

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



---

**Directriz  
DKD-R 8-3**

**Calibración de dispensadores de  
una sola carrera y buretas de  
pistón**

---

Edición 03/2020

<https://doi.org/10.7795/550.20220714>



	<b>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	2 / 26

## Deutscher Kalibrierdienst (DKD) – Servicio Alemán de Calibración

Constituido en 1977, el DKD reúne a laboratorios de calibración de empresas industriales, de institutos de investigación, de autoridades técnicas, así como de instituciones de inspección y ensayo. El 3 mayo de 2011, se realizó la constitución del nuevo DKD como Organismo Técnico del PTB y de los laboratorios acreditados.

Este organismo técnico, o sea gremio, se denomina Deutscher Kalibrierdienst (DKD – Servicio Alemán de Calibración) y está bajo la dirección del PTB. Las directrices y guías elaboradas por el DKD representan el estado de la técnica en los respectivos campos técnicos y están a la disposición del organismo de acreditación alemán (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS)) para la acreditación de laboratorios de calibración.

Los laboratorios de calibración acreditados son acreditados y supervisados por la DAkKS como sucesora legal del organismo de acreditación del DKD. Realizan calibraciones de dispositivos de medición y de medidas materializadas para las magnitudes y rangos de medida establecidos durante la acreditación. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios sirven como prueba de la trazabilidad a los patrones nacionales, tal como lo exige la familia de normas DIN EN ISO 9000 y la norma DIN EN ISO/IEC 17025.

### Contacto:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)  
 Oficina del DKD  
 Bundesallee 100 D-38116 Braunschweig  
 Apartado de correos 33 45 D-38023 Braunschweig  
 Teléfono Oficina DKD: +49-531-592 8021  
 Internet: [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	3 / 26

**Sugerencia para citar la fuente:**

*Directriz DKD-R 8-3 Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón, Edición 03/2020, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig y Berlin. DOI: 10.7795/550.20220714*

Esta obra, incluyendo cada una de sus partes, está protegida por derechos del autor y está sujeta a la licencia de usuario Creative Commons CC by-nc-nd 3.0

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). En este contexto, la expresión “no comercial” (NC) significa que la obra no debe ser distribuida o puesta a disposición del público con el fin de generar ingresos. La explotación de los contenidos para el uso comercial en laboratorios de calibración está expresamente permitida.



Autores: Los miembros del Subcomité Técnico del DKD *Volumen y Densidad*.

Publicado por el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) para el Servicio Alemán de Calibración (DKD) como resultado de la colaboración del PTB con el Comité Técnico *Mensurandos Químicos y Propiedades de los Materiales* / Subcomité Técnico *Volumen y Densidad* del DKD.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	4 / 26

## Prefacio

Las Directrices del DKD son documentos de uso o aplicación en conformidad con los requisitos de la norma DIN EN ISO/IEC 17025. Las Directrices describen procesos técnicos, de procedimiento y de organización que sirven a los laboratorios de calibración acreditados como modelo para el establecimiento de procedimientos y reglamentos internos. Las Directrices del DKD pueden formar parte de los manuales de gestión de la calidad de los laboratorios de calibración. La implementación de las Directrices garantiza que los dispositivos que han de ser calibrados se traten de forma igual en los distintos laboratorios de calibración y ayuda a mejorar la continuidad y la verificabilidad del trabajo de los laboratorios de calibración. Mediante la aplicación de las directivas, los laboratorios pueden llevar a la práctica el estado actual de la técnica en el campo respectivo.

Las Directrices del DKD no deben impedir la continuidad del desarrollo de los métodos y de los procesos de calibración. Cuando existen motivos técnicos que lo justifiquen y de acuerdo con el organismo de acreditación, se permiten desviaciones respecto de las Directrices, así como la aplicación de métodos nuevos.

Las calibraciones realizadas por laboratorios acreditados proporcionan al usuario la seguridad de obtener resultados de medición fiables, aumentan la confianza de los clientes y la competitividad en el mercado nacional e internacional. Además, sirven de base metrológica para el control de los equipos de medición y ensayo en el marco de las medidas de control de calidad.

La presente Directriz fue elaborada por el Comité Técnico *Mensurandos Químicos y Propiedades de los Materiales* / Subcomité Técnico *Volumen y Densidad* en cooperación con el PTB y los laboratorios de calibración acreditados. Fue aprobada por la Junta del DKD. Las Directrices DKD-R 8-1 "Calibración de pipetas de pistón con cámara de aire", DKD-R 8-2 "Calibración de dispensadores múltiples" y DKD-R 8-3 "Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón" forman una serie de publicaciones para la calibración de instrumentos volumétricos con pistón.

