudal; el ensayo se debe declarar satisfactorio si dos de los tres resultados a ese caudal están dentro del error máximo permisible y la media aritmética de los resultados de los tres ensayos a dicho caudal está dentro del error máximo permisible.
- b) Si todos los errores (de indicación) relativos de un medidor de agua tienen el mismo signo, al menos uno de los errores no debe exceder la mitad del error máximo permisible. En todos los casos, este requisito se debe aplicar de manera equitativa tanto al proveedor de agua como al consumidor (ver también la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.3.3, parágrafos 3 y 8).
- c) La desviación estándar para 7.4.4 a) 1), 2) y 5) no debe exceder una tercera parte de los errores máximos permisibles indicados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.2 ó 4.2.3.
- 7.4.6 Ensayo de intercambio en todos los tipos de medidores de cartucho y medidores con módulos metrológicos intercambiables (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.7)

7.4.6.1 Objeto del ensayo

Confirmar que los medidores de cartucho o los medidores con módulos metrológicos intercambiables no son sensibles a la influencia de las interfaces de conexión en una producción en serie.

7.4.6.2 Preparación

De los medidores presentados para aprobación, se seleccionan dos medidores de cartucho o medidores metrológicos intercambiables y cinco interfaces de conexión.

Previo al ensayo, se debe verificar la concordancia correcta entre el medidor de cartucho y una interfaz de conexión, o de un módulo metrológico intercambiable y una interfaz de conexión, respectivamente. Además, se debe verificar la concordancia entre el rotulado exigido en un medidor de cartucho o en un módulo metrológico intercambiable y una interfaz de conexión. No se permiten adaptadores.

7.4.6.3 Procedimiento de ensayo

- a) Se deben ensayar dos medidores de cartucho o módulos metrológicos intercambiables, en cinco interfaces de conexión de cada tipo de interfaz compatible, para obtener 10 curvas de precisión para cada tipo de interfaz compatible. Los caudales de ensayo deben estar de acuerdo con las especificaciones del numeral 7.4.4.
- b) Durante el ensayo, mantenga todos los otros factores de influencia en las condiciones referencia.
- c) Calcule el error de indicación relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.4.

7.4.6.4 Criterios de aceptación

- a) Todas las curvas de precisión deben estar ubicadas en todo momento dentro del EMP.
- b) La variación del error en los cinco ensayos debe estar dentro de 0,5 el EMP si se usan interfaces de conexión estándar; dentro de 1,0 veces el EMP si se usan interfaces de conexión idénticas con dimensiones de conexión idénticas a las interfaces estándar, pero con diferentes formas del cuerpo y patrones de flujo (interfaces de conexión del medidor de la válvula y del medidor del grifo).

7.5 Ensayo de temperatura del agua (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.8)

7.5.1 Objeto del ensayo

Medir los efectos de la temperatura del agua sobre los errores (de indicación) de un medidor.

7.5.2 Preparación

Aplique los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.

7.5.3 Procedimiento de ensayo

- a) Mida el error (de indicación) de un medidor como mínimo a un caudal Q_2 , con una temperatura en la entrada mantenida a 10 °C ± 5 °C para clases de temperatura T30 a T180 y $30 \, ^{\circ} C_{0 \, ^{\circ} C}^{+5 \, ^{\circ} C}$ para clases de temperatura T30/70 a T30/180. Todos los otros factores de influencia se mantienen a las condiciones de referencia.
- b) Mida el error (de indicación) de un medidor como mínimo al caudal Q_2 , con la temperatura en la entrada mantenida a la temperatura máxima admisible (TMA) (Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla 1) del medidor, con una tolerancia de $^{0 \, \circ \, \circ}_{-5 \, \circ \, \circ}$ y todos los otros factores de influencia mantenidos a las condiciones de referencia.

- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada temperatura de agua en la entrada, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.5.

7.5.4 Criterios de aceptación

El error (de indicación) relativo del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

7.6 Ensayo de temperatura del agua de sobrecarga (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.5)

7.6.1 Objeto del ensayo

Verificar que el desempeño del medidor no se vea afectado por la exposición a una temperatura elevada de agua de sobrecarga, como se exige en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.5.

Este ensayo se aplica únicamente a medidores con una temperatura máxima admisible TMA ≥ 50 °C.

7.6.2 Preparación

Aplique los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.

Este ensayo se debe llevar a cabo como mínimo en un medidor.

7.6.3 Procedimiento de ensayo

- a) Exponga el medidor a un flujo de agua al caudal de referencia, a la temperatura máxima admisible +10 °C ± 2,5 °C durante un período de 1 h después de que la temperatura del medidor se haya estabilizado.
- b) Después de la recuperación, mida el error (de indicación) del medidor al caudal Q_2 , a la temperatura de referencia.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo de acuerdo con el Anexo B.
- d) Durante el ensayo, se deben mantener las condiciones de referencia para todas las otras magnitudes de influencia.
- e) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.5.

7.6.4 Criterios de aceptación

- La funcionalidad del medidor con relación a la totalización del volumen no se debe ver afectada.
- b) La funcionalidad adicional indicada por el fabricante no se debe ver afectada.
- c) El error (de indicación) del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

7.7 Ensayo de presión del agua (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.8)

7.7.1 Objeto del ensayo

Medir los efectos de la presión del agua interna sobre los errores (de indicación) de un medidor.

7.7.2 Preparación

Se deben aplicar los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.

7.7.3 Procedimiento de ensayo

- a) Mida el error (de indicación) de al menos un medidor a un caudal de Q_2 con la presión en la entrada primero a 0,03 MPa (0,3 bares) $\binom{+5\%}{0}$ y luego a la presión máxima admisible (PMA) $\binom{0}{-10\%}$.
- b) Durante cada ensayo, todos los otros factores de influencia se deben mantener a las condiciones de referencia.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada presión de agua en la entrada, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.5.6.

7.7.4 Criterios de aceptación

Los errores (de indicación) relativos del medidor no deben exceder el error máximo permisible aplicable.

7.8 Ensayo de flujo inverso (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.7)

7.8.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor cumple el requisito de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.7, cuando ocurre flujo inverso.

Un medidor diseñado para medir el flujo inverso debe registrar con exactitud el volumen del flujo.

Se debe someter a flujo inverso un medidor que permite flujo inverso, pero que no está diseñado para medirlo. Posteriormente, se deben medir los errores para flujo hacia adelante, para verificar que no haya degradación en el desempeño metrológico, causada por el flujo inverso.

Un medidor diseñado para impedir el flujo inverso (por ejemplo, mediante una válvula antirretorno integrada) se somete a la presión máxima admisible del medidor, aplicada a la conexión de salida. Los errores de la medición se miden posteriormente para flujo hacia adelante, para asegurar así que no haya degradación en el desempeño metrológico causada por la presión que se ejerce sobre el medidor.

7.8.2 Preparación

Se deben aplicar los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.

7.8.3 Procedimiento de ensayo

7.8.3.1 Medidores diseñados para medir el flujo inverso

- a) Mida el error (de indicación) de al menos un medidor, a cada uno de los siguientes intervalos de caudal inverso:
 - 1) Q_1 a 1,1 Q_1 ;
 - 2) Q_2 a 1,1 Q_2 ;
 - 3) $0.9 Q_3 a Q_3$.
- b) Durante cada ensayo, todos los otros factores de influencia se deben mantener a las condiciones de referencia.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.5.7.2.
- e) Además, se deben llevar a cabo los ensayos siguientes con aplicación de flujo inverso: ensayo de pérdida de presión (7.9), ensayo de perturbación de flujo (7.10) y ensayo de durabilidad (7.11).

7.8.3.2 Medidores no diseñados para medir flujo inverso

- a) Someta el medidor a un flujo inverso de $0.9 Q_3$ durante 1 min.
- b) Mida el error (de indicación) de por lo menos un medidor, a los siguientes intervalos de caudal hacia adelante:
 - 1) Q_1 a 1,1 Q_1 ;
 - 2) Q_2 a 1,1 Q_2 ;
 - 3) $0.9 Q_3 a Q_3$.
- c) Durante cada ensayo, todos los otros factores de influencia se deben mantener a las condiciones de referencia.
- d) Calcule el error (de indicación) relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- e) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.5.7.3.

7.8.3.3 Medidores que impiden el flujo inverso

- a) Los medidores que impiden el flujo inverso se deberían someter a la presión máxima admisible en dirección de flujo inverso, durante 1 min.
- b) Verifique que no hay fuga significativa más allá de la válvula.
- c) Mida el error (de indicación) de por lo menos un medidor, a los siguientes intervalos de caudal hacia adelante:

- 1) Q_1 a 1,1 Q_1 ;
- 2) Q_2 a 1,1 Q_2 ;
- 3) $0.9 Q_3 a Q_3$.
- d) Durante cada ensayo, se deben mantener todos los otros factores de influencia a las condiciones de referencia.
- e) Calcule el error (de indicación) relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.5.7.4.

7.8.4 Criterios de aceptación

En los ensayos especificados en los numerales 7.8.3.1, 7.8.3.2 y 7.8.3.3, el error (de indicación) relativo del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable.

7.9 Ensayo de pérdida de presión (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.5)

7.9.1 Objeto del ensayo

Determinar la pérdida de presión máxima a través de un medidor de agua a cualquier caudal entre Q_1 y Q_3 . Verificar que la pérdida de presión máxima sea inferior al valor máximo aceptable para la clase de pérdida de presión del medidor (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla 4). La pérdida de presión se define como la presión que pierde el líquido que pasa a través del medidor de agua que se ensaya. El medidor de agua consta del medidor propiamente dicho, los múltiples asociados (para medidores concéntricos) y las conexiones, exceptuando la tubería que conforma la sección de ensayo. Este ensayo se exige para flujo hacia adelante y, cuando sea apropiado, para flujo inverso (ver el numeral 7.8.3.1).

7.9.2 Equipo para el ensayo de pérdida de presión

El equipo necesario para llevar a cabo los ensayos de pérdida de presión consiste en una sección de tubería para medición que contiene el medidor de agua que se ensaya, y los dispositivos necesarios para producir el caudal constante especificado a través del medidor. Para los ensayos de pérdida de presión generalmente se usan los mismos dispositivos para caudal constante, que los empleados para medir los errores (de indicación), especificados en el numeral 7.4.2.

La sección de medición está compuesta por las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo con sus conexiones terminales y tomas de presión, más el medidor de agua que se ensaya.

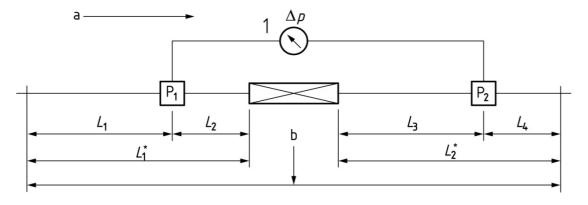
Se deben colocar tomas de presión de diseño y dimensiones similares, en los tubos de entrada y salida de la sección de medición. Las tomas de presión se deberían perforar en ángulo recto con la pared del tubo, en el punto apropiado. Las tomas no deberían medir más de 4 mm ni menos de 2 mm de diámetro. Si el diámetro del tubo es inferior o igual a 25 mm, las tomas deberían tener un diámetro lo más cerca posible de 2 mm. El diámetro interior debe permanecer constante una distancia de mínimo 2 diámetros de la toma antes de entrar en el tubo. Los orificios perforados a través de la pared del tubo deben estar libres de rebabas en los bordes en donde penetran en los orificios de los tubos de entrada y salida. Los bordes deben ser bien definidos, sin radio ni bisel.

Se puede colocar una sola toma de presión, que debería ser adecuada para la mayoría de ensayos. Para obtener datos más sólidos, se pueden colocar cuatro o más tomas de presión alrededor de la circunferencia del tubo en cada plano de medición. Estas tomas estarían interconectadas por medio de conectores en forma de T, con el fin de obtener una presión estática media verdadera en la sección transversal del tubo. En la norma ISO 5167-1:2003 [11], Figura 1, se presenta el diseño de un montaje con triple T.

En el Anexo H se brinda orientación sobre el diseño de tomas de presión.

El medidor se debe instalar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y los tubos de conexión aguas arriba y aguas abajo en contacto con el medidor de agua deben tener el mismo diámetro interno nominal que concuerde con la conexión del medidor pertinente. Una diferencia en el diámetro de los tubos de conexión y en el del medidor puede dar como resultado una medición incorrecta.

Los tubos aguas arriba y aguas abajo deberían tener el diámetro interior liso y redondo para minimizar la pérdida de presión en el tubo. Las dimensiones mínimas para instalar las tomas se ilustran en la Figura 1. La toma aguas arriba debería estar ubicada a una distancia de al menos 10 D, en donde D es el diámetro interno del tubo, aguas abajo de la entrada para evitar que se presenten errores por la conexión de entrada, y ubicada al menos 5 D aguas arriba del medidor, para evitar cualquier error introducido por la entrada al medidor. La toma aguas abajo debería estar al menos a 10 D aguas abajo del medidor, para permitir que se recupere la presión después de cualquier obstáculo dentro del medidor y al menos a 5 D aguas arriba del extremo de la sección de ensayo, para evitar cualquier efecto de los accesorios aguas abajo.



Convenciones

1	manómetro diferencial	<i>L</i> ₁ ≥ 10 <i>D</i>
2	medidor de agua (más el múltiple, para medidores concéntricos)	L ₂ ≥ 5 D
P_1, P_2	planos de las tomas de presión	L ₃ ≥ 10 D
а	dirección del flujo	L4 ≥ 5 D
b	sección de medición	En donde D es el diámetro interno de la
		tubería

Figura 1. Ensayo de pérdida de presión: disposición de la sección de medición

Estas especificaciones establecen las longitudes mínimas, pero son aceptables longitudes mayores. Cada grupo de tomas de presión en el mismo plano debe estar conectado mediante un tubo libre de fugas a un lado de un dispositivo de medición de presión diferencial, por ejemplo, un transmisor de presión diferencial o un manómetro. Debe ser posible despejar el aire del dispositivo de medición y de los tubos de conexión. La pérdida máxima de presión se debe medir con una incertidumbre expandida máxima del 5 % de la pérdida máxima de presión aceptable para la clase de pérdida de presión del medidor, con un factor de cobertura de k=2.

7.9.3 Procedimiento de ensayo

7.9.3.1 Determinación de la pérdida de presión instalada

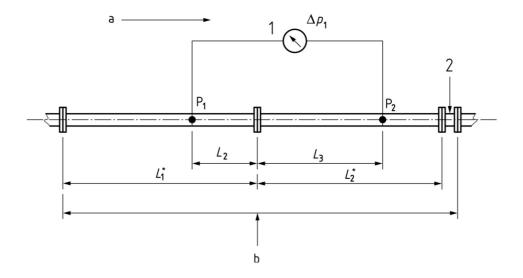
El medidor se debería instalar en la sección de medición de la instalación de ensayo. Se inicia el flujo y se purga todo el aire de la sección de ensayo. Es conveniente asegurar una contrapresión adecuada en la toma de presión aguas abajo, al caudal máximo Q_3 . Como mínimo, se recomienda una presión estática de 100 kPa (1 bar) aguas abajo del medidor que se ensaya, para evitar cavitación o liberación de aire. Se debería extraer todo el aire de las tomas de presión y de los tubos de conexión del transmisor. Es conveniente dejar que el líquido se estabilice a la temperatura requerida. Mientras se monitorea la presión diferencial, el flujo debería variar entre Q_1 y Q_3 . Se debería anotar el caudal que presente la mayor pérdida de presión, Q_t , junto con la pérdida de presión medida y la temperatura del fluido. Normalmente, Q_t será igual a Q_3 . Para los medidores combinados, la pérdida máxima de presión ocurre con frecuencia justo antes de Q_{x2} .

7.9.3.2 Determinación de la pérdida de presión atribuible a la sección de ensayo

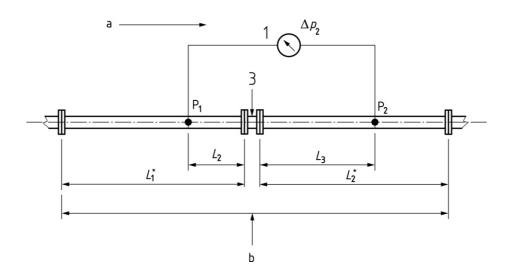
Puesto que se pierde alguna presión debido a la fricción en el tubo de la sección de ensayo entre las tomas de presión, esta se debería determinar y restar de la pérdida de presión medida a través del medidor. Si se conocen el diámetro del tubo, la rugosidad y la longitud entre las tomas, la pérdida de presión se puede calcular de las fórmulas de pérdida de presión estándar. Sin embargo, puede ser más efectivo medir la pérdida de presión a través de los tubos. La sección de ensayo se puede reorganizar como se indica en la Figura 2, uniendo las superficies del tubo aguas arriba y aguas abajo en ausencia del medidor (evitando con cuidado la protuberancia de la unión en el diámetro interno del tubo o la desalineación de las dos superficies) y midiendo la pérdida de presión de la sección de medición del tubo para el caudal especificado.

Nota: La ausencia del medidor del agua reducirá la sección de medición. Si no se colocan secciones telescópicas en el equipo de ensayo, la brecha se puede llenar insertando un tubo temporal de la misma longitud que el medidor de agua, o el propio medidor de agua, aguas abajo de la sección de medición.

Mida la pérdida de presión para las longitudes de tubo al caudal $Q_{\rm t}$ determinado previamente.



a) Pérdida de presión de la tubería



b) Pérdida de presión (de la tubería y del medidor de agua)

Convenciones

- 1 manómetro diferencial
- 2 medidor de agua en posición aguas abajo (o tubo temporal)
- $\varDelta p_{\scriptscriptstyle 1}$ pérdida de presión de las longitudes de tubo aguas arriba y aguas abajo

 Δp_2 pérdida de presión de las longitudes aguas arriba y aguas abajo y del medidor de agua

$$\Delta p_2$$
 - $\Delta p_1 = (\Delta p_{L2} + \Delta p_{L3} + \Delta p_{\text{medidor}}) - (\Delta p_{L2} + \Delta p_{L3}) = \Delta p_{\text{medidor}}$

^a dirección del flujo

- medidor de agua
- P₁, P₂ planos de las tomas de presión

$$\Delta p_1 = (\Delta p_{L2} + \Delta p_{L3})$$

$$\Delta p_2 = (\Delta p_{L2} + \Delta p_{L3} + \Delta p_{medidor})$$

b sección de medición

Figura 2. Ensayo de pérdida de presión

7.9.4 Cálculo de la Δp real de un medidor de agua

Calcule la pérdida de presión, Δp_t , del medidor de agua a Q_t mediante la resta

$$\Delta p_{\rm t} = \Delta p_{\rm m+p} - \Delta p_{\rm p}$$

en donde:

 $\Delta p_{\mathrm{m+p}}$ es la pérdida de presión medida a Q_{t} con el medidor en su lugar;

 $\Delta p_{
m p}$ es la pérdida de presión medida sin el medidor a $Q_{
m t}$.

Si el caudal medido durante el ensayo o durante la determinación de la pérdida de presión del tubo no es igual al caudal de ensayo seleccionado, la pérdida de presión medida se puede corregir a la esperada en $Q_{\rm t}$ por referencia a la fórmula de la ley de cuadrados, como se indica a continuación:

$$\Delta P_{Q_t} = \frac{Q_t^2}{Q_{\text{med}}^2} \Delta P_{Q_{\text{med}}}$$

En donde:

 $\Delta p_{Q_{\star}}$ es la pérdida de presión calculada a $Q_{\rm t}$;

 $\varDelta p_{Q_{
m med}}$ es la pérdida de presión medida a un caudal $Q_{
m med}$

Si la pérdida de presión se mide a través de un medidor combinado, esta fórmula se aplica solamente si la condición del dispositivo de transición es la misma a un caudal de Q_t que si estuviera al caudal medido. Observe que la pérdida de presión del tubo y la pérdida de presión del tubo y el medidor se deben corregir al mismo caudal antes de calcular la pérdida de presión del medidor Δp_t .

Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.8. Registre la temperatura del agua, $\Delta p_{\rm t}$, y $Q_{\rm t}$.

7.9.5 Criterios de aceptabilidad

La pérdida de presión del medidor no debe exceder el valor máximo aceptable para la clase de pérdida de presión a cualquier caudal entre Q_1 y Q_3 inclusive.

7.10 Ensayos de perturbación del flujo (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.3.4)

7.10.1 Objeto de los ensayos

Verificar que el medidor cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.3.4 para flujo hacia adelante y, en donde sea apropiado, para flujo inverso (ver el numeral 7.8.3.1).

Nota 1: Se miden los efectos que tiene sobre el error (de indicación) de un medidor de agua la presencia de tipos comunes especificados de flujo perturbado aguas arriba y aguas abajo del medidor.

Nota 2: En los ensayos se usan perturbadores de flujo Tipos 1 y 2 para crear campos de velocidad rotacional (remolinos) de giro a la izquierda (sinistrorsa) y a la derecha (dextrorsa), respectivamente. La perturbación del flujo es de un tipo que se encuentra usualmente aguas abajo de dos codos de 90° conectados directamente en ángulo recto. Un dispositivo de perturbación Tipo 3 crea un perfil de velocidad asimétrico que se encuentra por lo general aguas abajo de una unión de tubo que sobresale, un codo sencillo o una válvula de compuerta no abierta completamente.

7.10.2 Preparación

Además de los requisitos operacionales especificados en el numeral 7.4.2, se deben aplicar las condiciones especificadas en el numeral 7.10.3.

7.10.3 Procedimiento de ensayo

- a) Determine el error (de indicación) del medidor a un caudal entre $0.9\ Q_3$ y Q_3 , usando los perturbadores de flujo de los tipos 1, 2 y 3 especificados en el Anexo I, para cada una de las condiciones de instalación presentadas en el Anexo C.
- b) Durante cada ensayo, todos los otros factores de influencia se deben mantener a las condiciones de referencia.
- c) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.9.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) En medidores para los que el fabricante ha especificado longitudes de instalación especificadas de tubo recto de al menos 15 veces el DN aguas arriba y 5 veces el DN aguas abajo del medidor, en donde DN es el diámetro nominal, no se permiten rectificadores de flujo externos.
- ii) Cuando el fabricante especifica una longitud de tubo recto de mínimo 5 veces el DN aguas abajo del medidor, solo se deben llevar a cabo los ensayos 1, 3 y 5 del Anexo C.
- iii) Cuando se usan instalaciones de medidor con rectificadores de flujo externos, el fabricante debe especificar el modelo del rectificador, sus características técnicas y su posición en la instalación con relación al medidor de agua.
- iv) En el contexto de estos ensayos, los dispositivos dentro del medidor de agua que tienen funciones de rectificación no se deben considerar "rectificadores".
- v) El organismo responsable de la aprobación de modelo puede eximir de este ensayo a algunos tipos de medidores de agua que se ha comprobado que no se afectan por las perturbaciones de flujo aguas arriba y aguas abajo del medidor.
- vi) Las longitudes rectas aguas arriba y aguas abajo del medidor dependen de la clase de sensibilidad del perfil de flujo del medidor y deben estar de acuerdo con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tablas 2 y 3, respectivamente.

7.10.4 Criterios de aceptación

El error (de indicación) relativo del medidor no debe exceder el error máximo permisible aplicable para ninguno de los ensayos de perturbación del flujo.

7.11 Ensayos de durabilidad (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.6)

7.11.1 Generalidades

Durante los ensayos de durabilidad se deben cumplir las condiciones de operación nominales del medidor. Cuando un medidor combinado consta de medidores individuales aprobados previamente, solo se exige el ensayo de medidores combinados discontinuos (ensayo adicional) (Tabla 1). Este ensayo se exige para flujo hacia adelante y, cuando sea apropiado, para flujo inverso (ver el numeral 7.8.3.1).

La(s) orientación(es) de los medidores que se ensayan se debe(n) ajustar con referencia a la(s) orientación(s) de los medidores declarada(s) por el fabricante.

Los mismos medidores se deben someter a los ensayos discontinuos y continuos.

7.11.2 Ensayo de flujo discontinuo

7.11.2.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua sea durable cuando se somete a condiciones de flujo cíclicas.

Este ensayo se aplica solamente a medidores con $Q_3 \le 16 \text{ m}^3/\text{h}$ y a medidores combinados.

El ensayo consiste en someter el medidor al número especificado de ciclos de caudal de inicio y detención de corta duración, con la fase de caudal de ensayo constante de cada ciclo mantenida al caudal prescrito durante todo el ensayo (ver el numeral 7.11.2.3.2). Para conveniencia de los laboratorios, el ensayo se puede dividir en períodos de al menos 6 h.

7.11.2.2 Preparación

7.11.2.2.1 Descripción de la instalación

La instalación consta de:

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

7.11.2.2.2 Tubería

Los medidores se pueden organizar en serie o en paralelo, o los dos sistemas se pueden combinar.

Además del(los) medidor(es), el sistema de tubería consta de:

- a) un dispositivo de regulación de flujo (por línea de medidores en serie, si es necesario);
- b) una o más válvulas de aislamiento;
- c) un dispositivo para medir la temperatura del agua aguas arriba de los medidores;
- d) dispositivos para verificar el caudal, la duración de los ciclos y el número de ciclos;
- e) un dispositivo de interrupción de flujo para cada línea de medidores en serie;
- f) dispositivos para medir la presión de entrada y de salida.

Ninguno de estos dispositivos debe causar fenómenos de cavitación ni otros tipos de desgaste parasítico del(los) medidor(es).

7.11.2.2.3 Precauciones

Se debe purgar adecuadamente el aire de los medidores y de los tubos de conexión.

La variación del flujo durante las operaciones repetidas de apertura y de cierre debe ser progresiva para evitar el golpe de ariete.

7.11.2.2.4 Ciclo del caudal

Un ciclo completo consta de las cuatro fases siguientes:

- a) un período desde cero hasta el caudal de ensayo;
- b) un período al caudal de ensayo constante;
- c) un período desde el caudal de ensayo hasta cero;
- d) un período al caudal cero;

7.11.2.3 Procedimiento de ensayo

7.11.2.3.1 Generalidades

- a) Antes de iniciar el ensayo discontinuo de durabilidad, mida los errores (de indicación) del(los) medidor(es) como se especifica en el numeral 7.4 y a los mismos caudales que en el numeral 7.4.4.
- b) Instale los medidores en el equipo de ensayo, ya sea en forma individual o por grupos, con las mismas orientaciones que las usadas para la determinación de los errores intrínsecos (de indicación) (7.4.2.2.7.5).
- c) Durante los ensayos, mantenga los medidores dentro de sus condiciones de operación nominales y con la presión aguas abajo de los medidores lo suficientemente alta para evitar cavitación en los medidores.
- d) Ajuste el caudal dentro de las tolerancias especificadas.
- e) Opere el(los) medidor(es) a las condiciones presentadas en la Tabla 1.
- f) Luego del ensayo discontinuo de durabilidad, mida los errores (de indicación) finales de los medidores como se especifica en el numeral 7.4 y a los mismos caudales que en el numeral 7.4.4.
- g) Calcule el error (de indicación) relativo final para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- h) Para cada caudal, reste el valor del error intrínseco (de indicación) obtenido en el paso 1, del error (de indicación) obtenido en el paso 7.
- i) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.10.1 para medidores con $Q_3 \le 16$ m³/h, y el numeral 4.5.10.3 para medidores combinados.

7.11.2.3.2 Tolerancia para caudal

La variación relativa de los valores del flujo no debe exceder ±10 % por fuera de los períodos de apertura, cierre y detención. Los medidores usados en el ensayo se pueden usar para verificar el caudal.

7.11.2.3.3 Tolerancia para la duración del ensayo

La tolerancia para la duración especificada de cada fase del ciclo de flujo no debe exceder ±10 %.

La tolerancia para la duración total del ensayo no debe exceder ±5 %.

7.11.2.3.4 Tolerancia para el número de ciclos

El número de ciclos no debe ser inferior al estipulado, pero no debe exceder este valor en más del 1 %.

7.11.2.3.5 Tolerancia para el volumen descargado

El volumen descargado durante el ensayo debe ser igual a la mitad del producto del caudal de ensayo especificado y de la duración teórica total del ensayo (períodos de operación más períodos transitorios y de detención) con una tolerancia de ±5 %.

Esta precisión se puede obtener haciendo correcciones de los flujos instantáneos y de los períodos de operación, con suficiente frecuencia.

7.11.2.3.6 Lecturas de ensayo

Durante el ensayo, se deben registrar las siguientes lecturas del equipo de ensayo al menos una vez cada 24 h, o una vez por cada período más corto, si el ensayo está dividido así:

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

Tabla 1. Ensayos de durabilidad

Clase de temperatura	Caudal permanente Q_3 ${ m m}^3$ /h	Caudal de ensayo	Temperatura del agua de ensayo t _{ensayo} °C ± 5 °C	Tipo de ensayo	Número de interrupciones	Tiempo de las pausas	Tiempo de ensayo al caudal de ensayo	Duración de puesta en marcha y de agotamiento
	≤ 16	Q_3	20	Discontinuo	100 000	15 s	15 s	$0,15 \left[Q_3\right]^a$ s con un mínimo de 1 s
T30 y T50		Q_4	20	Continuo	-	-	100 h	-
	> 16	Q_3	20	Continuo	-	-	800 h	-
		Q_4	20	Continuo	-	•	200 h	•
		Q_3	50	Discontinuo	100 000	15 s	15 s	$0,15 \left[Q_3\right]^a$ s con un mínimo de 1 s
Todas las otras clases de temperatura	≤ 16	Q_4	0,9 veces TMA	Continuo			100 h	
ao tomporatara		Q_3	50	Continuo			800 h	
	> 16	Q_4	0,9 veces TMA	Continuo			200 h	
Medidores combinados (ensayo adicional) ^b	> 16	Q> 2Q _{x2}	20	Discontinuo	50 000	15 s	15 s	3 s a 6 s
Medidores combinados (en donde el medidor pequeño no ha sido aprobado previamente)	> 16	$0,9$ Q_{xI}	20	Continuo			200 h	

 ^a [Q₃] Es el número igual al valor de Q₃ expresado en m³/h.
 ^b Cuando un medidor combinado consta de medidores que ya han sido aprobados previamente, solo se exige el ensayo discontinuo para medidores combinados (ensayo adicional). La temperatura especificada para los ensayos de medidores combinados supone que el medidor es de clase T30 ó T50. Si fuera de otras clases, la temperatura de referencia sería 50 °C.

7.11.2.4 Criterios de aceptación después del ensayo discontinuo de durabilidad

7.11.2.4.1 Para medidores de agua con clase de precisión 1

- a) La variación en la curva de error no debe exceder el 2 % para caudales en la zona inferior $(Q_1 \le Q < Q_2)$, y el 1 % para caudales en la zona superior $(Q_2 \le Q \le Q_4)$. Para determinar estos requisitos, se deben aplicar los valores medios de los errores (de indicación) a cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
 - \pm 4 % para caudales en la zona inferior ($Q_1 \le Q < Q_2$); y
 - \pm 1,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores T30; o
 - \pm 2,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores diferentes del T30.

7.11.2.4.2 Para medidores de agua con clase de precisión 2

- a) La variación en la curva de error no debe exceder el 3 % para caudales en la zona inferior $(Q_1 \le Q < Q_2)$, o el 1,5 % para caudales en la zona superior $(Q_2 \le Q \le Q_4)$. Para determinar estos requisitos, se deben aplicar los valores medios de los errores (de indicación) a cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
 - \pm 6 % para caudales en la zona inferior ($Q_1 \le Q < Q_2$); y
 - \pm 2,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores T30; o
 - \pm 3,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores diferentes del T30.

7.11.3 Ensayo de flujo continuo

7.11.3.1 Objeto del ensayo

Verificar la durabilidad de un medidor de agua cuando se somete a condiciones de flujo continuo, permanente y de sobrecarga.

El ensayo consiste en someter el medidor a un caudal constante de Q_3 o Q_4 durante un tiempo especificado. Además, cuando el medidor pequeño de un medidor combinado no ha sido aprobado previamente, el medidor combinado se debe someter a un ensayo de flujo continuo, como se ilustra en la Tabla 1. Para conveniencia de los laboratorios, el ensayo se puede dividir en períodos de al menos 6 h.

7.11.3.2 Preparación

7.11.3.2.1 Descripción de la instalación

La instalación consta de:

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

7.11.3.2.2 Tubería

Además de los medidores que se van a ensayar, la tubería consta de:

- a) un dispositivo de regulación de flujo;
- b) una o más válvulas de aislamiento;
- c) un dispositivo para medir la temperatura del aqua en la entrada del medidor;
- d) un dispositivo para verificar el caudal y la duración del ensayo;
- e) dispositivos para medir la presión de entrada y de salida.

Ninguno de estos dispositivos debe causar fenómenos de cavitación ni otros tipos de desgaste parasítico de los medidores.

7.11.3.2.3 Precauciones

Se debe purgar adecuadamente el aire del medidor y de los tubos de conexión.

7.11.3.3 Procedimiento de ensayo

7.11.3.3.1 Generalidades

- a) Antes de iniciar el ensayo continuo de durabilidad, mida los errores (de indicación) de los medidores como se especifica en el numeral 7.4 y a los mismos caudales que se especifican en el numeral 7.4.4.
- b) Instale los medidores en el equipo de ensayo, ya sea en forma individual o por grupos, en las mismas orientaciones que las usadas para la determinación del error (de indicación) intrínseco (numeral 7.4.2.2.7.5).
- c) Accione los medidores a las condiciones presentadas en la Tabla 1.
- d) Durante los ensayos de durabilidad, los medidores se deben mantener a sus condiciones de operación nominales y la presión de salida de cada medidor debe ser lo suficientemente alta para evitar cavitación.
- e) Después de los ensayos continuos de durabilidad, mida los errores (de indicación) de los medidores como se especifica en 7.4 y a los mismos caudales.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- g) Para cada caudal, reste el error (de indicación) obtenido en el paso a) del numeral 7.11.2.3.1, del error (de indicación) obtenido en el paso f).
- h) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.5.10.2.

7.11.3.3.2 Tolerancia para caudal

El caudal se debe mantener constante durante todo el ensayo, a un valor predeterminado.

La variación relativa de los valores del caudal durante cada ensayo no deben exceder ± 10 % (excepto al inicio y en la detención).

7.11.3.3.3 Tolerancia para duración del ensayo

La duración especificada del ensayo es un valor mínimo.

7.11.3.3.4 Tolerancia para el volumen descargado

El volumen indicado al finalizar el ensayo no debe ser inferior al determinado del producto del caudal de ensayo especificado y la duración especificada del ensayo.

Para satisfacer esta condición, se deben hacer correcciones del caudal, con suficiente frecuencia. Los medidores de agua usados en el ensayo se pueden usar para verificar el caudal.

7.11.3.3.5 Lecturas del ensayo

Durante el ensayo, se deben registrar las siguientes lecturas del equipo de ensayo una vez cada 24 h, o una vez por cada período más corto, si el ensayo está dividido así:

- a) presión del agua, aguas arriba de los medidores bajo ensayo;
- b) presión del agua, aguas abajo de los medidores bajo ensayo;
- c) temperatura del agua, aguas arriba de los medidores bajo ensayo;
- d) caudal a través de los medidores bajo ensayo;
- e) el volumen indicado de los medidores bajo ensayo;

7.11.3.4 Criterios de aceptación después del ensayo de durabilidad continua

7.11.3.4.1 Para medidores de agua con clase de precisión 1

- a) La variación en la curva de error no debe exceder el 2 % para caudales en la zona inferior $(Q_1 \le Q < Q_2)$, y el 1 % para caudales en la zona superior $(Q_2 \le Q \le Q_4)$. Para determinar estos requisitos, se deben aplicar los valores medios de los errores (de indicación) a cada caudal.
- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
 - \pm 4 % para caudales en la zona inferior ($Q_1 \le Q < Q_2$); y
 - \pm 1,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores T30; o
 - \pm 2,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores diferentes del T30.

7.11.3.4.2 Para medidores de agua con clase de precisión 2

a) La variación en la curva de error no debe exceder el 3 % para caudales en la zona inferior ($Q_1 \le Q < Q_2$), y el 1,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$). Para determinar estos requisitos, se deben aplicar los valores medios de los errores (de indicación) a cada caudal.

- b) Las curvas no deben exceder un límite de error máximo de:
 - \pm 6 % para caudales en la zona inferior ($Q_1 \le Q < Q_2$); y
 - \pm 2,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores T30; o
 - \pm 3,5 % para caudales en la zona superior ($Q_2 \le Q \le Q_4$) para medidores diferentes del T30.

7.12 Ensayo de campos magnéticos

Todos los medidores de agua en los que los componentes mecánicos pueden estar influenciados por un campo magnético estático (por ejemplo, están equipados con un acoplamiento magnético en el mecanismo de lectura, o con una salida de impulsos accionados por un imán) y todos los medidores con componentes electrónicos se deben ensayar para demostrar que están en capacidad de soportar la influencia de un campo magnético estático.

Este ensayo se debe llevar a cabo de acuerdo con las disposiciones del numeral 8.16.

7.13 Ensayos de los dispositivos auxiliares de un medidor de agua

7.13.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumpla los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.3.6.

Se requieren dos tipos de ensayos:

- a) Cuando los dispositivos auxiliares se pueden conectar temporalmente al medidor, por ejemplo, para ensayo o para transmisión de datos, el error de indicación del medidor se debe medir con los dispositivos auxiliares instalados, para asegurar que los errores de indicación no exceden los EMP.
- b) Para dispositivos auxiliares conectados de manera permanente y temporal, se deben verificar las indicaciones de volumen de estos dispositivos para asegurar que las lecturas no sean diferentes de las de la indicación primaria.

7.13.2 Preparación

- a) Aplique los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.
- b) Los dispositivos auxiliares temporales los debe instalar el fabricante, o se deben instalar de acuerdo con las instrucciones de este.
- c) Cuando la salida de un dispositivo auxiliar es una señal eléctrica compuesta de una corriente de impulsos en la cual un impulso individual corresponde a un volumen finito, los impulsos se pueden sumar en un totalizador electrónico que, cuando se encuentra conectado, no tiene influencia significativa sobre la señal eléctrica.

7.13.3 Procedimiento de ensayo

- a) Determine el error de indicación del medidor con el dispositivo auxiliar temporal conectado, de acuerdo con el numeral 7.4.4.
- b) Compare las lecturas del dispositivo auxiliar conectado de manera permanente o temporal, con las del dispositivo indicador primario.
- c) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.12.

7.13.4 Criterios de aceptación

- a) El error (de indicación) del medidor con el dispositivo auxiliar temporal conectado no debe exceder el error máximo permisible aplicable.
- b) Para los dispositivos auxiliares conectados de manera permanente y temporal, las indicaciones de volumen de los dispositivos auxiliares no deben ser diferentes de los que se visualizan en la pantalla, en un valor superior al del intervalo de la escala de verificación.

7.14 Ensayos ambientales

Dependiendo de la tecnología del medidor y de su construcción, hay niveles de ensayo apropiados para cumplir las condiciones ambientales. Se deben aplicar los ensayos pertinentes especificados en el numeral 8 y en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo A, según el caso. En el numeral 8.1.8 se especifica que estos ensayos no se aplican a medidores de construcción estrictamente mecánica.

8 Ensayos de desempeño relacionados con factores de influencia y perturbaciones

8.1 Requisitos generales (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.1)

8.1.1 Introducción

En este numeral se definen los ensayos de desempeño previstos para verificar que los medidores de agua tengan el desempeño y funcionamiento previstos en un ambiente especificado y bajo condiciones especificadas. Cada ensayo indica, según el caso, las condiciones de referencia para determinar el error intrínseco.