## Índice

Prefacio .....	4
1. Propósito y ámbito de aplicación .....	6
2. Símbolos .....	7
2.1 Abreviaciones y símbolos .....	7
2.2 Unidades .....	8
3. Definiciones .....	9
4. Objetivo de la calibración .....	10
5. Requisitos generales relativos a la aptitud de calibración de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón .....	10
5.1 Los requisitos de la norma DIN EN ISO 8655 .....	10
5.2 Requisitos según las informaciones sobre el producto proporcionadas por los fabricantes .....	10
5.3 Requisitos resultantes de las observaciones durante la calibración .....	11
6. Condiciones ambientales .....	11
7. Procedimiento de calibración .....	12
7.1 Los objetos de calibración .....	12
7.2 Observaciones adicionales para la calibración (como complemento a la norma DIN EN ISO 8655-6) .....	13
8. Incertidumbre de medida .....	17
8.1 Información general .....	18
8.2 Contribuciones a la incertidumbre de la balanza .....	19
8.3 Contribuciones a la incertidumbre: Temperatura del agua / Densidad del agua .....	20
8.4 Contribuciones a la incertidumbre: Temperatura del aire y humedad relativa .....	20
8.5 Contribución a la incertidumbre: Presión del aire .....	21
8.6 Influencias pertenecientes al sistema .....	21
8.7 Repetibilidad .....	22
8.8 Manejo / Instrumento .....	22
8.9 Presupuestos de incertidumbre .....	23
9. Bibliografía .....	23
Anexo A Dispensador de una sola carrera 10 ml .....	24
Anexo B Bureta de pistón 25 ml .....	25

	<b>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	6 / 26

## 1. Propósito y ámbito de aplicación

Esta Directriz define los requisitos mínimos de procedimiento para la calibración de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón (sin y con motor), considerando también las influencias especiales y las contribuciones a la incertidumbre.

En el caso de los dispositivos con unidades de dosificación intercambiables, las definiciones y los requisitos se refieren a la combinación de dispositivo básico y unidad de dosificación utilizada.

### Otras normas y reglamentos aplicables

DIN EN ISO 8655 Teil 1, 3, 5, 6	<b>Volumenmessgeräte mit Hubkolben</b> (Traducción del título al español: Aparatos volumétricos accionados mediante pistón (Parte 1, 5, 6))
ISO/TR 20461	<b>Determination of uncertainty for volume measurements made using the gravimetric method, November 2000 / Technical Corrigendum 1, December 2008</b> (Traducción del título al español: Determinación de la incertidumbre para las mediciones de volumen realizadas utilizando el método gravimétrico, noviembre 2000 / Corrigendum Técnico 1, diciembre 2008)
JCGM 100: 2008	<b>Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, September 2008</b> (Traducción del título al español: Evaluación de datos de medición – Guía para la expresión de la incertidumbre de medida, septiembre 2008)
EURAMET cg-18 (Calibration Guide No. 18)	<b>Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments, Version 4.0 (11/2015),</b> <a href="https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/">https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/</a> (Traducción del título al español: Guía para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático, versión 4.0 (11/2015))
DKD-R 7-2	<b>Richtlinie zur Kalibrierung nichtselbsttätiger Waagen, Ausgabe 01/2018 (deutsche Übersetzung des EURAMET Calibration Guide No. 18 Version 4.0),</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20180928">https://doi.org/10.7795/550.20180928</a> (Traducción del título al español: Guía para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático)
EURAMET cg-19 (Calibration Guide No. 19)	<b>Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration, Version 3.0 (09/2018),</b> <a href="https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/">https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/</a> (Traducción del título al español: Guía para la determinación de la incertidumbre en la calibración gravimétrica de volumen, versión 3.0 (09/2018))
DIN ISO 3696	<b>Wasser für analytische Zwecke, Anforderungen und Prüfungen, Juni 1991</b> (Traducción del título al español: Agua para uso en laboratorios analíticos. Especificación y métodos de ensayo)
EA-4/02 M: 2013	<b>Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Deutsche Übersetzung), Freigabe EA 18. Oktober 2013, Übersetzung vom 01.08.2019, DAkKS,</b> (Traducción del título al español: Determinación de la incertidumbre de medida en las calibraciones)