Estos ensayos de desempeño son adicionales a los ensayos especificados en el numeral 7 y se aplican a los medidores completos, a partes separables de estos y si se requiere, a dispositivos auxiliares. Los ensayos se requieren dependiendo de la clase ambiental o electromagnética del medidor, como se especifica en los numerales 8.1.2 y 8.1.3, y del tipo de construcción o diseño del medidor, como se especifica en el numeral 8.1.8.

Cuando se evalúa el efecto de una magnitud de influencia, todas las otras magnitudes de influencia se deben mantener a las condiciones de referencia (ver el numeral 4).

Los ensayos de evaluación de modelo especificados en este numeral se pueden llevar a cabo simultáneamente a los ensayos especificados en el numeral 7, usando ejemplos del mismo modelo de medidor de agua o sus partes separables.

8.1.2 Clasificación ambiental

Para cada ensayo de desempeño se indican las condiciones de ensayo típicas, que corresponden a las condiciones mecánicas y ambientales climáticas a las que están expuestos los medidores de agua: ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.2.

8.1.3 Clasificación electromagnética

Los medidores de agua con dispositivos electrónicos se dividen en dos clases ambientales electromagnéticas: E1 para instrumentos que operan en áreas protegidas y E2 para instrumentos que operan en áreas sin protección especial. Ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.3.

8.1.4 Condiciones de referencia (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.1)

Las condiciones de referencia se presentan en el numeral 4.

Estas condiciones de referencia se deberían aplicar solamente si la norma nacional o regional pertinente no especifica condiciones de referencia diseñadas para cumplir condiciones específicas. Si se especifican en una de estas normas, se deberían aplicar los criterios establecidos en ellas.

8.1.5 Volúmenes de ensayo para medir el error (de indicación) de un medidor de agua

Algunas magnitudes de influencia deberían tener un efecto constante sobre el error de indicación de un medidor de agua y no un efecto proporcional relacionado con el volumen medido.

En otros ensayos, el efecto de la magnitud de influencia aplicada al medidor de agua está relacionado con el volumen medido. En estos casos, para poder comparar los resultados obtenidos en diferentes laboratorios, el volumen de ensayo para medir el error de indicación del medidor debe corresponder al volumen suministrado en 1 min al caudal de sobrecarga O_4 .

Sin embargo, algunos ensayos pueden requerir más de 1 min, en cuyo caso se deben llevar a cabo en el menor tiempo posible, tomando en cuenta la incertidumbre de la medición.

8.1.6 Influencia de la temperatura del agua (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

Los ensayos de calor seco, frío y calor húmedo tratan sobre la medición de los efectos de la temperatura del aire del ambiente sobre el desempeño del medidor. Sin embargo, la presencia del transductor de medición lleno de agua, también puede tener influencia en la disipación del calor en los componentes eléctricos.

Existen dos opciones de ensayo.

- a) El medidor tiene agua que pasa a través de él al caudal de referencia, y el error (de indicación) del medidor se mide con las partes electrónicas y el transductor de medición a las condiciones de referencia.
- b) Se usa una simulación del transductor de medición para ensayar todos los componentes electrónicos. Estos ensayos simulados deben replicar los efectos causados por la presencia de agua en los dispositivos electrónicos que normalmente están conectados al sensor de flujo, y se deben aplicar las condiciones de referencia durante los ensayos.

Es preferible la opción a)

8.1.7 Requisitos para ensayos ambientales

Los siguientes requisitos están asociados a los ensayos ambientales. Las normas IEC pertinentes que se van a aplicar se encuentran en los numerales apropiados de la presente parte de la Recomendación OIML R 49:

- a) preacondicionamiento del equipo bajo ensayo (EBE);
- b) cualquier desviación en el procedimiento de la norma IEC pertinente;
- c) las mediciones iniciales;
- d) estado del EBE durante el acondicionamiento;

- e) los niveles de severidad, los valores del factor de influencia y la duración de la exposición;
- f) las mediciones requeridas y/o la aplicación de carga durante el acondicionamiento;
- g) la recuperación del EBE;
- h) las mediciones finales;
- i) los criterios de aceptación para que el EBE apruebe un ensayo.

Cuando no existe una norma IEC para un ensayo específico, los requisitos esenciales para el ensayo se proporcionan en esta parte de la Recomendación OIML R 49.

8.1.8 Equipo bajo ensayo (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.12.3)

8.1.8.1 Generalidades

Para el propósito del ensayo, el EBE se debe clasificar como uno de los casos, de A a E, de acuerdo con la tecnología especificada en los numerales 8.1.8.2 a 8.1.8.5 y se deben aplicar los siguientes requisitos:

- Caso A No se requiere ensayo de desempeño (como se menciona en este numeral).
- Caso B El EBE es el medidor completo o un medidor combinado: el ensayo se debe llevar a cabo con agua que fluye en el sensor de volumen o de flujo y con el medidor operando en la forma prevista.
- Caso C El EBE es el transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen): el ensayo se debe llevar a cabo con agua que fluye en el sensor de volumen o de flujo y con el medidor operando en la forma prevista.
- Caso D El EBE es el calculador electrónico (incluido el dispositivo indicador) o el dispositivo auxiliar: el ensayo se debe llevar a cabo con agua que fluye en el sensor de volumen o de flujo y con el medidor operando en la forma prevista.
- Caso E El EBE es el calculador electrónico (incluido el dispositivo indicador) o el dispositivo auxiliar: el ensayo se debe llevar a cabo con señales de medición simuladas sin aqua en el sensor de volumen o de flujo.

El organismo responsable de la aprobación de modelo puede aplicar una categoría apropiada, de A a E, para el ensayo de aprobación de los medidores con tecnología que no está incluida en los numerales 8.1.8.2 a 8.1.8.5.

8.1.8.2 Medidores de desplazamiento positivo y medidores de aqua con turbina

a)	El medidor no está equipado con dispositivos electrónicos:	Caso A
b)	El transductor de medición y el calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, están en la misma caja:	Caso B
c)	El transductor de medición está separado del calculador electrónico, pero no está equipado con dispositivos electrónicos:	Caso A
d)	El transductor de medición está separado del calculador electrónico y está equipado con dispositivos electrónicos:	Caso C
e)	El calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, está separado del transductor de medición y no es posible la simulación de las señales de medición:	Caso D

f)	El calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, está separado del transductor de medición y es posible la simulación de las señales de medición:	Caso E
8.1.8	3.3 Medidores de agua electromagnéticos	
a)	El transductor de medición y el calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, están en la misma caja:	Caso B
b)	El sensor de flujo, que consta solamente del tubo, la bobina y los dos electrodos de medidor, no tiene dispositivos electrónicos adicionales:	Caso A
c)	El transductor de medición, que incluye el sensor de flujo, está separado del calculador electrónico y en una caja:	Caso B
d)	El calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, está separado del transductor de medición y no es posible la simulación de las señales de medición:	Caso D
8.1.8	Medidores de agua ultrasónicos, medidores tipo Coriolis, med de agua fluídicos	idores
a)	El transductor de medición y el calculador electrónico, incluido el dispositivo indicador, están en la misma caja:	Caso B
b)	El transductor de medición está separado del calculador electrónico y está equipado con dispositivos electrónicos:	Caso C
c)	El calculador electrónico, que incluye el dispositivo indicador, está separado del transductor de medición y no es posible la simulación de las señales de medición:	Caso D
8.1.8	3.5 Dispositivos auxiliares	
a)	El dispositivo auxiliar es parte del medidor de agua, una parte del transductor de medición o parte del calculador electrónico:	Casos A a E
b)	El dispositivo auxiliar está separado del medidor, pero no está equipado con dispositivos electrónicos:	Caso A
c)	El dispositivo auxiliar está separado del medidor, pero no es posible una simulación de las señales de entrada:	Caso D
d)	El dispositivo auxiliar está separado del medidor y es posible una	Caso E

8.2 Calor seco (sin condensación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.2.1 Objeto del ensayo

simulación de las señales de entrada:

Verificar que el medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2, durante la aplicación de temperaturas ambiente altas como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.2.2 Preparación

Siga las instrucciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 60068-2-2.

La orientación sobre las disposiciones relativas al ensayo se presenta en las normas IEC 60068-3-1^[5] e IEC 60068-1^[12].

8.2.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) No se requiere preacondicionamiento.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia y a las siguientes condiciones de ensayo:
 - 1) a la temperatura de referencia del aire de 20 °C \pm 5 °C, antes de acondicionar el EBE;
 - 2) a temperatura del aire de 55 °C ± 2 °C, después de que el EBE se ha estabilizado a esta temperatura durante un período de 2 h;
 - a la temperatura de referencia del aire de 20 °C ± 5 °C, después de recuperación del EBE;
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Durante la aplicación de las condiciones de ensayo, verifique que el EBE esté funcionando correctamente.
- e) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.6.1.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Si el transductor de medición está incluido en el EBE y es necesario que haya agua en el sensor de flujo, la temperatura del agua se debe mantener a la temperatura de referencia.
- ii) Cuando se miden los errores (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.2.4 Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) el error (de indicación) relativo del EBE, a las condiciones de ensayo, no debe exceder el error máximo permisible de la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).

8.3 Frío (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.3.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumpla las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2 durante la aplicación de temperaturas ambiente bajas, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.3.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 60068-2-1.

La orientación sobre las disposiciones relativas al ensayo se presenta en las normas IEC 60068-3-1^[5] e IEC 60068-1^[12].

8.3.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) No someta el EBE a preacondicionamiento.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia y a la temperatura de referencia del aire:
- c) Estabilice la temperatura del aire a -25 °C \pm 3 °C (clases ambientales O y M) o a +5 °C \pm 3 °C (clase ambiental B) durante un periodo de 2 h.
- d) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia y a una temperatura del aire de −25 °C ± 3 °C (clases ambientales O y M) o de +5 °C ± 3 °C (clase ambiental B).
- e) Después de la recuperación del EBE, mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia y a la temperatura de referencia del aire.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- g) Durante la aplicación de las condiciones de ensayo, verifique que el EBE esté funcionando correctamente.
- h) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.6.2.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Si es necesario que haya agua en el sensor de flujo, la temperatura del agua se debe mantener a la temperatura de referencia.
- ii) Cuando se miden los errores (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.3.4 Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo estabilizadas:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista; y
- b) el error (de indicación) relativo del EBE, a las condiciones de ensayo, no debe exceder el error máximo permisible de la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).

8.4 Calor húmedo, cíclico (con condensación) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.4.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumpla las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, después de aplicar condiciones de humedad alta combinadas con cambios cíclicos de temperatura, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5.

8.4.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 60068-2-30.

La orientación sobre las disposiciones relativas a los ensayos se presenta en la norma IEC 60068-3-4.

8.4.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

Siga los requisitos para el desempeño del equipo de ensayo, acondicionamiento y recuperación del EBE, y de exposición del EBE a cambios cíclicos de temperatura en condiciones de calor húmedo especificadas en las normas IEC 60068-2-30 e IEC 60068-3-4.

El programa de ensayo consta de los pasos 1 a 7.

- a) Someta el EBE a preacondicionamiento.
- b) Exponga el EBE a variaciones cíclicas de temperatura (dos ciclos de 24 h) entre la temperatura más baja de 25 °C \pm 3 °C y la temperatura más alta de 55 °C \pm 2 °C (clases ambientales O y M) ó 40 °C \pm 2 °C (clase ambiental B). Mantenga la humedad relativa por encima del 95 % durante los cambios de temperatura y durante las fases a temperatura baja, y a 93 % \pm 3 % a las fases de temperatura más alta. Debería ocurrir condensación en el EBE durante la elevación de temperatura.

El ciclo de 24 h consta de:

- 1) elevación de temperatura durante 3 h:
- 2) la temperatura se mantiene al valor más alto hasta 12 h desde el inicio del ciclo;
- 3) la temperatura disminuye al valor más bajo en un período de 3 h a 6 h; la tasa de descenso durante la primera 1 h 30 min es tal que el valor más bajo se alcanzaría en 3 h;
- 4) la temperatura se mantiene al valor más bajo hasta finalizar el ciclo de 24 h.
- c) Permita que el EBE se recupere.
- d) Después de la recuperación, verifique que el EBE esté funcionando correctamente.
- e) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo de acuerdo con el Anexo B.
- g) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.6.3.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

i) El suministro de energía al EBE debe estar apagado durante los pasos 1 a 3.

- ii) El período de estabilización antes y la recuperación después de la exposición cíclica debe ser tal que todas las partes del EBE estén dentro de 3 °C de su temperatura final.
- iii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.4.4 Criterios de aceptación

Después de aplicar la perturbación y de la recuperación:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior, o el EBE debe detectar cualquier falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.5 Variación en el suministro de energía (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.5.1 Generalidades

Aplique el diagrama de flujo de la Figura 3 para determinar qué ensayos se requieren.

8.5.2 Medidores de agua alimentados con C.A directa o mediante convertidores CA/CC (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.5.2.1 Objeto del ensayo

Verificar que los dispositivos electrónicos que operan a un valor nominal de tensión de la red, $U_{\rm nom}$, a frecuencia nominal, $f_{\rm nom}$, cumplen las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2, durante las desviaciones estáticas del suministro de energía de la red (monofásica) C.A, aplicadas de acuerdo con los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5.

8.5.2.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en las normas IEC 61000-4-11, IEC 61000-2-1, IEC 61000-2-2, IEC 61000-4-1, e IEC 60654-2.

8.5.2.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Exponga el EBE a variaciones de tensión de alimentación y posteriormente a variaciones de frecuencia de alimentación, mientras el EBE está operando bajo condiciones de referencia.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación del límite superior de tensión de la red, $U_{\rm nom}$ + 10 % (tensión única).
- c) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación del límite superior de frecuencia de la red, f_{nom} + 2 %.
- d) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación del límite inferior de tensión de la red, $U_{\rm nom}$ 15 % (tensión única).

- e) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación del límite inferior de frecuencia de la red, $f_{\rm nom}$ 2 %.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- g) Verifique que el EBE funciona correctamente durante la aplicación de cada variación de suministro de energía.
- h) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.6.4.2.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Durante la medición del error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.1).
- ii) Cuando se miden los errores (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores de ensayo que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

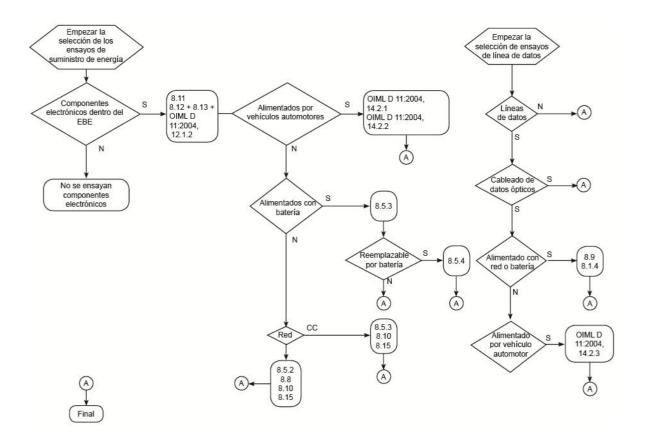


Figura 3. Diagrama de flujo para determinar los ensayos requeridos en 8.5 y de 8.8 a 8.15

8.5.2.4 Criterios de aceptación

Durante la aplicación del factor de influencia:

a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;

b) el error (de indicación) relativo del EBE, a las condiciones de ensayo, no debe exceder el error máximo permisible de la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).

8.5.3 Medidores de agua alimentados con tensión C.C externa o baterías de C.C primarias (OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.5.3.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2 durante desviaciones estáticas de la tensión de alimentación de C.C, aplicada de acuerdo con los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5.

8.5.3.2 Preparación

En el momento de la publicación, no es posible suministrar referencias a normas IEC para métodos de ensayo.

8.5.3.3 Procedimiento de ensayo

- a) Exponga el EBE a variaciones de tensión de alimentación, mientras opera bajo condiciones de referencia.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación de la tensión de operación máxima de la batería, como lo especifique el proveedor del medidor de agua, para una batería o tensión de C.C a la cual se haya fabricado el EBE, para detectar automáticamente condiciones de alto nivel para alimentación de C.C externa.
- c) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación de la tensión de operación mínima de la batería, como lo especifique el proveedor del medidor de agua, para una batería o tensión de C.C a la cual se haya fabricado el EBE, para detectar automáticamente condiciones de bajo nivel para alimentación de C.C externa.
- d) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- e) Verifique que el EBE funciona correctamente durante la aplicación de cada variación de alimentación de energía.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3, numeral 4.6.4.3.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Durante la medición del error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- ii) Cuando se miden los errores (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.5.3.4 Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las variaciones de tensión:

a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;

b) el error (de indicación) relativo del EBE a las condiciones de ensayo no debe exceder el error máximo permisible de la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).

8.5.4 Interrupción de la alimentación de la batería

8.5.4.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.2.4.3, durante el reemplazo de la batería de alimentación.

Este ensayo se aplica únicamente a medidores que utilizan alimentación con batería reemplazable.

8.5.4.2 Procedimiento de ensayo

- a) Asegúrese de que el medidor esté en condiciones de funcionamiento.
- b) Retire la batería durante un período de 1 h y luego conéctela nuevamente.
- c) Revise las funciones del medidor.
- d) Complete la información de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.2.4, en la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.2.2.

8.5.4.3 Criterios de aceptación

Después de la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) el valor de la totalización o los valores almacenados deben permanecer sin cambios.

8.6 Vibración (aleatoria) (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.6.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, después la aplicación de vibraciones aleatorias (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1).

Este ensayo es aplicable solamente a medidores para instalaciones móviles (clase ambiental M).

8.6.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en las normas IEC 60068-2-64 e IEC 60068-2-47.

8.6.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Instale el EBE sobre un artefacto rígido, con su medio de montaje normal, de manera que la fuerza gravitacional actúe en la misma dirección que lo haría en uso normal. Sin embargo, si el efecto gravitacional es insignificante y el medidor no está marcado con "H" ni "V", el EBE se puede instalar en cualquier posición.
- b) Aplique vibraciones aleatorias al EBE, en el intervalo de frecuencia de 10 Hz a 150 Hz, en tres ejes mutuamente perpendiculares, por turnos, durante un periodo de al menos 2 min por eje.

- c) Deje transcurrir un tiempo para la recuperación del EBE.
- d) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- e) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo de acuerdo con el Anexo B.
- g) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.5.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Cuando el sensor de flujo está incluido en el EBE, no se debe llenar con agua durante la aplicación de la perturbación.
- ii) El suministro de energía al EBE está apagado durante los pasos 1, 2 y 3.
- iii) Durante la aplicación de las vibraciones, se deben cumplir las siguientes condiciones:

nivel de valor eficaz total:

 7 m/s^2 ;

nivel de densidad espectral de aceleración (DEA) de 10 Hz a 20 Hz:

 $1 \text{ m}^2/\text{s}^3$:

nivel DEA de 20 Hz a 150 Hz:

-3 dB/octava.

iv) Cuando se miden los errores (de indicación) del EBE, se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales del numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.6.4 Criterios de aceptación

Después de la aplicación de vibraciones y de la recuperación:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior, o el EBE debe detectar cualquier falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.7 Choque mecánico (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.7.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, después de aplicar el ensayo de choque mecánico (caída sobre la superficie), como se establece en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

Este ensayo es aplicable solamente a medidores para instalaciones móviles (clase ambiental M).

8.7.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en las normas IEC 60068-2-31 e IEC 60068-2-47.

8.7.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) El EBE se debe colocar sobre una superficie rígida nivelada en su posición normal de uso e inclinada hacia el borde de la base hasta que el borde opuesto del EBE esté 50 mm por encima de la superficie rígida. Sin embargo, el ángulo formado por la parte inferior del EBE y la superficie de ensayo no debe exceder los 30°.
- b) Permita que el EBE caiga libremente sobre la superficie de ensayo.
- c) Repita los pasos 1 y 2 para cada borde de la base.
- d) Deje transcurrir un tiempo para la recuperación del EBE.
- e) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- f) Mida el error (de indicación) del EBE al caudal de referencia.
- g) Calcule el error (de indicación) relativo de acuerdo con el Anexo B.
- h) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.6.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Cuando el sensor de flujo es parte del EBE, no se debe llenar con agua durante la aplicación de la perturbación.
- ii) El suministro de energía al EBE debe estar apagado durante los pasos 1, 2 y 3.
- iii) Cuando se miden los errores (de indicación) del EBE, se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales del numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.7.4 Criterios de aceptación

Después de la aplicar perturbación y de la recuperación:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) la diferencia entre cualquier indicación antes del ensayo y la indicación después del ensayo no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior, o el EBE debe detectar cualquier falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.8 Caídas de tensión de la red de C.A, interrupciones cortas y variaciones de tensión (Recomendación R 49-1:2013, literal A.5)

8.8.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua alimentado de la red cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, durante la aplicación de interrupciones y reducciones de corta duración en la tensión de la red, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.8.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo especificadas en las normas IEC 61000-4-11, IEC 61000-6-1, e IEC 61000-6-2.

8.8.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de llevar a cabo el ensayo de reducción de energía, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación de al menos 10 interrupciones de tensión y 10 reducciones de tensión con un intervalo de al menos 10 s.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Reste el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las reducciones de energía, del error medido durante la aplicación de las reducciones de energía.
- e) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, 4.6.7.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Se usa un generador de ensayo que sea adecuado para reducir la amplitud de la tensión de la red de CA durante un período definido.
- ii) El desempeño del generador de ensayo se debe verificar antes de conectar el EBE.
- iii) Las interrupciones de tensión y las reducciones de tensión se aplican durante todo el periodo requerido para medir el error (de indicación) del EBE.
- iv) Interrupciones de tensión: La tensión de alimentación se reduce de su valor nominal, $U_{\rm nom}$, a tensión cero, para la duración indicada en la Tabla 2.

Tabla 2. Interrupciones de tensión

Reducción a:	0 %
Duración:	250 ciclos (50 Hz)
	300 ciclos (60 Hz)

- v) Las interrupciones de tensión se aplican en grupos de 10.
- vi) Reducciones de tensión: La tensión de alimentación se reduce de su valor nominal al porcentaje establecido de la tensión nominal, para la duración indicada en la Tabla 3.

Tabla 3. Reducciones de tensión

Ensayo	Ensayo a	Ensayo b	Ensayo c
Reducción a:	0 %	0 %	70 %
Duración:	0,5 ciclos	1 ciclo	25 ciclos (50 Hz) 30 ciclos (60 Hz)

- vii) Las reducciones de tensión se aplican en grupos de 10.
- viii) Cada interrupción o reducción de tensión individual inicia, finaliza y se repite en los cruces de cero de la tensión de alimentación.

- ix) Las interrupciones y reducciones de tensión de la red se repiten mínimo 10 veces con un intervalo de tiempo de al menos 10 s entre cada grupo de interrupciones y reducciones. Esta secuencia se repite para toda la duración de la medición del error (de indicación) del EBE.
- x) Durante la medición del error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- xi) Cuando se miden los errores (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.
- xii) Cuando el EBE está diseñado para operar en un intervalo de tensión de alimentación, las reducciones e interrupciones de tensión deben iniciar desde la tensión media del intervalo.

8.8.4 Criterios de aceptación

- a) Después de la aplicación de las reducciones de energía de corta duración, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo obtenido durante la aplicación de las reducciones de energía de corta duración y el obtenido al mismo caudal antes del ensayo, en condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2) o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.9 Ráfagas en las líneas de señales (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.9.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua que contiene componentes electrónicos y está equipado con puertos de entrada y salida (I/O) y de comunicaciones (incluidos sus cables externos) cumple con las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, bajo condiciones en las que se superponen ráfagas eléctricas sobre los puertos de I/O y de comunicaciones, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.9.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo, especificadas en las normas IEC 61000-4-4 e IEC 61000-4-1.

8.9.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar las ráfagas eléctricas, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación de ráfagas de picos de tensión transitoria con forma de onda doble exponencial.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Reste el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las ráfagas, del error medido durante la aplicación de las ráfagas.

- e) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.8.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Se debe usar un generador de ráfagas con las características de desempeño especificadas en la norma mencionada.
- ii) Las características del generador se deben verificar antes de conectar el EBE.
- iii) Cada pico debe tener una amplitud (positiva o negativa) de 0,5 kV para instrumentos de clase ambiental E1, ó 1 kV para instrumentos de clase ambiental E2 (ver el numeral 8.1.3), con fase aleatoria, con un tiempo de elevación de 5 ns y una semiamplitud de 50 ns.
- iv) La longitud de la ráfaga debe ser 15 ms y la tasa de repetición de la ráfaga debe ser de 5 kHz.
- v) La red de inyección sobre la red debe contener filtros de bloqueo para impedir que la energía de la ráfaga se disipe en la red.
- vi) Para el acoplamiento de las ráfagas a las líneas I/O y de comunicaciones, se debe usar una abrazadera de acoplamiento capacitivo, como se define en la norma.
- vii) La duración del ensayo no debe ser inferior a 1 min para cada amplitud y polaridad.
- viii) Durante la medición del error (de indicación), el EBE debe operar al caudal de referencia.
- ix) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales del EBE especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.9.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo obtenido durante la aplicación de las ráfagas y el error obtenido al mismo caudal antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2), o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.10 Ráfagas (transitorias) en la red de CA y CC (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.10.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua que contiene componentes electrónicos y es alimentado con tensión de la red CA o CC, cumple con las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, bajo condiciones en las que se superponen ráfagas eléctricas sobre la tensión de la red, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.10.2 Preparación

Siga las disposiciones para los ensayos, especificadas en las normas IEC 61000-4-4 e IEC 61000-4-1.

8.10.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar las ráfagas eléctricas, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Mida el error (de indicación) del EBE durante la aplicación de ráfagas de picos de tensión transitoria con forma de onda doble exponencial.
- c) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- d) Reste el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las ráfagas, del error medido durante la aplicación de las ráfagas.
- e) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- f) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.9.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Se debe usar un generador de ráfagas con las características de desempeño especificadas en la norma mencionada.
- ii) Las características del generador se deben verificar antes de conectar el EBE.
- iii) Cada pico debe tener una amplitud (positiva o negativa) de 1 kV para instrumentos de clase ambiental E1, ó 2 kV para instrumentos de clase ambiental E2 (ver el numeral 8.1.3), con fase aleatoria, con un tiempo de elevación de 5 ns y una semiamplitud de 50 ns.
- iv) La longitud de la ráfaga debe ser de 15 ms y la tasa de repetición de la ráfaga debe ser de 5 kHz.
- v) Todas las ráfagas se deben aplicar asincrónicamente en modo común (tensión asimétrica) durante la medición del error (de indicación) del EBE.
- vi) La duración del ensayo no debe ser inferior a 1 min para cada amplitud y polaridad.
- vii) Durante la medición del error (de indicación), el EBE debe operar al caudal de referencia.
- viii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales del EBE especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.10.4 Criterios de aceptación

a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.

b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo obtenido durante la aplicación de las ráfagas y el error obtenido al mismo caudal antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2) o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.11 Descarga electrostática (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.11.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, durante la aplicación de descargas electrostáticas directas e indirectas, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.11.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo, especificadas en la IEC 61000-4-2.

8.11.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar las descargas electrostáticas, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Cargue un condensador de 150 pF usando una fuente de tensión CC adecuada, luego descárguelo a través del EBE conectando a tierra un terminal del chasis de soporte a tierra y el otro a través de una resistencia de 330 Ω a las superficies del EBE que normalmente son accesibles al operador.

Se deben aplicar las siguientes condiciones:

- 1) incluir el método de penetración de pintura, si es apropiado;
- 2) para cada descarga de contacto, se debe aplicar una tensión de 6 kV;
- 3) para cada descarga al aire, se debe aplicar una tensión de 8 kV;
- 4) para descargas directas, se debe usar el método de descarga al aire cuando el fabricante ha declarado que un recubrimiento es aislante;
- 5) en cada lugar de ensayo se deben aplicar al menos 10 descargas directas a intervalos de al menos 10 s entre descargas, durante la misma medición o en una medición simulada;
- 6) para descargas indirectas, se debe aplicar un total de 10 descargas en el plano de acoplamiento horizontal y un total de 10 descargas para cada una de las diversas posiciones del plano de acoplamiento vertical.
- c) Durante la aplicación de las descargas electrostáticas, mida el error (de indicación) del FBF.
- d) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición de ensayo, de acuerdo con el Anexo B.
- e) Determine si se ha excedido la falla significativa, restando el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las descargas electrostáticas, del error medido después de aplicar dichas descargas.
- f) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- g) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.10.

Los siguientes son los requisitos adicionales:

- i) Cuando se mide el error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- ii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.
- iii) En casos en los que se espera que un diseño específico de medidor no sea menos susceptible a perturbaciones a caudal cero que si se operara en condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe tener libertad para escoger un caudal de cero durante el ensayo de descarga electrostática.
- iv) Para EBE no equipados con un terminal a tierra, el EBE se debe descargar completamente entre descargas.
- v) El método de ensayo preferido es la descarga de contacto. Las descargas al aire se deben usar cuando no se puede aplicar descarga de contacto.
 - 1) Aplicación directa

En el modo de descarga de contacto que se lleva a cabo sobre superficies conductoras, el electrodo debe estar en contacto con el EBE.

En el modo de descarga al aire sobre superficies aisladas, el electrodo se desplaza hacia el EBE y la descarga ocurre por chispa.

2) Aplicación indirecta

Las descargas se aplican en el modo de contacto a los planos de acoplamiento montados cerca del EBE.

8.11.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo obtenido durante la aplicación de las descargas electrostáticas y el error obtenido al mismo caudal antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2) o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.
- c) Para ensayos a caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe cambiar un valor superior al del intervalo de verificación.

8.12 Campos electromagnéticos radiados (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.12.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, durante la aplicación de campos electromagnéticos radiados, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.12.2 Preparación

Siga las disposiciones para el ensayo, especificadas en la norma IEC 61000-4-3. Sin embargo, el procedimiento de ensayo especificado en el numeral 8.12.3 es un procedimiento modificado aplicable a instrumentos integradores que totalizan el mensurando.

8.12.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar el campo electromagnético, mida el error intrínseco (de indicación) del EBE a las condiciones de referencia.
- b) Aplique el campo electromagnético de acuerdo con los requisitos de i) a iv) que se presentan más adelante.
- c) Inicie una nueva medición del error (de indicación) para el EBE.
- d) Lleve la frecuencia portadora hasta alcanzar la siguiente frecuencia portadora (ver la Tabla 4) de acuerdo con los requisitos de iv) que se presentan más adelante.
- e) Detenga la medición del error (de indicación) para el EBE.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo del EBE de acuerdo con el Anexo B.
- g) Calcule la falla restando el error intrínseco (de indicación) del paso a) del error (de indicación) del paso f). Determine si la falla es significativa.
- h) Cambie la polarización de la antena.
- i) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- i) Repita los pasos b) a i).
- k) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.11.

Los siguientes son requisitos adicionales:

i) El EBE y sus cables externos de al menos 1,2 m de longitud, se deben someter a campos electromagnéticos radiados a intensidades de campo de 3 V/m para instrumentos de clase ambiental E1, ó 10 V/m para instrumentos de clase ambiental E2 (ver el numeral 8.1.3).

De acuerdo con la norma IEC 61000-4-3, el intervalo de frecuencia para este ensayo de campos electromagnéticos radiados es de 26 MHz a 2 GHz, o de 80 MHz a 2 GHz cuando es aplicable el ensayo para frecuencias en el intervalo más bajo del numeral 8.13.

- ii) El ensayo se lleva a cabo en varios barridos parciales con una antena vertical y varios barridos parciales con una antena horizontal. En la Tabla 4 se presentan las frecuencias de inicio y de detención recomendadas para cada barrido.
- iii) Cada error intrínseco (de indicación) se determina comenzando a la frecuencia de inicio y finalizando una vez que se ha alcanzado la mayor frecuencia siguiente de la Tabla 4.
- iv) Durante cada barrido, la frecuencia se debe cambiar en pasos del 1 % de la frecuencia real, hasta alcanzar la frecuencia siguiente de la Tabla 4. El tiempo de permanencia en cada paso del 1 % debe ser idéntico. Sin embargo, el tiempo de permanencia debe ser igual para todas las frecuencias portadoras en el barrido y debe ser suficiente para que el EUT se ponga en acción y pueda responder a cada frecuencia.

- v) Las mediciones del error (de indicación) se deben llevar a cabo con los barridos enumerados en la Tabla 4.
- vi) Cuando se mide el error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- vii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben montar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.
- viii) Si se espera que el diseño específico del medidor no sea menos susceptible a los campos electromagnéticos especificados en 8.12 a caudal cero, que si se operara en condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe tener libertad para escoger un caudal de cero durante el ensayo de susceptibilidad electromagnética.

Tabla 4 Frecuencias de portadora de inicio y de detención

(Campos magnéticos radiados)

MHz	MHz	MHz
26	160	600
40	180	700
60	200	800
80	250	934
100	350	1 000
120	400	1 400
144	435	2 000
150	500	

Nota: Los puntos de interrupción son aproximados

8.12.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo medido durante la aplicación de cada banda de frecuencia de portadora y el error obtenido al mismo caudal antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2) o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.
- c) Durante los ensayos aplicados a caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe cambiar un valor superior al del intervalo de verificación.

8.13 Campos electromagnéticos conducidos (Recomendación OIML R 49-1:2013, A.5)

8.13.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumple las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, durante la aplicación de campos electromagnéticos conducidos, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.13.2 Preparación

Siga las instrucciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 61000-4-6. Sin embargo, el procedimiento de ensayo especificado en el numeral 8.13.3 es un procedimiento modificado aplicable a instrumentos integradores que totalizan el mensurando.

8.13.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar el campo electromagnético, mida el error intrínseco (de indicación) del EBE a las condiciones de referencia.
- b) Aplique el campo electromagnético de acuerdo con los requisitos de i) a v) como se indica más adelante.
- c) Inicie una nueva medición del error (de indicación) para el EBE.
- d) Lleve la frecuencia portadora hasta alcanzar la siguiente frecuencia portadora (ver la Tabla 5), de acuerdo con los requisitos de v) como se indica más adelante.
- e) Detenga la medición del error (de indicación) para el EBE.
- f) Calcule el error (de indicación) relativo del EBE de acuerdo con el Anexo B.
- g) Calcule la falla restando el error intrínseco (de indicación) del paso a) del error (de indicación) del paso f). Determine si la falla es significativa.
- h) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- i) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.12.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) El EBE se debe someter a campos electromagnéticos conducidos a una amplitud de radiofrecuencia de 3 V (fuerza electromotriz, valor eficaz) para instrumentos de clase ambiental E1, ó 10 V (fuerza electromotriz) para instrumentos de clase ambiental E2 (ver el numeral 8.1.3).
- ii) El intervalo de frecuencia para este ensayo de campos electromagnéticos conducidos es de 0,15 MHz a 80 MHz, de acuerdo con la norma IEC 61000-4-6.
- iii) En la Tabla 5 se presentan las frecuencias de inicio y de detención recomendadas para cada barrido.
- iv) Cada error intrínseco (de indicación) se determina comenzando a la frecuencia de inicio y finalizando una vez que se haya alcanzado la mayor frecuencia siguiente de la Tabla 5.

- v) Durante cada barrido, la frecuencia se debe cambiar en pasos del 1 % de la frecuencia real, hasta alcanzar la frecuencia siguiente de la Tabla 5. El tiempo de permanencia en cada paso del 1 % debe ser idéntico. Sin embargo, el tiempo de permanencia debe ser igual para todas las frecuencias portadoras en el barrido y debe ser suficiente para que el EUT se accione y pueda responder a cada frecuencia.
- vi) Las mediciones del error (de indicación) se deben llevar a cabo con los barridos enumerados en la Tabla 5.
- vii) Cuando se mide el error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- viii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.
- ix) Si se espera que el diseño específico del medidor no sea menos susceptible a los campos electromagnéticos conducidos especificados en 8.13 al caudal cero que si se opera en condiciones de referencia para el caudal, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe tener libertad para escoger un caudal de cero durante el ensayo de susceptibilidad electromagnética.

Tabla 5 Frecuencias de portadora de inicio y de detención (Campos electromagnéticos conducidos)

MHz	MHz	MHz	MHz
0,15	1,1	7,5	50
0,30	2,2	14	80
0,57	3,9	30	

Nota: Los puntos de interrupción son aproximados

8.13.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error (de indicación) relativo medido durante la aplicación de cada banda de frecuencia portadora y el error obtenido al mismo caudal antes del ensayo, bajo condiciones de referencia, no debe exceder la mitad del error máximo permisible en la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2) o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.
- c) Durante los ensayos a caudal cero, la totalización del medidor de agua no debe cambiar un valor superior al del intervalo de verificación.

8.14 Sobretensiones en las líneas de señales, datos y control (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.14.1 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, en condiciones en las que se superponen sobretensiones eléctricas sobre los puertos de I/O y de comunicaciones, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.14.2 Preparación

Siga las instrucciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 61000-4-5.

8.14.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar las sobretensiones, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Las sobretensiones se deben aplicar entre líneas y entre las líneas y la tierra. Cuando se ensaya la línea a tierra, la tensión de ensayo se debe aplicar sucesivamente entre cada una de las líneas y la tierra, si no se especifica nada diferente.
- c) Después de la aplicación de las sobretensiones transitorias, mida el error (de indicación) del EBE.
- d) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición.
- e) Reste el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las sobretensiones, del error medido después de aplicarlas.
- f) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- g) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.13. Los siguientes son requisitos adicionales:

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Se debe usar un generador de sobretensiones con las características de desempeño especificadas en la norma mencionada. El ensayo consiste en la exposición a sobretensiones para las cuales el tiempo de elevación, el ancho de impulso, los valores pico de la corriente/tensión de salida sobre la carga de impedancia alta/baja y el intervalo de tiempo mínimo entre dos impulsos sucesivos se definen en la norma citada.
- ii) Las características del generador se deben verificar antes de conectar el EBE.
- iii) Si el EBE es un instrumento integrador (medidor), los impulsos de ensayo se deben aplicar continuamente durante el tiempo de medición.
- iv) Este ensayo es aplicable solamente a la clase ambiental E2, para la cual la sobretensión transitoria entre líneas es de 1 kV, y de línea a tierra es de 2 kV.

Nota: En líneas desbalanceadas, habitualmente el ensayo de línea a tierra se lleva a cabo con protección primaria.

- v) Este ensayo es aplicable a líneas de señales de gran longitud (de más de 30 m, o líneas instaladas parcial o completamente por fuera de edificaciones, independientemente de su longitud).
- vi) Se deben aplicar al menos tres sobretensiones positivas y tres negativas.
- vii) Durante la medición del error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- viii) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.14.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error de indicación relativo obtenido después de la aplicación de las sobretensiones transitorias y el error obtenido antes del ensayo, no debe exceder la mitad del error máximo permisible de la "zona superior", o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.

8.15 Sobretensiones en líneas de potencia de la red de CA y CC (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5)

8.15.1 Objeto del ensayo

Verificar que el medidor de agua cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.1, en condiciones en las que se superponen sobretensiones eléctricas sobre la tensión de la red, como se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

8.15.2 Preparación

Siga las instrucciones para el ensayo especificadas en la norma IEC 61000-4-5.

8.15.3 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Antes de aplicar las sobretensiones transitorias, mida el error (de indicación) del EBE.
- b) Si no se especifica algo diferente, las sobretensiones se deben aplicar sincronizadas a la fase de tensión en el cruce de cero y al valor pico de la onda de tensión de CA (positiva y negativa).
- c) Las sobretensiones se deben aplicar entre líneas y entre las líneas y la tierra. Cuando se ensaya la línea a tierra, la tensión de ensayo se debe aplicar sucesivamente entre cada una de las líneas y la tierra, si no se especifica nada diferente.
- d) Después de la aplicación de las sobretensiones transitorias, mida el error (de indicación) del EBE.
- e) Calcule el error (de indicación) relativo para cada condición.
- f) Reste el error (de indicación) del medidor, medido antes de aplicar las sobretensiones, del error medido después de aplicarlas.
- g) Examine el EBE para determinar que está funcionando correctamente.
- h) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.14.