## 2. Símbolos

### 2.1 Abreviaciones y símbolos

Abreviaciones / símbolos	Explicación
$c$	Coefficiente de sensibilidad
$m$	La masa del líquido de prueba correspondiente a la diferencia de las lecturas (indicaciones) de la balanza
$m_E$	Pérdida por evaporación
$n$	Número de mediciones individuales
$p_L$	Presión del aire
$s$	Error de medición aleatorio
$t_W$	Temperatura del líquido de prueba en °C
$t_L$	Temperatura del aire durante el pesaje en °C
$t_M$	Temperatura del dispensador de una sola carrera / de la bureta de pistón durante la medición en °C
$t_{M20}$	Temperatura de referencia del dispensador de una sola carrera / de la bureta de pistón de 20 °C
$u$	Incertidumbre típica de medida (incertidumbre estándar)
$U$	Incertidumbre de medida expandida ( $k = 2$ )
$V_0$	Volumen nominal
$V_S$	Volumen seleccionado
$V_{20}$	Volumen a una temperatura de referencia de 20 °C a través del método gravimétrico
$V_{20,ges.}$	Volumen a una temperatura de referencia de 20 °C, teniendo en cuenta todas las variables de entrada/influencia
$\rho_L$	Densidad del aire
$\rho_W$	Densidad del agua utilizada como líquido de prueba
$\rho_G$	Densidad de las pesas patrón utilizadas para calibrar la balanza (equivalente a 8000 kg/m <sup>3</sup> )
$\phi$	Humedad relativa del aire
$\gamma$	Coefficiente de expansión cúbica del sistema completo

## 2.2 Unidades

Unidades	Explicación
µl	Microlitro
ml	Mililitro
g	Gramo
mg	Miligramo
K	Kelvin
°C	Centígrado
hPa	Hectopascal
g/cm <sup>3</sup>	Gramos por centímetro cúbico
µl/mg	Microlitros por miligramo

	Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	9 / 26

### 3. Definiciones

#### **Certificado de calibración:**

Los certificados de calibración documentan los resultados de las calibraciones, incluyendo la incertidumbre de medida. En la presente directriz, el término "certificado de calibración" se aplica únicamente a los siguientes documentos:

- los certificados de calibración de los laboratorios de calibración cuyos organismos de acreditación son signatarios del ILAC-MRA (véase <https://ilac.org/>)
- los certificados de calibración de los Institutos Nacionales de Metrología con entradas CMC (Apéndice C del CIPM MRA, véase <https://www.bipm.org>).

De forma informativa, se enumeran a continuación algunos términos, definiciones y descripciones de la norma **DIN EN ISO 8655-1**:

#### **Dispensadores:**

Los dispensadores se utilizan para la administración repetida (dosificación) de volúmenes líquidos medidos. Los dispensadores de una sola carrera dispensan una sola dosis de cada golpe o carrera de llenado. Los dispensadores múltiples o dispositivos con resolución gradual entregan varias dosis de cada carrera de llenado.

#### **Buretas de pistón:**

Las buretas de pistón se utilizan para la dosificación continua de líquido hasta que se alcanza un volumen que cumple con ciertos criterios externos (generalmente analíticos) como, por ejemplo, el cambio de color, el pH, la conductividad o la polarización. El volumen dosificado puede ser leído en una pantalla o registrado de otra manera por el instrumento (véase ISO 8655-3).

#### **Volumen útil:**

El volumen útil de un instrumento volumétrico con volumen variable es una parte del volumen nominal dentro del cual se pueden realizar dosificaciones, respetando los límites de error especificados en la norma internacional ISO 8655. El límite superior del volumen útil está definido por el fabricante.

#### **Volumen seleccionado:**

El volumen seleccionado  $V_S$  de un instrumento volumétrico con volumen variable es el volumen ajustado por el usuario para dosificar un volumen seleccionado del volumen útil de un instrumento con carrera de pistón. En caso de los aparatos volumétricos con volumen fijo, el volumen seleccionado corresponde al volumen nominal.

#### **Volumen nominal:**

El volumen nominal  $V_0$  de un instrumento volumétrico es el volumen definido por el fabricante para la identificación e indicación del rango de medición.

Suele estar presente en el recorrido completo (carrera completa) de la unidad de dosificación, pero no con buretas de pistón de funcionamiento continuo.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	10 / 26

#### 4. Objetivo de la calibración

La calibración de los dispensadores de una sola carrera y de las buretas de pistón tiene por objeto determinar la desviación del volumen dosificado del volumen de prueba seleccionado. La exactitud metrológica, incluida la consideración de la incertidumbre de los determinados resultados de medición, es fundamental para la aplicación de las especificaciones metrológicas pertinentes (en cuanto a la calidad) en el sector de la medicina, la farmacéutica, etc. Al mismo tiempo, debe garantizarse la trazabilidad metrológica de acuerdo con las normas nacionales o internacionales.