Los siguientes son requisitos adicionales:

- i) Se debe usar un generador de sobretensiones con las características de desempeño especificadas en la norma mencionada. El ensayo consiste en exposición a sobretensiones para las cuales el tiempo de elevación, el ancho de impulso, los valores pico de la corriente/tensión de salida sobre la carga de impedancia alta/baja y el intervalo de tiempo mínimo entre dos impulsos sucesivos se definen en la norma citada.
- ii) Las características del generador se deben verificar antes de conectar el EBE.

- iii) Si el EBE es un instrumento integrador, los impulsos de ensayo se deben aplicar continuamente durante el tiempo de medición.
- iv) Este ensayo es aplicable solamente a la clase ambiental E2, para la cual la sobretensión transitoria entre líneas es de 1 kV, y de línea a tierra es de 2 kV.
- v) Este ensayo es aplicable a líneas de señales de gran longitud (de más de 30 m, o líneas instaladas parcial o completamente por fuera de edificaciones, independientemente de su longitud).
- vi) En las líneas de alimentación de la red de CA se deben aplicar de forma sincrónica al menos tres sobretensiones positivas y tres negativas con tensión de alimentación de CA en ángulos de 0°, 90°, 180° y 270°.
- vii) En las líneas de potencia de CC se deben aplicar al menos tres sobretensiones positivas y tres negativas.
- viii) Durante la medición del error (de indicación), el EBE se debe someter al caudal de referencia.
- ix) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben instalar con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se ensayan a la más baja de ellas.

8.15.4 Criterios de aceptación

- a) Después de aplicar la perturbación, todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista.
- b) La diferencia entre el error de indicación relativo obtenido después de la aplicación de las sobretensiones transitorias y el error obtenido antes del ensayo, no debe exceder la mitad del error máximo permisible de la "zona superior", o el EBE debe detectar una falla significativa y actuar sobre ella, de conformidad con la Recomendación OIML R 49-1:2013. Anexo B.

8.16 Campo magnético estático (Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.8)

8.16.1 Condiciones de ensayo

Las condiciones de ensayo se deben aplicar como se indica a continuación.

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)

Retentividad: 385 mT a 400 mT

Fuerza coerciva: 100 kA/m a 140 kA/m

Intensidad del campo magnético:

Menos de 1 mm desde la superficie: 90 kA/m a 100 kA/m

A 20 mm de la superficie: 20 kA/m

Nota: 1 tesla = 10^4 gauss.

8.16.2 Objeto del ensayo

Verificar que un medidor de agua con componentes electrónicos y/o en donde las partes mecánicas pueden estar influenciadas por el campo magnético estático (numeral 7.12) cumple los requisitos de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.8.

8.16.3 Preparación

El medidor de agua debe funcionar de acuerdo con las condiciones de operación nominales.

8.16.4 Procedimiento de ensayo (resumen)

- a) Se pone en contacto el imán permanente con el EBE en una posición en la que es probable que la acción de un campo magnético estático cause errores (de indicación) que excedan el EMP y alteren el funcionamiento correcto del EBE. La ubicación de esta posición se obtiene por prueba y error, con base en el conocimiento del tipo y construcción del EBE y/o por la experiencia previa. Se pueden investigar diferentes posiciones para el imán.
- b) Una vez identificada la posición de ensayo, se inmoviliza el imán en esa posición y se mide el error (de indicación) del EBE al caudal Q_3 .
- c) Cuando se mide el error (de indicación), se deben cumplir las condiciones de instalación y operacionales especificadas en el numeral 7.4.2 y se deben aplicar las condiciones de referencia, a menos que se especifique algo diferente. Los medidores que no están marcados con una "V" se deben ensayar solamente con el eje de flujo en dirección horizontal. Los medidores con dos temperaturas de referencia solo se deben ensayar a la más baja de ellas.
- d) La posición del imán y su orientación relativa al EBE se deben medir y registrar para cada posición de ensayo.
- e) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.5.11.

8.16.5 Criterios de aceptación

Durante la aplicación de las condiciones de ensayo:

- a) todas las funciones del EBE deben operar en la forma prevista;
- b) el error (de indicación) relativo del EBE, a las condiciones de ensayo, no debe exceder el error máximo permisible de la zona de caudal superior (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).

8.17 Ensayo de ausencia de flujo

8.17.1 Objeto del ensayo

Verificar que no hay cambio en la indicación de un medidor de agua en ausencia de flujo o de agua, de acuerdo con las disposiciones de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.9.

Este ensayo se requiere solamente para medidores de agua electrónicos o para medidores de agua con sensores electrónicos de flujo o de volumen.

8.17.2 Preparación

Aplique los requisitos de instalación y operacionales especificados en el numeral 7.4.2.

8.17.3 Procedimiento de ensayo

- a) Llene el medidor con agua, purgando todo el aire.
- b) Asegúrese de que no haya flujo a través del transductor de medición.
- c) Observe el índice del medidor durante 15 min.
- d) Descarque completamente el agua del medidor.
- e) Observe el índice del medidor durante 15 min.
- f) Durante el ensayo, se deben mantener todas las condiciones de referencia para todas las magnitudes de influencia diferentes del caudal.
- g) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.6.15.

8.17.4 Criterios de aceptación

La totalización del medidor de agua no debe tener un cambio mayor que el valor del intervalo de la escala de verificación durante cada intervalo de ensayo.

9 Programa de ensayo para la evaluación de modelo

9.1 Número de muestras requeridas

Para cada tipo de medidor, las cantidades de medidores completos o de sus partes separables que se van a ensayar durante el examen de modelo deben ser como se ilustran en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla 6.

Se pueden presentar simultáneamente medidores adicionales para el ensayo de durabilidad y los otros ensayos de desempeño, si así se acuerda con el organismo notificado o el organismo responsable de la aprobación de modelo.

9.2 Ensayo de desempeño aplicable a todos los medidores de agua

La Tabla 6 presenta un programa de ensayo para la evaluación de modelo de todos los medidores de agua. Los ensayos se deben llevar a cabo al menos en el número de muestras indicadas en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla 6, de acuerdo con la designación del medidor, excepto en donde se indica explícitamente en el numeral apropiado.

Los ensayos 1–9 se pueden llevar a cabo en cualquier orden. Los ensayos 10-13 se deben llevar a cabo en el orden establecido. El ensayo 14 se debe llevar a cabo antes de los ensayos 10-13. Si se suministra un lote adicional de medidores del número indicado en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla 6, de acuerdo con la designación del medidor, los ensayos 10–13 se pueden llevar a cabo simultáneamente a los otros ensayos.

Tabla 6. Programa de ensayo de desempeño para todo tipo de medidores de agua

	Ensayo	Numeral	Número de medidores		
	Los ensayos se pueden llevar a cabo en cualquier orden				
1	Presión estática	7.3	Todos		
2	Error (de indicación)	7.4	Todos		
3	Ausencia de flujo ^a	8.17	≥1		
4	Temperatura del agua	7.5	≥1		
5	Temperatura del agua de sobrecarga	7.6	≥1		
6	Presión del agua	7.7	≥1		
7	Flujo inverso	7.8	≥1		
8	Pérdida de presión	7.9	≥1		
9	Perturbación del flujo	7.10	≥1		
	Ensayos por realizar en el orden indi	icado			
10	Ensayo de durabilidad con flujo discontinuo a Q_3^c o a $Q \ge 2Q_{x2}^e$	7.11.2	≥1 ecoa		
11	Ensayo de durabilidad con flujo continuo a Q_3^{d}	7.11.3	≥1 ecoa		
12	Ensayo de durabilidad con flujo continuo a Q ₄	7.11.3	≥1 ecoa		
13	Ensayo de durabilidad con flujo continuo a 0,9 $Q_{x1}^{\ \ f}$	7.11.3	≥1 ecoa		
	Ensayo por realizar antes de los ensayo	os 10-13	•		
14	Ensayo de campo magnético	8.16	≥1		
		1	l .		

ecoa: en cada orientación aplicable

Este ensayo se requiere solamente para medidores de agua electrónicos o medidores de agua con dispositivos electrónicos.

- Este ensayo se aplica únicamente a medidores con TMA ≥ 50 °C.
- Solo para medidores con $Q_3 \le 16 \text{ m}^3/\text{h}$.
- d Solo para medidores con Q₃ > 16 m /h.
- Ensayo específico para medidores combinados.
- Para medidores combinados en donde el medidor pequeño no ha sido aprobado previamente.
- Para todos los medidores con componentes electrónicos y medidores mecánicos equipados con un acoplamiento magnético en el mecanismo de lectura, o cualquier otro mecanismo que se puede ver afectado por la aplicación externa de un campo magnético (7.12).

9.3 Ensayos de desempeño aplicables a medidores de agua electrónicos, medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos, y sus partes separables

Además de los ensayos incluidos en la Tabla 6, los ensayos de desempeño presentados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1, se deben aplicar a medidores de agua electrónicos y a medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos. Los ensayos incluidos en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1 se pueden llevar a cabo en cualquier orden.

Nota: El número de medidores que se suministre se indica en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.2.

Un medidor se debe someter a todos los ensayos aplicables incluidos en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1, de acuerdo con su clasificación ambiental. No se permiten sustituciones de ningún medidor restante. El medidor no debe fallar ninguno de los ensayos a que sea sometido.

Cuando el medidor está equipado con medios de verificación, también debe cumplir los requisitos para medios de verificación especificados en el Anexo A.

9.4 Evaluación de modelo para partes separables de un medidor de agua

La compatibilidad de las partes separables de un medidor de agua la debe evaluar el organismo responsable de la aprobación de modelo y se deben aplicar las siguientes reglas.

- a) El certificado de aprobación de modelo para un transductor de medición aprobado en forma separada (incluido el sensor de flujo o de volumen) debe indicar el tipo o tipos de calculador aprobado (incluido el dispositivo indicador) con el que se puede combinar.
- b) El certificado de aprobación de modelo para un calculador aprobado en forma separada (incluido el dispositivo indicador) debe indicar el tipo o tipos de transductor de medición aprobado(s) (incluido el sensor de flujo o de volumen) con el que se puede combinar.
- c) El certificado de aprobación de modelo para un medidor combinado debe indicar qué tipo(s) de calculador aprobado (incluido el dispositivo indicador) y de transductor de medición aprobado (incluido el sensor de flujo o de volumen) se pueden combinar.
- d) El fabricante debe declarar los errores máximos permisibles del calculador (incluido el dispositivo indicador) o del transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) cuando se somete a examen de modelo.
- e) La suma aritmética de los EMP de un calculador aprobado (incluido el dispositivo indicador) y de un transductor de medición aprobado (incluido el sensor de flujo o de volumen) no debe exceder los EMP para un medidor de agua completo (ver la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2).
- f) Los transductores de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) de los medidores de agua mecánicos, de los medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y de los medidores de agua electrónicos se deben someter a los ensayos de desempeño aplicables incluidos en la Tabla 6 y en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.
- g) Los calculadores (incluido el dispositivo indicador) de los medidores de agua mecánicos, de los medidores de agua mecánicos equipados con dispositivos electrónicos y de los medidores de agua electrónicos se deben someter a los ensayos de desempeño aplicables incluidos en la Tabla 6 y en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Tabla A.1.

- h) Siempre que sea posible, las condiciones de ensayo aplicadas durante la evaluación de modelo de un medidor de agua completo se deben aplicar a las partes separables de un medidor de agua. Cuando esto no sea posible para algunas condiciones de ensayo, se deben aplicar condiciones simuladas, de severidad y duración equivalentes.
- i) Cuando sean aplicables, se deben cumplir los requisitos de ensayo de desempeño de los numerales 6 y 7.
- j) Los resultados de los ensayos de la evaluación de modelo de partes separables de un medidor de agua se deben declarar en un informe o formato similar al del medidor de agua completo (ver la Recomendación OIML R 49-3:2013).

9.5 Familias de medidores de agua

Cuando se somete a evaluación de modelo una familia de medidores de agua, el organismo responsable de la aprobación de modelo debe aplicar los criterios del Anexo D para decidir si los medidores cumplen con la definición de "familia" y para seleccionar qué tamaños de medidores se van a ensayar.

10 Ensayos de verificación inicial

10.1 Verificación inicial de medidores completos y combinados

10.1.1 Objeto del ensayo

Verificar que los errores (de indicación) relativos de un medidor completo o combinado están dentro de los errores máximos permisibles establecidos en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.2 ó 4.2.3.

Durante los ensayos de verificación se permite que las condiciones de referencia se desvíen de los valores de tolerancia definidos, si se puede suministrar evidencia al organismo responsable de la aprobación de modelo, de que el modelo de medidor que se considera no se ve afectado por la desviación de la condición en cuestión. Sin embargo, se han de medir y documentar los valores reales de la condición de desviación, como parte de la documentación de los ensayos de verificación.

10.1.2 Preparación

Se debe llevar a cabo un ensayo de presión a 1,6 veces la PMA durante 1 min.

No se deben observar fugas durante el ensayo.

Los errores (de indicación) del medidor de agua se deben medir usando el equipo y los principios especificados en los numerales 7.2 y 7.4.

10.1.3 Procedimiento de ensayo

- a) Instale los medidores para llevar a cabo el ensayo ya sea en forma individual o en serie.
- b) Aplique los procedimientos del numeral 7.4.
- c) Asegúrese de que no haya interacción significativa entre medidores instalados en serie.
- d) Asegúrese de que la presión de salida de cualquier medidor no sea inferior a 0,03 MPa (0,3 bar).

e) Asegúrese de que el intervalo de temperatura del agua de trabajo sea como se indica a continuación:

```
T30, T50: 20 °C ± 10 °C;

T70 a T180: 20 °C ± 10 °C y 50 °C ± 10 °C;

T30/70 a T30/180: 50 °C ± 10 °C.
```

- f) Asegúrese de que todos los otros factores de influencia se mantienen dentro de las condiciones de operación nominales del medidor.
- g) A menos que en el certificado de aprobación de modelo se especifiquen caudales alternativos, mida los errores (de indicación) a los siguientes intervalos de caudal:

```
Q_1 a 1,1Q_1; Q_2 a 1,1Q_2; 0,9Q_3 a Q_3; para medidores combinados, 1,05<math>Q_{\rm x2} a 1,15Q_{\rm x2}.
```

Nota: Ver también el numeral 10.1.4 c).

- h) Calcule el error (de indicación) para cada caudal, de acuerdo con el Anexo B.
- i) Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 5.3.1, ejemplo 1.

10.1.4 Criterios de aceptación

- a) Los errores (de indicación) del medidor de agua no deben exceder los errores máximos permisibles de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.2 ó 4.2.3.
- b) Si todos los errores (de indicación) del medidor de agua tienen el mismo signo, al menos uno de estos errores no debe exceder la mitad del error máximo permisible. En todos los casos, este requisito se debe aplicar de manera equitativa tanto al proveedor de agua como al consumidor (ver también la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.3.3, parágrafos 3 y 8).
- c) Cuando sea necesario cumplir los requisitos de b), y de acuerdo con la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.3.6, se deben medir los errores adicionales a los caudales especificados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.3, pero diferentes a los especificados en el numeral 10.1.3 g).

10.2 Verificación inicial de las partes separables de un medidor de agua

10.2.1 Objeto del ensayo

Verificar que los errores (de indicación) de un transductor de medición (incluido el sensor de volumen o de flujo) o del calculador (incluido el dispositivo indicador) están dentro de los errores máximos permisibles declarados en el certificado de aprobación de modelo.

Un transductor de medición (incluidos los sensores de flujo o de volumen) se debe someter a los ensayos de verificación inicial que se presentan en el numeral 10.1.

Un calculador (incluidos los medios de verificación) se debe someter a los ensayos de verificación inicial que se presentan en el numeral 10.1.

10.2.2 Preparación

Los errores (de indicación) de las partes aprobadas separables de un medidor de agua se deben medir usando el equipo y los principios especificados en el numeral 7.2 y se deben cumplir los requisitos de ensayo de desempeño del numeral 7.4, cuando sea aplicable.

Siempre que sea posible, las condiciones de ensayo aplicadas durante la evaluación de modelo de un medidor de agua completo se deben aplicar a las partes separables de un medidor de agua. Cuando esto no sea posible para algunas condiciones de ensayo, se deben aplicar condiciones simuladas con características de severidad y duración equivalentes.

10.2.3 Procedimiento de ensayo

Se debe llevar a cabo el procedimiento de ensayo del numeral 10.1.3, excepto cuando sea necesario realizar un ensayo simulado.

Complete el informe de ensayo de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 5.3.2 Ejemplo 2 y/o 5.3.3 Ejemplo 3.

10.2.4 Criterios de aceptación

Los errores (de indicación) de las partes separables del medidor de agua no deben exceder los errores máximos permisibles declarados en el certificado de aprobación de modelo.

11 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Objeto de los informes

Registrar y presentar con precisión, de forma clara e inequívoca, el trabajo realizado por el laboratorio de ensayo, incluidos los resultados de los ensayos, los exámenes y toda la información pertinente, en el formato que se encuentra en la Recomendación OIML R 49-3:2013.

La implementación del formato del informe de ensayo como se establece en la Recomendación OIML R 49-3:2013 es informativa con relación a la implementación de esta parte de la Recomendación OIML R 49 en los reglamentos nacionales; sin embargo, su implementación es obligatoria en el Marco de Sistema de Certificados de la OIML B 3[6] y en el Acuerdo de Aceptación Mutua de la OIML (MAA) aplicable a medidores de agua, de conformidad con esta parte de la Recomendación OIML R 49.

11.2 Identificación y datos de ensayo para inclusión en los registros

11.2.1 Evaluación de modelo

El registro de una evaluación de modelo debe contener:

- a) la identificación precisa del laboratorio de ensayo y del medidor ensayado;
- b) referencia a la historia de calibración de todos los instrumentos y dispositivos de medición usados para los ensayos;
- detalles exactos de las condiciones en las que llevaron a cabo los diferentes ensayos, incluida cualquier condición específica recomendada por el fabricante;
- d) los resultados y conclusiones de los ensayos, como se exige en la Recomendación OIML R 49-2:2013;

e) las limitaciones pertinentes a la aplicación de transductores de medición y calculadores aprobados por separado.

11.2.2 Verificación inicial

El registro de un ensayo de verificación inicial para un medidor individual debe incluir como mínimo:

- a) la identificación del laboratorio de ensayo:
 - 1) el nombre y la dirección;
- b) la identificación del medidor ensayado:
 - 1) el nombre y la dirección del fabricante, o la marca registrada usada;
 - 2) la clase de precisión;
 - 3) la clase de temperatura;
 - 4) la designación del medidor Q_3 ;
 - 5) las relaciones Q_3/Q_1 ;
 - 6) la pérdida máxima de presión (y el caudal correspondiente);
 - 7) el año de fabricación y el número de serie del medidor ensayado;
 - 8) el tipo o modelo;
 - 9) los resultados y conclusiones de los ensayos.

Anexo A

(Obligatorio)

Examen de modelo y ensayo de los medios de verificación de los dispositivos electrónicos

A.1 Generalidades

Estos requisitos se aplican solamente a medidores de agua electrónicos y a dispositivos electrónicos conectados a medidores de agua mecánicos, cuando hay medios de verificación presentes.

Nota: Los medios de verificación se requieren solamente cuando el volumen de agua suministrado lo paga el cliente previamente y el proveedor no lo puede confirmar. No se requieren medios de verificación cuando las mediciones no son reposicionables y hay dos socios constantes.

Para cumplir con la presente Recomendación, los medidores de agua equipados con medios de verificación deben aprobar la inspección de diseño y los ensayos de desempeño especificados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.11.

Una muestra del medidor de agua completo, o el calculador (incluido el dispositivo indicador), o el transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen), se deben someter a todos los exámenes y ensayos aplicables especificados en este Anexo (ver también el numeral 9.3).

Después de cada ensayo y examen, se deben completar las referencias de las secciones apropiadas de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.3 y de B.1 a B.6 sobre medios de verificación, en el numeral 5.1.3 de la Recomendación OIML R 49-3:2013, numeral 4.4.1.

La muestra sometida a examen no debe fallar ninguno de los ensayos a que es sometida.

A.2 Objeto del examen

- a) Verificar que los medios de verificación de los medidores de agua equipados con dichos dispositivos cumplen los requisitos especificados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, Anexo B.
- b) Verificar que los medidores de agua que poseen estos dispositivos impiden o detectan el flujo inverso, como se exige en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 5.1.3.
- c) Verificar que los medios de verificación asociados a un transductor de medición cumplen los requisitos especificados en la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.2.

A.3 Procedimientos de examen

A.3.1 Acción de los medios de verificación (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.1)

- a) Verificar que la detección de fallas significativas por parte de los medios de verificación da como resultado las siguientes acciones, de acuerdo con el tipo.
- b) Para instalaciones de verificación de tipo P o tipo I:

- 1) corrección automática de la falla; o
- 2) detención del dispositivo defectuoso únicamente cuando el medidor de agua sin dicho dispositivo sigue cumpliendo los reglamentos; o
- 3) una alarma visible o audible, que debe continuar funcionando hasta que se elimine lo que la accionó. Además, cuando un medidor de agua transmite datos a equipos periféricos, la transmisión debe ir acompañada de un mensaje que indique la presencia de una falla. Este requisito no es relativo a la aplicación de perturbaciones especificadas en la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal A.5.
- c) Si el instrumento está equipado con dispositivos para estimar la cantidad de agua que ha pasado a través del medidor durante la ocurrencia de la falla, verifique que el resultado de este estimado no se pueda confundir con una indicación válida.
- d) Cuando se usan medios de verificación, verifique que en los casos siguientes no haya alarma visible o audible, a menos que dicha alarma sea transferida a una estación remota:
 - 1) dos socios constantes:
 - 2) mediciones no reposicionables;
 - 3) mediciones no pagadas previamente.
- e) Si los valores medidos del medidor no se repiten en una estación remota, verifique que se aseguren la transmisión de la alarma y la repetición de los valores medidos.

A.3.2 Medios de verificación para el transductor de medición (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.2)

A.3.2.1 Objeto del ensayo

Asegurar que los medios de verificación verifiquen:

- a) la presencia del transductor de medición y su funcionamiento correcto,
- b) la transmisión correcta de los datos desde el transductor de medición al calculador, y
- c) que se detecta y/o impide el flujo inverso, cuando se usan medios electrónicos para esta función.

A.3.2.2 Procedimientos de ensayo

A.3.2.2.1 Transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) con señales de salida de impulsos

Cuando las señales generadas por el transductor de medición son en forma de impulsos, en donde cada impulso representa un volumen elemental, lleve a cabo los ensayos para determinar que los medios de verificación para la generación, transmisión y conteo de impulsos cumplen las siguientes funciones:

- a) conteo correcto de impulsos;
- b) detección del flujo inverso, si es aplicable;
- c) verificación del funcionamiento correcto.

Estas funciones de verificación de tipo P se pueden determinar mediante alguna de las siguientes formas:

- 1) desconectando el sensor de flujo del calculador; o
- 2) interrumpiendo la señal del sensor de flujo al calculador; o
- 3) interrumpiendo el suministro de energía eléctrica al sensor de flujo.

A.3.2.2.2 Transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) de medidores electromagnéticos

Para medidores electromagnéticos en los cuales la amplitud de la señal generada por el sensor de flujo es proporcional al caudal, se puede usar el procedimiento siguiente para someter a ensayo los medios de verificación.

- a) Aplique al calculador una señal de entrada simulada con una forma similar a la de la señal de medición del medidor y que representa un caudal entre Q_1 y Q_4 , y verifique que:
 - 1) el medio de verificación sea de tipo P o de tipo I:
 - 2) cuando el medio de verificación sea de tipo I, su función de verificación ocurre a intervalos de 5 min o menos;
 - 3) el medio de verificación verifique el sensor de flujo y las funciones del calculador;
 - 4) el valor digital equivalente de la señal está dentro de los límites predeterminados declarados por el fabricante y que es consistente con los errores máximos permisibles.
- b) Verifique que la longitud del cable entre el sensor de flujo y el calculador o dispositivo auxiliar de un medidor de agua electromagnético no exceda 100 m o el valor *L* expresado en metros, de acuerdo con la fórmula siguiente, de estos valores el menor:

$$L = \frac{k\sigma}{fC}$$

En donde

 $k = 2 \times 10^{-5} \text{ m};$

 σ es la conductividad del líquido, en S/m;

f es la frecuencia de campo durante el ciclo de medición, en Hz;

C es la capacitancia efectiva del cable por metro, en F/m.

Si las soluciones del fabricante aseguran resultados equivalentes, estos requisitos se pueden ignorar.

A.3.2.2.3 Otros principios de medición

Cuando un transductor de medición (incluido un sensor de flujo o de volumen) que emplea técnicas no tratadas en la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.2, se somete a una evaluación de modelo, verifique que los medios de verificación brinden niveles de seguridad equivalentes.

A.3.3 Medios de verificación para el calculador (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.3)

A.3.3.1 Objeto del ensayo

Comprobar que los medios de verificación aseguran que el calculador funciona correctamente y que los cálculos son válidos.

A.3.3.2 Procedimiento de ensayo

A.3.3.2.1 Funciones del calculador

- a) Compruebe que los medios de verificación para validar las funciones del calculador sean de tipo P o de tipo I.
- b) Para los medios tipo I, compruebe que se hacen verificaciones en la función del calculador al menos una vez al día o a cada volumen equivalente a 10 min de flujo a Q_3 .
- c) Compruebe que los medios de verificación para validar el funcionamiento del calculador aseguran que los valores de todas las instrucciones y datos memorizados permanentemente son correctos, mediante:
 - la suma de todos los códigos de datos e instrucciones y la comparación de la suma con un valor fijo;
 - 2) bits de paridad de fila y columna (LRC y VRC);
 - 3) verificación de redundancia cíclica (CRC 16);
 - 4) almacenamiento de datos doble e independiente;
 - 5) almacenamiento de datos en "codificación segura", por ejemplo, con protección utilizando suma de control, bits de paridad de fila y columna.
- d) Verifique que todos los almacenamientos y transferencias internas de datos pertinentes al resultado de la medición se llevan a cabo correctamente mediante:
 - 1) rutinas de lectura-escritura;
 - conversión y reconversión de códigos;
 - 3) uso de "codificación segura" (suma de control, bit de paridad);
 - 4) almacenamiento doble.

A.3.3.2.2 Cálculos

- a) Compruebe que los medios de verificación para validar los cálculos son de tipo P o de tipo I.
- b) Para los medios tipo I, compruebe que las verificaciones de los cálculos se hacen al menos una vez al día o a cada volumen equivalente a 10 min de flujo a Q_3 .
- c) Verifique que son correctos todos los valores de los datos relacionados con la medición, ya sea que estén almacenados internamente o transmitidos a equipos periféricos a través de una interfaz.
 - Los medios de verificación pueden usar bit de paridad, suma de control o almacenamiento doble, para verificar la integridad de los datos.

d) Verifique que el sistema de cálculo cuente con un medio para controlar la continuidad del programa de cálculo.

A.3.4 Medios de verificación del dispositivo indicador (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.4)

A.3.4.1 Objeto del ensayo

- a) Comprobar que los medios de verificación del dispositivo indicador detectan que se visualizan las indicaciones primarias y que corresponden a los datos proporcionados por el calculador.
- b) Comprobar que los medios de verificación del dispositivo indicador detectan la presencia del dispositivo indicador, si este es removible.
- c) Comprobar que los medios de verificación del dispositivo indicador tienen la forma definida en la Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.4.2 ó B.4.3.

A.3.4.2 Procedimiento de ensayo

- a) Confirme que el medio de verificación del dispositivo indicador primario es de tipo P;
- Nota 1: Si el dispositivo indicador no es el dispositivo indicador primario, el dispositivo de verificación puede ser de tipo I.
- Nota 2: Los medios usados para la verificación incluyen:
 - 1) para dispositivos indicadores que usan filamentos incandescentes o LED, medir la corriente de los filamentos;
 - 2) para dispositivos indicadores que usan tubos fluorescentes, medir la tensión de la red;
 - 3) para dispositivos indicadores que usan cristales líquidos multiplexados, verificar la salida de la tensión de control de las líneas de segmentos y de los electrodos comunes, con el fin de detectar cualquier desconexión o cortocircuito entre los circuitos de control.
- Nota 3: No se requieren las verificaciones mencionadas en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 6.7.2.2.
- b) Compruebe que el medio de verificación del dispositivo indicador incluye la verificación tipo P o tipo I de los circuitos electrónicos usados para el dispositivo indicador (excepto los circuitos de conducción de la propia pantalla).
- c) Para los dispositivos tipo I, compruebe que las verificaciones en el dispositivo indicador se hacen al menos una vez al día o a cada volumen equivalente a 10 min de flujo a Q_3 .
- d) Compruebe que son correctos los valores de todos los datos relacionados con la medición, ya sea que estén almacenados internamente o transmitidos a equipos periféricos a través de una interfaz.
 - Los medios de verificación pueden usar bit de paridad, suma de control o almacenamiento doble, para verificar la integridad de los datos.
- e) Compruebe que el dispositivo indicador cuenta con un medio para controlar la continuidad del programa de cálculo.

f) Compruebe que el dispositivo de verificación del dispositivo indicador está funcionando, va sea:

- 1) desconectando todo el dispositivo indicador o parte de él; o
- 2) mediante una acción que simule una falla en la pantalla, como por ejemplo usando un botón de prueba.

A.3.5 Medios de verificación de dispositivos auxiliares (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.5)

A.3.5.1 Objeto del ensayo

- a) Comprobar que un dispositivo auxiliar (repetidor, impresora, memoria, etc.) con indicaciones primarias, incluye un dispositivo de verificación de tipo P o I.
- b) Comprobar que los medios de verificación de dispositivos auxiliares verifican:
 - 1) la presencia del dispositivo auxiliar;
 - 2) que el dispositivo auxiliar funciona correctamente;
 - 3) que los datos se transmiten correctamente entre el medidor y el dispositivo auxiliar.

A.3.5.2 Procedimiento de ensayo

- a) Compruebe que el dispositivo auxiliar (repetidor, impresora, memoria, etc.) con indicaciones primarias, incluye un dispositivo de verificación de tipo P o I.
- b) Compruebe que el medio de verificación verifica que el dispositivo auxiliar está conectado al medidor de agua.
- c) Compruebe que el medio de verificación verifica que el dispositivo auxiliar está funcionando y transmite los datos correctamente.

A.3.6 Medios de verificación de instrumentos de medición asociados (Recomendación OIML R 49-1:2013, literal B.6)

A.3.6.1 Objeto del ensayo

a) Examinar los medios de verificación de los instrumentos de medición asociados diferentes del sensor de flujo.

Nota: Además de la medición primaria del volumen, los medidores de agua pueden tener dispositivos integrados para medir y visualizar otros parámetros, por ejemplo, caudal, presión del agua y temperatura del agua.

- b) Comprobar la presencia de un medio de verificación de tipo P o de tipo I, cuando hay presentes funciones de medición adicionales.
- c) Comprobar que el medio de verificación asegura que la señal de cada instrumento asociado está dentro de un intervalo de medición predeterminado.

A.3.6.2 Procedimiento de ensayo

a) Identifique el número y los tipos de transductores de medición asociados presentes en el medidor.

- b) Para cada tipo de transductor presente, compruebe que hay presente un medio de verificación de tipo P o de tipo I.
- c) Verifique que el valor de la señal de cada transductor coincide con los parámetros que se miden (caudal, presión del agua y temperatura del agua).
- d) Cuando los caudales se van a usar para controlar las tarifas, verifique que para cada caudal especificado en la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 7.2.3, la diferencia entre el caudal real y el caudal indicado no excede el EMP apropiado de la Recomendación OIML R 49-1:2013, numeral 4.2.2 ó 4.2.3.
- e) Para todos los otros tipos de instrumentos de medición asociados, verifique que la diferencia entre el valor real del parámetro que se mide y el valor indicado por el instrumento de medición en los extremos y en el punto medio de su intervalo de medición, no excede el error máximo declarado por el fabricante.

Anexo B (Obligatorio)

Cálculo del error (de indicación) relativo de un medidor de agua

B.1 Información general

En el presente anexo se definen las fórmulas para la evaluación de modelo y los ensayos de verificación cuando se calcula el error (de indicación) de:

- a) un medidor de agua completo;
- b) un calculador separable (incluido el dispositivo indicador);
- c) un transductor de medición separable (incluido el sensor de flujo o de volumen).

B.2 Cálculo del error (de indicación)

Cuando un transductor de medición (incluido un sensor de flujo o de volumen) o un calculador (incluido el dispositivo indicador) de un medidor de agua se someten a aprobación para el tipo separable, las mediciones de error (de indicación) se llevan a cabo solamente en partes separables del medidor.

En un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen), la señal de salida (impulso, corriente, tensión o codificada) se mide utilizando un instrumento adecuado.

En el calculador (incluido el dispositivo indicador), las características de las señales de entrada simuladas (impulso, corriente, tensión o codificadas) deberían replicar las del transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen).

El error (de indicación) del EBE se calcula de acuerdo con el que se considera el volumen de referencia agregado durante un ensayo, comparado con el volumen equivalente de la señal de entrada simulada al calculador (incluido el dispositivo indicador), o la señal de salida real del transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen), medida durante el mismo periodo de ensayo.

A menos que estén exentos por la autoridad metrológica, un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) y un calculador compatible (incluido el dispositivo indicador) tienen aprobaciones de modelo separadas y se deben ensayar juntos como un medidor de agua combinado durante la verificación inicial (ver el numeral 10). Por tanto, el cálculo del error (de indicación) es el mismo que para un medidor de agua completo.

B.3 Cálculo del error (de indicación) relativo

B.3.1 Medidor de agua completo

$$E_{m(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.1)

En donde

 $E_{m(i)(i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, de un medidor de agua completo a un caudal i (i=1,2...n);

 $V_{\rm a}$ es el volumen de referencia (o simulado) que pasó durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³;

 $V_{\rm i}$ es el volumen agregado al (o restado al) dispositivo indicador durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³.

B.3.2 Medidor de agua combinado

Un medidor de agua combinado se debe considerar como un medidor de agua completo (literal B.3.1) para hacer el cálculo del error (de indicación).

B.3.3 Calculador (incluido el dispositivo indicador)

B.3.3.1 Cálculo del error (de indicación) relativo de un calculador (incluido el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de impulsos simulada

$$E_{c(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.2)

En donde

 $E_{c(i)}$ (i=1,2,...n) es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, del calculador (incluido el dispositivo indicador, a un caudal i (i=1,2...n);

 $V_{\rm i}$ es el volumen registrado por el dispositivo indicador, adicionado durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³;

 $V_{\rm a} = C_{\rm p} T_{\rm p}$ es el volumen de agua equivalente al número total de impulsos de volumen inyectado al dispositivo indicador durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³.

en el cual

 $C_{\rm p}$ es la constante que equivale al volumen nominal del agua a cada impulso, m 3 /impulso,

 $T_{\rm p}$ es el número total de impulsos de volumen inyectado durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, impulsos,

B.3.3.2 Cálculo del error (de indicación) relativo de un calculador (incluido el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de corriente simulada

$$E_{c(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.3)

En donde

 $V_{\rm i}$

 $E_{c (i) (i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, del calculador (incluido el dispositivo indicador, a un caudal i (i=1,2...n);

es el volumen registrado por el dispositivo indicador, adicionado durante el período

de ensayo t_d , m³;

 $V_{\rm a} = C_{\rm I} I_{\rm t} t_{
m d}$ es el volumen de agua equivalente a la corriente de la señal promedio inyectada

al calculador durante el período de ensayo t_d , m³.

en el cual

 C_I es la constante que relaciona la señal de corriente con el caudal, m³·h⁻¹·mA⁻¹,

 $t_{\rm d}$ es la duración del período de ensayo, h,

 $I_{\rm t}$ es la señal de entrada de corriente promedio durante el período de ensayo, $t_{\rm d},\,{\rm mA};$

B.3.3.3 Cálculo del error (de indicación) relativo de un calculador (incluido el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada de tensión simulada

$$E_{c(i)(i=1, 2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.4)

En donde

 $E_{c(i)(i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, del calculador (incluido el dispositivo indicador, a un caudal i (i = 1, 2 ... n);

 $V_{\rm i}$ es el volumen registrado por el dispositivo indicador, adicionado durante el período de ensayo $t_{\rm d},\,{\rm m}^3;$

 $V_{\rm a} = C_{\rm U} U_{\rm c} t_{\rm d}$ es el volumen de agua equivalente a la tensión de la señal promedio inyectada al calculador durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, (m³)

en el cual

 C_U es la constante que relaciona la señal de entrada de tensión con el caudal, $m^3 \cdot h^{-1} \cdot V^{-1}$.

 $t_{\rm d}$ es la duración del período de ensayo, h,

 $U_{\rm c}$ es el valor promedio de la señal de entrada de tensión durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, V;

B.3.3.4 Cálculo del error (de indicación) relativo de un calculador (incluido el dispositivo indicador) ensayado con una señal de entrada codificada simulada

$$E_{c(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.5)

En donde

 $E_{c (i) (i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, del calculador (incluido el dispositivo indicador, a un caudal i (i=1,2...n);

 $V_{\rm a}$ es el volumen de agua equivalente al valor numérico de la señal de entrada codificada, inyectado al dispositivo indicador durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³;

 $V_{\rm i}$ es el volumen registrado por el dispositivo indicador, adicionado durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³.

B.3.4 Transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen)

B.3.4.1 Cálculo del error (de indicación) relativo de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) con una señal de salida de impulsos

$$E_{t(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.6)

En donde

 $E_{t(i)}$ (i=1,2,...n) es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, de un transducto de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) a un caudal i (i=1,2...n);

 $V_{\rm a}$ es el volumen de referencia del agua recolectada durante el período de ensayo $t_{\rm d},\,{\rm m}^3;$

 $V_{\rm i} = C_{\rm p} T_{\rm p}$ es el volumen de agua equivalente al número total de impulsos de volumen emitidos desde el transductor de medición durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, m^3

en el cual

 $C_{\rm p}$ es la constante equivalente al volumen nominal de agua para cada impulso de salida, m 3 /impulso.

 $T_{\rm p}$ es el número total de impulsos de volumen emitidos durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, impulsos.

B.3.4.2 Cálculo del error (de indicación) relativo de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) con una señal de salida de corriente

$$E_{t(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.7)

En donde

 $E_{\text{t}(i)(i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) a un caudal i (i = 1, 2 ... n);

 $V_{\rm a}$ es el volumen de referencia del agua recolectada durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³;

 $V_{\rm i} = C_I I_{\rm t} t_d$ es el volumen de agua equivalente a la señal de salida de corriente promedio emitida desde el transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, m^3

en el cual

 C_I es la constante que relaciona la corriente de la señal de salida con el caudal, $m^3 \cdot h^{-1} \cdot mA^{-1}$,

t_d es la duración del período de ensayo, en h,

 $I_{\rm t}$ es la señal de salida de corriente promedio emitida durante el período de de ensayo, $t_{\rm d}$, mA.

B.3.4.3 Cálculo del error (de indicación) relativo de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) con una señal de salida de tensión

$$E_{t(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.8)

En donde

 $E_{\mathrm{t}\,(i)\,(i=1,2,\ldots n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) a un caudal $i\,(i=1,2\ldots n);$

 $V_{\rm a}$ es el volumen de referencia del agua recolectada durante el período de ensayo $t_{\rm d},\,{
m m}^3;$

 $V_{\rm i} = C_U t_{\rm d} U_t$ es el volumen de agua equivalente a la tensión promedio de la señal emitida por el transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) y su duración, medida durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, m³

en el cual

 C_U es la constante que relaciona la señal de salida de tensión emitida, con el caudal, m³·h⁻¹·V⁻¹,

t_d es la duración del período de ensayo, en h,

 $U_{\rm t}$ es la señal de salida de tensión promedio emitida durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, V.

B.3.4.4 Cálculo del error (de indicación) relativo de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) con una señal de salida codificada

$$E_{t(i)(i=1,2...n)} = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\%$$
 (B.9)

En donde

 $E_{t (i) (i=1,2,...n)}$ es el error (de indicación) relativo, expresado como un porcentaje, de un transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen a un caudal i (i

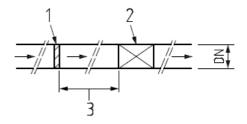
 $V_{\rm a}$ es el volumen de referencia del agua recolectada durante el período de ensayo $t_{\rm d}$, m³:

 $V_{\rm i}$ es el volumen de agua equivalente al valor numérico de la señal de salida codificada emitida desde el transductor de medición (incluido el sensor de flujo o de volumen) durante el período de ensayo, $t_{\rm d}$, ${\rm m}^3$.

Anexo C (Obligatorio)

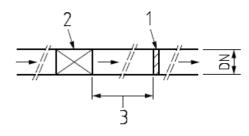
Requisitos de instalación para ensayos de perturbación del flujo

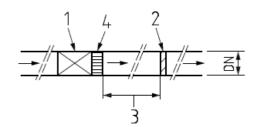
Los requisitos de instalación para los ensayos de perturbación del flujo se ilustran en la Figura C.1. El rectificador de flujo puede ser un ensamble que consta de un rectificador y de una longitud recta entre este y el flujómetro.



Ensayo 1: sin rectificador

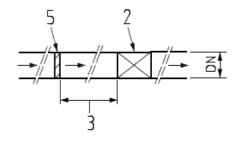
Ensayo 1A: con rectificador

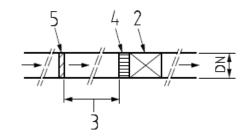




Ensayo 2: sin rectificador

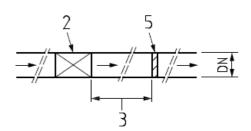
Ensayo 2A: con rectificador

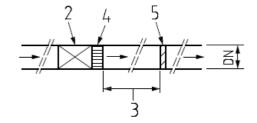




Ensayo 3: sin rectificador

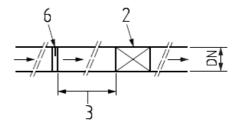
Ensayo 3A: con rectificador





Ensayo 4: sin rectificador

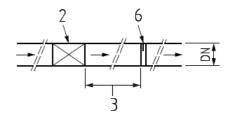
Ensayo 4A: con rectificador

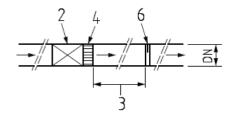


6 4 2 3

Ensayo 5: sin rectificador

Ensayo 5A: con rectificador





Ensayo 6: sin rectificador

Ensayo 6A: con rectificador

Convenciones

Diagrama de perturbación de flujo

- perturbador tipo 1 generador de remolino con giro a la izquierda
- 2 medidor
- 3 longitud recta

- 4 rectificador
- 5 perturbador tipo 2 generador de remolino con giro a la derecha
- 6 perturbador tipo 3 perturbador de flujo de perfil de velocidad

Figura C.1 Requisitos de instalación para ensayos de perturbación del flujo

Anexo D (Obligatorio)

Evaluación de modelo de una familia de medidores de agua

D.1 Familias de medidores de agua

El presente anexo describe los criterios que ha de aplicar el organismo responsable para la aprobación de modelo al decidir si se puede considerar que un grupo de medidores de agua es de la misma familia, para propósitos de aprobación de modelo, en donde solo se van a ensayar medidores de tamaños seleccionados.

D.2 Definición

Una familia de medidores es un grupo de medidores de agua de diferentes tamaños y/o caudales, en la cual todos los medidores tienen las siguientes características:

- el mismo fabricante:
- similitud geométrica de las partes mojadas;
- el mismo principio de medición;
- las mismas relaciones Q_3/Q_1 ;
- la misma clase de precisión;
- la misma clase de temperatura;
- el mismo dispositivo electrónico para cada tamaño de medidor;
- un patrón similar de diseño y de ensamble de componentes;
- los mismos materiales para componentes que son críticos en el desempeño del medidor;
- Los mismos requisitos de instalación relativos al tamaño del medidor, por ejemplo, 10 *D* (diámetro del tubo) de tubo recto aguas arriba del medidor, y 5*D* de tubo recto aguas abajo del medidor.

D.3 Selección del medidor

Al considerar qué tamaños de una familia de medidores de agua se deberían someter a ensayo, se deben seguir las reglas siguientes:

- a) El organismo responsable de la aprobación de modelo debe declarar las razones para incluir y omitir en el ensayo tamaños particulares de medidores.
- b) Siempre se debe ensayar el medidor más pequeño de cualquier familia de medidores.
- c) Se deben considerar para ensayo los medidores que tengan los parámetros de operación más extremos dentro de una familia, por ejemplo, el mayor intervalo de caudal, la velocidad periférica más alta (pico) de las partes móviles, etc.

- d) Si resulta práctico, siempre se debería ensayar el medidor más grande de cualquier familia de medidores. Sin embargo, si no se ensaya el medidor más grande, entonces no se debe aprobar como parte de la familia ningún medidor que tenga $Q_3>2Q_3$ del medidor más grande ensayado.
- e) Los ensayos de durabilidad solo se exigirán en el tamaño de medidores en el que se espere el mayor desgaste.
- f) Para medidores sin partes móviles en el transductor de medición, para los ensayos de durabilidad se debe seleccionar el menor tamaño.
- g) Solo se exigirán los ensayos en más de una orientación, en los tamaños de medidores en los que se lleva a cabo el ensayo de durabilidad.
- h) Todos los ensayos de desempeño relacionados con perturbaciones y magnitudes de influencia se deben llevar a cabo en un tamaño de una familia de medidores.
- i) Los ensayos de presión estática (7.3), temperatura del agua (7.5), temperatura del agua de sobrecarga (7.6), presión del agua (7.7), flujo inverso (7.8), pérdida de presión (7.9), perturbación del flujo (7.10), campo magnético (8.16) y ausencia de flujo (8.17) se requieren para el medidor de menor tamaño y para otro tamaño. Para familias de medidores en las cuales todos los tamaños de medidores tienen DN ≥ 300, solo es necesario ensayar un tamaño de medidor.
- j) Los miembros de la familia subrayados en la Figura D.1 se pueden considerar como un ejemplo para el ensayo.

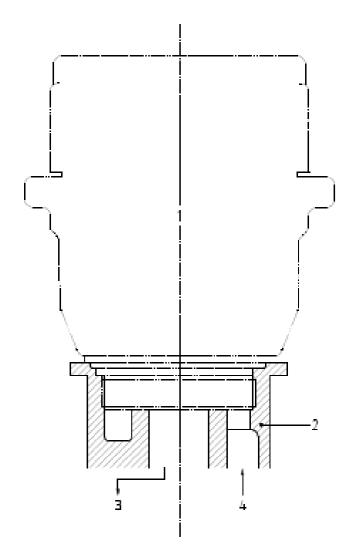
- Nota 1: Cada fila representa una familia, en donde el medidor 1 es el más pequeño.
- Nota 2: Las familias pueden ser tan grandes como se desee.

Figura D.1 Ejemplo de representación de miembros de una familia de medidores que se va a ensayar

Anexo E (Informativo)

Ejemplos de métodos y componentes usados para ensayar medidores de agua concéntricos

La Figura E.1 presenta un ejemplo de una conexión de un múltiple para un medidor de agua concéntrico.



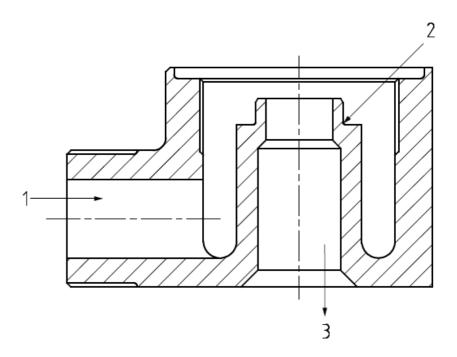
Convenciones

- 1 medidor de agua concéntrico 2 múltiple de medidor de agua concéntrico (vista parcial)
- flujo de agua hacia afuera flujo de agua hacia adentro

Figura E.1 Ejemplo de una conexión de múltiple para un medidor de agua concéntrico

Para ensayar el medidor se puede usar un múltiple de ensayo con presión especial, como el que se ilustra en la Figura E.2. Para asegurar que durante el ensayo los sellos operen a sus condiciones más desfavorables, las dimensiones de la superficie de sellado del múltiple para el ensayo de presión deberían estar en los límites apropiados de sus tolerancias de fabricación, de acuerdo con las dimensiones de diseño especificadas.

Antes de someter el medidor a la evaluación de modelo, se le puede solicitar al fabricante del medidor que selle el medidor en un punto sobre la ubicación del sello interno de la interfaz medidor/múltiple, utilizando un medio adecuado al diseño del medidor. Cuando el medidor concéntrico está conectado al múltiple de ensayo de presión y está presurizado, es necesario poder ver la fuente de cualquier fuga que fluye desde la salida del múltiple de ensayo de presión y distinguir entre esta y una fuga a causa de un dispositivo de sellado colocado de forma incorrecta. La Figura E.3 ilustra un ejemplo de un diseño de tapón adecuado a muchos diseños de medidor, pero se puede usar cualquier otro medio adecuado.

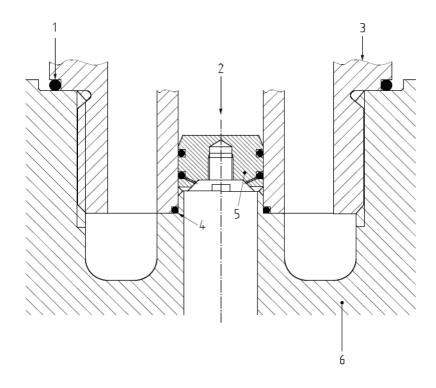


Convenciones

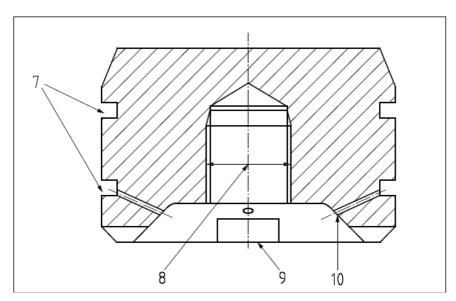
- 1 Posición del sello interno
- a Presión

Trayectoria de la fuga de agua que pasa el sello

Figura E.2 Ejemplo de un múltiple para ensayo de presión de sellos de medidores concéntricos



a) Sección a través del medidor y del múltiple, que ilustra el tapón de ensayo en posición



b) Detalle del tapón de ensayo

Convenciones

1	sello externo del medidor	6	ranuras de anillo tórico
2	medidor	7	rosca para perno de extracción
3	sello interno del medidor	8	4-6 hendiduras a distancias iguales
4	tapón de ensayo (ver detalle en b))	9	orificio de fuga "testigo"
5	múltiple	а	presión

Figura E.3 Ejemplo de un tapón para ensayo de presión de sellos de medidores concéntricos

Anexo F (Informativo)

Determinación de la densidad del agua

La densidad del agua en el medidor de ensayo se calcula con las fórmulas de la International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS), como se indica a continuación:

F.1 Densidad del agua destilada libre de aire a 101,325 kPa

$$\rho_{\text{dw}}(t) = a_0 \left(\frac{1 + a_1 \theta + a_2 \theta^2 + a_3 \theta^3}{1 + a_4 \theta + a_5 \theta^2} \right)$$
(F.1)

En donde

 $\rho_{\rm dw}(t)$ es la densidad del agua destilada libre de aire a una temperatura t, en kg/m³;

 θ es una temperatura normalizada, $\theta = t/100$;

es la temperatura, en °C, en la escala de temperatura ITS-90;

 a_i son los coeficientes de la ecuación, presentados en la siguiente tabla.

a_i							
i = 0 $i = 1$ $i = 2$ $i = 3$ $i = 4$ $i = 5$							
999,843 82	1,463 938 6	-0,015 505 0	-0,030 977 7	1,457 209 9	0,064 893 1		

F.2 Factor de corrección de presión

$$B = a_0 \left(\frac{1 + a_1 \theta + a_2 \theta^2 + a_3 \theta^3}{1 + a_4 \theta} \right)$$
 (F.2)

En donde

B es la compresibilidad isotérmica del agua a presión ambiente, Pa⁻¹;

 θ es una temperatura normalizada, $\theta = t/100$;

es la temperatura en grados Celsius (ITS-90);

 a_i son los coeficientes de la ecuación, presentados en la siguiente tabla.

a_i								
i = 0	i = 1	i = 2	i = 3	i = 4				
5,088 21 × 10 ⁻¹⁰	1,263 941 8	0,266 026 9	0,373 483 8	2,020 524 2				

F.3 Densidad del agua en el flujómetro

$$\rho_{\rm W}(t) = \rho_{\rm dw}(1 + Bp)d_{\rm H2O}$$
 (F.3)

En donde

p es la presión manométrica en el flujómetro (Pa);

 $d_{
m H2O}$ es la relación entre la densidad del agua de la instalación de ensayo y la del agua pura, medida en las mismas condiciones (normalmente, temperatura y presión ambiente).

Nota 1: Las fórmulas (F.1) a (F.3) se tomaron de las fórmulas de IAPWS-95 (Referencia [7]) y son válidas para temperaturas de hasta 80 °C. Cuando las temperaturas exceden 80 °C, se recomienda usar las ecuaciones de estado completas proporcionadas en las fórmulas IAPWS-95 ó -98. Las fórmulas completas prevén la calibración de los medidores de agua caliente y calibraciones a presión. Las ecuaciones para la densidad del agua destilada, sugeridas en las Referencias [8]–[10], son adecuadas para uso en metrología legal, usualmente en la determinación de volumen mediante pesaje en condiciones atmosféricas. No se recomiendan para calibraciones de medidores de agua, ya que se aplican únicamente a temperaturas de hasta 40 °C y no tienen asociadas fórmulas de corrección de presión.

Nota 2: En la Tabla F.1 se presenta una tabla de densidades calculadas de la fórmula de IAPWS para agua destilada libre de aire, y que se aplican para temperaturas entre 0 °C y 80 °C y una presión de 101,325 kPa.

Tabla F.1 Densidad del agua destilada libre de aire [de la fórmula (F.1)]

Temperatura	Densidad	Temperatura del agua	Densidad	Temperatura	Densidad	Temperatura	Densidad
del agua			•	del agua		del agua	
°C	kg/m ³	°C	kg/m ³	°C	kg/m ³	°C	kg/m ³
0	999,84	20	998,21	40	992,22	60	983,20
1	999,90	21	998,00	41	991,83	61	982,68
2	999,94	22	997,77	42	991,44	62	982,16
3	999,97	23	997,54	43	991,04	63	981,63
4	999,98	24	997,30	44	990,63	64	981,09
5	999,97	25	997,05	45	990,21	65	980,55
6	999,94	26	996,79	46	989,79	66	980,00
7	999,90	27	996,52	47	989,36	67	979,45
8	999,85	28	996,24	48	988,93	68	978,90
9	999,78	29	995,95	49	988,48	69	978,33
10	999,70	30	995,65	50	988,04	70	977,76
11	999,61	31	995,34	51	987,58	71	977,19
12	999,50	32	995,03	52	987,12	72	976,61
13	999,38	33	994,71	53	986,65	73	976,03
14	999,25	34	994,37	54	986,17	74	975,44
15	999,10	35	994,03	55	985,69	75	974,84
16	998,95	36	993,69	56	985,21	76	974,24
17	998,78	37	993,33	57	984,71	77	973,64
18	998,60	38	992,97	58	984,21	78	973,03
19	998,41	39	992,60	59	983,71	79	972,41
20	998,21	40	992,22	60	983,20	80	971,79
Valores tomad	dos de la Re	eferencia [7].					

Anexo G (Informativo)

Incertidumbres máximas en la medición de factores de influencia y perturbaciones

G.1 Introducción

Los literales G.2 a G.10 presentan las incertidumbres máximas que se pueden aplicar a los diferentes ensayos de desempeño. Se debería suponer que estas incertidumbres incluyen un factor de cobertura de k = 2.

Cuando una magnitud de influencia se declara como un valor nominal con tolerancias, por ejemplo 55 ± 2 °C, el valor nominal de la magnitud de influencia (55 °C en el ejemplo) es el valor previsto para el ensayo. Sin embargo, para cumplir con la tolerancia declarada para la magnitud de influencia, la incertidumbre del instrumento de medición que se usa para medir esa magnitud se debe restar del valor absoluto de la tolerancia para obtener los límites de tolerancia reales que se van a aplicar durante un ensayo.

Ejemplo: Si la temperatura del aire se va a regular a 55 \pm 2 °C y la incertidumbre del instrumento de medición de temperatura es de 0,4 °C, entonces la temperatura real durante el ensayo debe ser de 55 \pm 1,6 °C.

Cuando la magnitud de influencia se da como un intervalo, por ejemplo, la temperatura del aire del ambiente es de 15 °C a 25 °C, esto implica que la influencia de este efecto no es significativa. Sin embargo, la temperatura del aire debería estar a un valor constante dentro de ese intervalo, en este caso, a temperatura ambiente normal.

G.2 Entradas de señales simuladas al calculador

Resistencia: 0,2 % de resistencia aplicada

Corriente: 0,01 % de corriente aplicada

Tensión 0,01 % de tensión aplicada

Frecuencia de impulsos: 0,01 % de frecuencia aplicada

G.3 Ensayos de calor seco, calor húmedo (cíclico) y frío

Presión del agua: 5 %
Presión del aire del ambiente: 0,5 kPa
Temperatura del agua 0,4 °C
Temperatura del aire del ambiente: 0,4 °C
Humedad: 0,6 %

Tiempo (t). (Duración de la aplicación de la magnitud de influencia):

0 < t < 2 h: 1 s t > 2 h: 10 s

G.4 Variación de la tensión de alimentación

Tensión (red C.A): ≤ 0,2 % de la tensión aplicada

Tensión (red CA/CC): ≤ 0.2 % de la tensión aplicada Tensión (baterías): ≤ 0.2 % de la tensión aplicada Frecuencia de la red: ≤ 0.2 % de la frecuencia aplicada Distorsión armónica: ≤ 0.2 % de la corriente aplicada

G.5 Variación de la frecuencia de la red

Tensión de la red: ≤ 0,2 % de la tensión aplicada

Frecuencia de la red: ≤ 0,2 % de la frecuencia aplicada

Distorsión armónica: ≤ 0,2 % de la corriente aplicada

G.6 Reducción de energía de corta duración

Tensión aplicada: ≤ 0,2 % de la tensión nominal de la red

Frecuencia de la red: ≤ 0,2 % de la frecuencia aplicada

Distorsión armónica: ≤ 0,2 % de la corriente aplicada

G.7 Ráfagas eléctricas

Tensión de la red: ≤ 0,2 % de la tensión aplicada

Frecuencia de la red: ≤ 0,2 % de la frecuencia aplicada

Transitorios de tensión: ≤ 0,2 % de la tensión pico

Tiempo (t):

15 ms < t < 300 ms: ≤1 ms

5 ns < t < 50 ns: ≤1 ns

G.8 Descarga electrostática

Tensión de la red: ≤ 0,2 % de la tensión aplicada

Frecuencia de la red: ≤ 0,2 % de la frecuencia aplicada

Tensión aplicada: $\leq x^a$ % de la tensión pico

Carga eléctrica: $\leq x^a$ % de la descarga aplicada

^a Estos valores de incertidumbre no estaban disponibles en el momento de la publicación de este documento.

G.9 Interferencia electromagnética

Tensión: ≤ 0,2 % de la tensión aplicada

Frecuencia: ≤ 0,2 % de la frecuencia aplicada

Tasa de barrido: $\leq 2.5 \times 10^{-4}$ octava/s

Intensidad del campo: ≤ 0,2 % de la intensidad del campo aplicada

Distorsión armónica: ≤ 0,2 % de la corriente aplicada

G.10 Vibración mecánica

Frecuencia: $\leq x^a \text{ Hz}$

Distorsión armónica: $\leq x^a$ % de [completar aquí]

Aceleración: $\leq x^a \text{ m/s}^2$

Desplazamiento lineal: $\leq x^a \text{ mm}$

Tiempo (t): $\leq x^a$ s

^a Estos valores de incertidumbre no estaban disponibles en el momento de la publicación de este documento.

Anexo H (Informativo)

Tomas de presión para el ensayo de pérdida de presión, detalles de los orificios y de las ranuras

H.1 Generalidades

La pérdida de presión de un medidor de agua se puede determinar a partir de las mediciones de la presión diferencial a través del medidor al caudal estipulado. Se obtiene usando el método especificado en el numeral 7.9.

H.2 Diseño de las tomas de presión de la sección de medición

Se deberían colocar tomas de presión de diseño y dimensiones similares, en los tubos de entrada y salida de la sección de medición.

Las tomas de presión pueden consistir en orificios perforados a través de la pared del tubo o pueden ser ranuras anulares en la pared del tubo, en cualquier caso, perpendiculares al eje del tubo. Debería haber por lo menos cuatro orificios para las tomas de presión, equidistantes en un plano alrededor de la circunferencia del tubo.

En las Figuras H.1, H.2, y H.3 se presentan diseños recomendados para las tomas de presión.

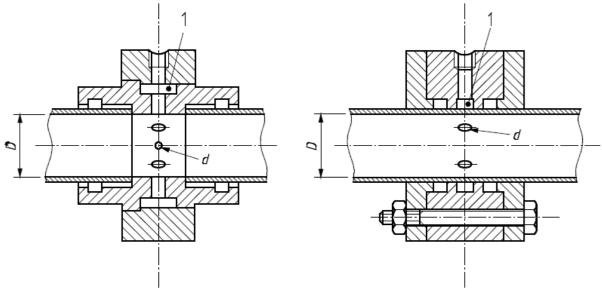
También se pueden usar otros medios, como por ejemplo un anillo o una cámara de equilibrio.

H.3 Detalles de las tomas de presión, orificios y ranuras

Los orificios perforados a través de la pared del tubo deberían ser perpendiculares al eje del tubo. Las tomas no deberían tener más de 4 mm ni menos de 2 mm de diámetro. Si el diámetro del tubo es inferior o igual a 25 mm, el diámetro de las tomas debería estar lo más cerca posible de 2 mm. El diámetro de los orificios debería permanecer constante una distancia mínima del doble del diámetro de la toma antes de penetrar en el tubo. Los orificios perforados a través de la pared del tubo deberían estar libres de rebabas en los bordes en donde penetran los diámetros internos de los tubos de entrada y salida. Los bordes deberían ser bien definidos, sin radio ni bisel.

Las ranuras deberían ser perpendiculares al eje del tubo y deberían tener las dimensiones siguientes:

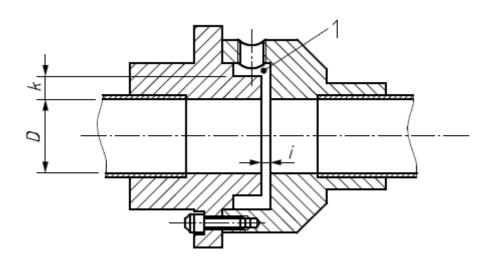
- ancho b igual a 0,08D pero no menor de 2 mm ni mayor de 4 mm;
- profundidad h mayor de 2b.



Convención

1 cámara anular

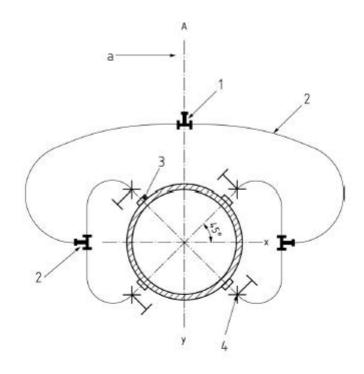
Figura H.1 Ejemplo de toma de presión de tipo orificio perforado con cámara anular, adecuada para secciones de ensayo de diámetro pequeño/mediano

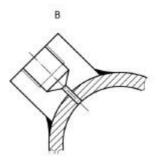


Convención

1 cámara anular

Figura H.2 Ejemplo de toma de presión de tipo ranura con cámara anular, adecuada para secciones de ensayo de diámetro pequeño/mediano





Convenciones

- A sección transversal a través del tubo y de las tomas de presión
- y eje vertical
- 1 tubo en T
- 3 toma de presión (ver B)
- al manómetro

- B detalle de toma de presión y copa
- x eje horizontal
- 2 manguera flexible o tubo de cobre
- grifo de aislamiento

Figure H.3 Ejemplo de toma de presión de tipo orificio, con conexiones entre tomas para obtener presión estática media, adecuada para secciones de ensayo de diámetro mediano o grande

Anexo I (Obligatorio)

Perturbadores de flujo

I.1 Generalidades

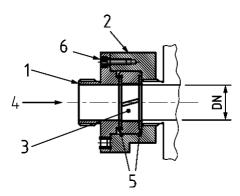
Las Figuras I.1 a I.12 ilustran los tipos de perturbadores de flujo que se usan en los ensayos, como se especifica en el numeral 7.10.

Nota: Todas las dimensiones de los dibujos son en milímetros, a menos que se indique algo diferente.

Las dimensiones maquinadas deben tener una tolerancia de \pm 0,25 mm, a menos que se indique algo diferente.

I.2 Generadores de perturbación de tipo roscado

La Figura I.1 ilustra un montaje de unidades de generador de remolinos para un generador de perturbaciones de tipo roscado.

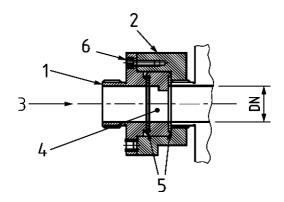


Convenciones

Elemento	Descripción	Cantidad	Material:
1	cubierta	1	acero inoxidable
2	cuerpo	1	acero inoxidable
3	generador de remolinos	1	acero inoxidable
4	flujo	_	_
5	empaque	2	fibra
6	tornillo de cabeza hueca hexagonal	4	acero inoxidable

Figura I.1 Generador de perturbaciones tipo roscado. Montaje de unidades de generador de remolinos: perturbador tipo 1 - generador de remolinos con giro a la izquierda; tipo 2 - generador de remolinos con giro a la derecha

La Figura I.2 ilustra un montaje de unidades de perturbación de perfil de velocidad para un generador de perturbaciones de tipo roscado.



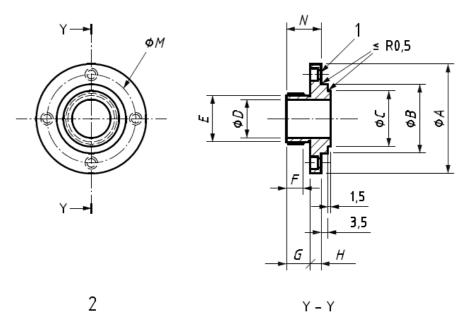
Convenciones

Elemento	Descripción	Cantidad	Material
1	cubierta	1	acero inoxidable
2	cuerpo	1	acero inoxidable
3	flujo	_	_
4	perturbador de flujo	1	acero inoxidable
5	empaque	2	fibra
6	tornillo de cabeza hueca hexagonal	4	acero inoxidable

Figura I.2 Generador de perturbaciones de tipo roscado. Montaje de unidades de perturbación de perfil de velocidad: perturbador tipo 3.

Perturbador de flujo de perfil de velocidad

La Figura I.3 ilustra la cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.1.



Convención

4 orificios ϕJ , diámetro interno $\phi K \times L$

rugosidad de toda la superficie maquinada 3,2 μm

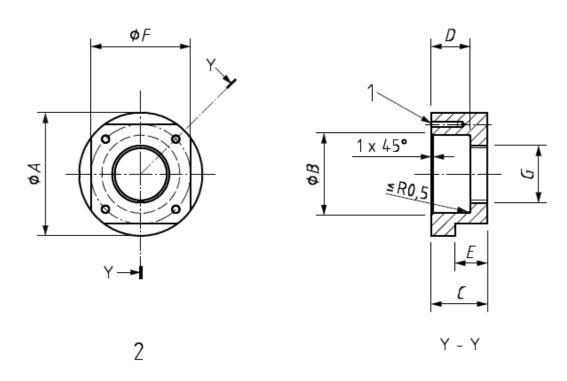
Figura I.3 Cubierta de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.1.

Tabla I.1 Dimensiones de la cubierta (elemento 1) para un generador de perturbaciones de tipo roscado (ver la Figura I.3)

DN	Α	B (e9 ^a)	С	D	E _p	F	G	Н	J	K	L	М	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 ¼ " 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 59,866	50	40	G 2 " B	13	18,5	6,5	5,5	9,0	5	70	30
50	102	69,940 69,866	62	50	G 2 1/2 " B	13	20,0	8,0	6,5	10,5	6	84	33

a Ver la norma ISO 286-2.^[2]

La Figura I.4 ilustra el cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.2.



Convenciones

1 4 orificios $\phi H \times$ profundidad J. Rosca con macho K x L Rugosidad en toda la superficie maquinada 3,2 µm

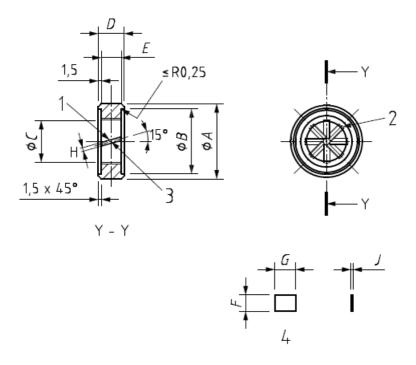
Figura I.4 Cuerpo de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.2.

b Ver la norma ISO 228-1.^[1]

Tabla I.2 Dimensiones del cuerpo (elemento 2) para un generador de perturbaciones de tipo roscado (ver la Figura I.4)

DN	Α	B (H9 ^a)	С	D	E	F	G	Н	J	K	L	М
15	52	30,052 30,000	23,5	15,5	15	46	G ¾ " 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 I	^a Ver la norma ISO 286-2.											

La Figura I.5 ilustra el generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.3.



Convenciones

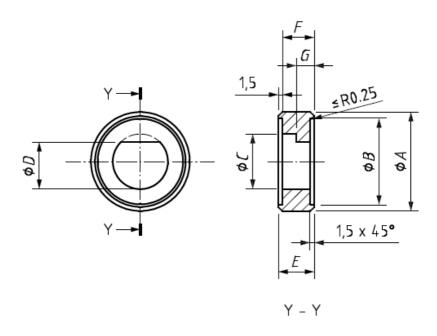
- 1 8 ranuras a igual distancia para colocar las cuchillas
- 2 ubicación de las cuchillas en las ranuras y soldadura Rugosidad de la toda superficie maquinada, 3,2 μm
- 3 profundidad en el centro de la ranura, 0,76
- 4 detalle de la cuchilla

Figura I.5 Generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.3.

Tabla I.3 Dimensiones del generador de remolinos (elemento 3) de un generador de perturbaciones de tipo roscado (ver la Figura I.5)

DN	A (d10 ^a)	В	С	D	E	F	G	Н	J				
15	29,935 29,851	25	15	10,5	7,5	6,05	7,6	0,57 0,52	0,50				
20	35,920 35,820	31	20	13,0	10,0	7,72	10,2	0,57 0,52	0,50				
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				
			а	Ver ISC	a Ver ISO 286-2. ^[2]								

La Figura I.6 ilustra el perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.4.



Rugosidad en toda la superficie maquinada 3,2 µm

Figura I.6. Perturbador de flujo para un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.4.

Tabla I.4 Dimensiones del perturbador de flujo (elemento 4) de un generador de perturbaciones de tipo roscado (ver la Figura I.6)

DN	A (d10 ^a)	В	С	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}	a Ver la norma ISO 286-2. ^[2]								

La Figura I.7 ilustra el empaque de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.5.

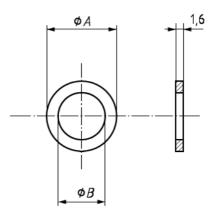
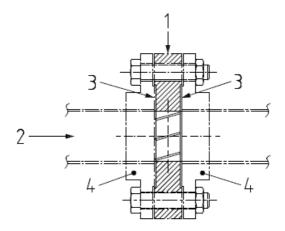


Figura I.7. Empaque de un generador de perturbaciones de tipo roscado, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.5.

Tabla I.5 Dimensiones del empaque (elemento 5) de un generador de perturbaciones de tipo roscado (ver la Figura I.7)

DN	Α	В
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

La Figura I.8 ilustra un montaje de unidades de generador de remolinos para un generador de perturbaciones de tipo plaqueta.

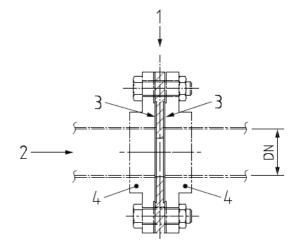


Convenciones

Elemento	Descripción	Cantidad	Material
1	generador de remolinos	1	acero inoxidable
2	flujo		
3	empaque	2	fibra
4	longitud recta con brida (ISO 7005-2 ^[3]	4	acero inoxidable

Figura I.8 Generador de perturbaciones tipo plaqueta. Montaje de unidades de generador de remolinos: Perturbador tipo 1 - generador de remolinos con giro a la izquierda; perturbador tipo 2 - generador de remolinos con giro a la derecha

La Figura I.9 ilustra un montaje de unidades de perturbación de perfil de velocidad para un generador de perturbaciones tipo plaqueta.

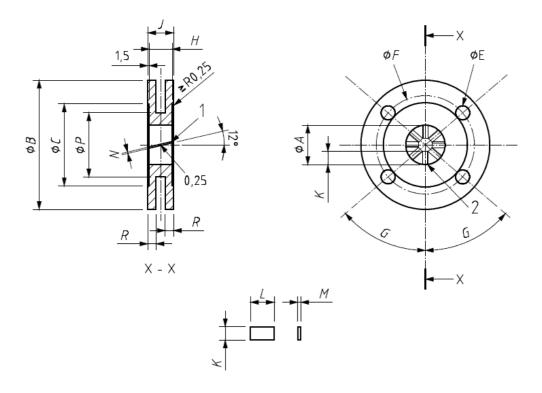


Convenciones

Elemento	Descripción	Cantidad	Material
1	perturbador de flujo	1	acero inoxidable
2	flujo		
3	empaque	2	libra
4	longitud recta con brida (ISO 7005-2 ^[3] ó ISO 7005-3 ^[4]	4	acero inoxidable

Figura I.9 Generador de perturbaciones de tipo plaqueta. Montaje de unidades de perturbación de perfil de velocidad: perturbador tipo 3 - Perturbador de flujo con perfil de velocidad

La Figura I.10 ilustra el generador de remolinos de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.6.



Convenciones

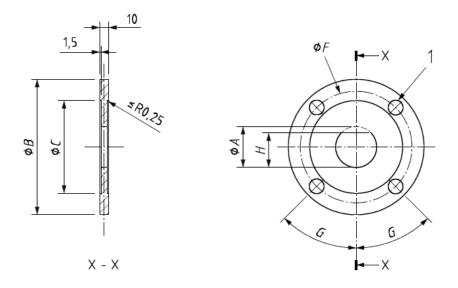
- 1 8 ranuras a igual distancia para colocar las cuchillas
- 2 cuchillas para fijar (con soldadura)
- 3 detalle de la cuchilla

Figura I.10 Generador de remolinos para un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.6.

Tabla I.6 Dimensiones del generador de remolinos (elemento 1) de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta (ver la Figura I.10)

DN	Α	В	С	D	Е	F	G	Н	J	K	L	M	N	Р	R
50	50	165	10 4	4	18	125	45°	25	28	16,9	25,5	1,5	1,57 1,52		_
65	65	185	12 4	4	18	145	45°	33	36	21,9	33,4	1,5	1,57 1,52	_	_
80	80	200	13 9	8	18	160	22 ½ °	40	43	26,9	40,6	1,5	1,57 1,52		_
100	100	220	15 9	8	18	180	22 ½ °	50	53	33,6	50,8	1,5	1,57 1,52	_	_
125	125	250	18 9	8	18	210	22 ½ °	63	66	41,9	64,1	1,5	1,57 1,52	_	_
150	150	285	21 4	8	22	240	22 ½ °	75	78	50,3	76,1	3,0	3,07 3,02	195	22
200	200	340	26 9	8	22	295	22 ½ °	100	103	66,9	101, 6	3,0	3,07 3,02	245	24
250	250	395	32 4	12	22	350	15°	125	128	83,6	127, 2	3,0	3,07 3,02	295	26
300	300	445	37 4	12	22	400	15°	150	153	100, 3	152, 7	3,0	3,07 3,02	345	28
400	400	565	48 2	16	27	515	11 1/4 °	200	203	133, 6	203, 8	3,0	3,07 3,02	445	30
500	500	670	58 7	20	27	620	9°	250	253	166, 9	255, 0	3,0	3,07 3,02	545	32
600	600	780	68 7	20	30	725	9°	300	303	200, 3	306, 1	3,0	3,07 3,02	645	34
800	800	101 5	91 2	24	33	950	7 ½ °	400	403	266, 9	408, 3	3,0	3,07	845	36

La Figura I.11 ilustra el perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.7.



Convenciones

1 D orificios de ϕE

Tolerancia en toda la superficie maquinada, 3,2 µm

Figura I.11 Perturbador de flujo de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.7

Tabla I.7 Dimensiones del perturbador de flujo (elemento 2) de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta (ver la Figura I.11)

DN	Α	В	С	D	E	F	G	Н
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 ½ °	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 1/4	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 I.12 ilustra el empaque de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.8.

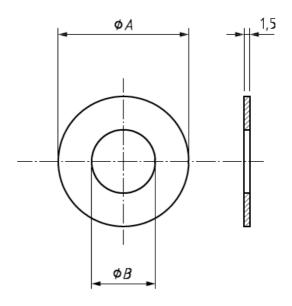


Figura I.12 Empaque de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta, con las dimensiones indicadas en la Tabla I.8.

Tabla I.8 Dimensiones del empaque (elemento 3) de un generador de perturbaciones de tipo plaqueta (ver la Figura I.12)

DN	Α	В
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

Bibliografía

- [1] ISO 228-1, Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads Part 1: Dimensions, tolerances and designation
- [2] ISO 286-2, Geometrical product specifications (GPS) ISO code system for tolerances on linear sizes Part 2: Tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts
- [3] ISO 7005-2, Metallic flanges Part 2: Cast iron flanges
- [4] ISO 7005-3, Metallic flanges Part 3: Copper alloy and composite flanges
- [5] IEC 60068-3-1, Environmental testing Part 3-1: Supporting documentation and guidance Cold and dry heat tests
- [6] OIML B 3:2003, OIML Certificate system for measuring instruments
- [7] Wagner W., Pruss A. The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use. J. Phys. Chem. Ref. Data. 2002, 31 pp. 387–535
- [8] Wagenbreth H., Blanke W. Die Dichte des Wassers im Internationalen Einheitensystem und in der Internationalen Praktischen Temperaturskala von 1968 [The density of water in the International System of Units and the International Practical Temperature Scale of 1968]. PTB Mitteilungen 1971, 81, pp. 412-415; Bettin H.F., Spieweck F. Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990 [The density of water as a function of temperature after the introduction of the International Temperature Scale of 1990]. PTB Mitteilungen. 1990, 100 pp. 195–196
- [9] Patterson J.C., Morris E.C. Measurement of absolute water density, 1 $^{\circ}$ C to 40 $^{\circ}$ C. Metrologia. 1994, 31 pp. 277–288
- [10] Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A., Bignell N. Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports. Metrologia. 2001, 38 pp. 301–309
- [11] ISO 5167-1:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full Part 1: General principles and requirements
- [12] IEC 60068-1, Environmental testing Part 1: General and guidance