*Nota: La norma DIN EN ISO/IEC 17025:2018 (ISO/IEC 17025:2017) exige que se asegure la comparabilidad de los resultados de la calibración mediante ensayos interlaboratorios / mediciones comparativas entre laboratorios nacionales e internacionales. La norma DIN EN ISO/IEC 17043:2010 constituye la base para la ejecución.*

#### 5. Requisitos generales relativos a la aptitud de calibración de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón

Los requisitos generales en cuanto a la aptitud de calibración de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón pueden dividirse en tres categorías:

- los requisitos de la norma DIN EN ISO 8655
- los requisitos establecidos en las informaciones del fabricante sobre los productos
- los requisitos adicionales de la práctica común

##### 5.1 Los requisitos de la norma DIN EN ISO 8655

Para las calibraciones se aplicarán los requisitos de las Partes 1, 3, 5 y 6 de la norma EN ISO 8655, a menos que la presente Directriz contenga restricciones o especificaciones en cuanto a estos requisitos.

##### 5.2 Requisitos según las informaciones sobre el producto proporcionadas por los fabricantes

Estos requisitos varían según las especificaciones e informaciones sobre el producto proporcionadas por el respectivo fabricante. Los requisitos más importantes incluyen:

- observaciones sobre el funcionamiento, las exclusiones de uso, el cuidado y la limpieza
- indicación del tipo y del fabricante del dispositivo de dosificación
- Indicación de las especificaciones del fabricante con las tolerancias permitidas del error aleatorio y sistemático de la medición con respecto al ajuste (In/Ex) y la temperatura de referencia

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	11 / 26

### 5.3 Requisitos resultantes de las observaciones durante la calibración

Principalmente, los requisitos resultando de la experiencia práctica tienen que ver con la aptitud de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón de ser utilizado inmediatamente. Esto incluye:

- El etiquetado de los dispositivos de medición de volumen con
  - o un número de serie u otro número de identificación único
  - o la indicación del fabricante y del tipo
  - o el volumen nominal
- La indicación de los accesorios utilizados. Es importante seguir las instrucciones del fabricante.
- Evitar los daños internos y externos
  - o en la carcasa
  - o en la cánula de dosificación
  - o en el tubo de aspiración
  - o en válvula de recirculación
  - o en los elementos de mando o control
  - o en la unidad motriz, si procede
- De ser necesario, comprobar el nivel de carga del acumulador o de la batería
- Prueba de estanqueidad del sistema según las especificaciones del fabricante

## 6. Condiciones ambientales

Para obtener resultados de medición precisos, es necesario realizar la calibración en condiciones ambientales estables.

Las condiciones ambientales

- temperatura del aire
- humedad relativa
- presión del aire

afectan

- la tecnología del pesaje
- el objeto a calibrar
- el líquido de prueba

y, por lo tanto, tienen una influencia significativa sobre el resultado de la calibración del objeto de calibración y el balance de la incertidumbre asociada.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	12 / 26

El cumplimiento con las condiciones ambientales especificadas a través de la climatización es un requisito importante para la calibración. La calibración debe realizarse después de haber compensado el efecto de la temperatura entre el objeto a calibrar y el entorno. Hay que considerar un tiempo de adaptación suficiente para el objeto de calibración de al menos 2 h cerca del lugar de la calibración. Para los objetos de calibración de mayor masa, se seleccionará un tiempo de adaptación más largo, si es necesario. Las condiciones ambientales en el momento de la calibración deben ser registradas.

Las fluctuaciones de las condiciones ambientales durante la calibración también han de ser observadas y registradas.

## 7. Procedimiento de calibración

La calibración de los objetos a calibrar se realiza según el procedimiento gravimétrico conforme a la norma DIN EN ISO 8655-6. Con este procedimiento se determina la masa del volumen del líquido a partir del valor de pesaje, teniendo en cuenta la flotabilidad del aire, y se convierte en volumen por medio de la densidad del líquido. La trazabilidad metrológica del volumen se establece con respecto al mensurando 'masa'. Una calibración completa incluye el registro metrológico de 10 valores medidos por volumen de prueba.

Como dispositivos de medición se utilizan preferentemente balanzas analíticas con trampas de evaporación. Los requisitos mínimos de las balanzas a utilizar se definen en la norma ISO 8655-6.

### 7.1 Los objetos de calibración

Los dispensadores de un solo golpe, es decir de una sola carrera y las buretas de pistón son instrumentos volumétricos con pistón (émbolo de levantamiento) que, en su función, se conectan directamente a un depósito (normalmente una botella/un frasco) del líquido de prueba a través de un tubo aspirador o un tubo flexible (tubo de goma) de aspiración.

*Nota: En el caso de las buretas de motor, el frasco (la botella) se encuentra junto a la unidad de dosificación (está posicionado al lado de la unidad).*

Con los dispensadores de una sola carrera, el líquido de prueba se aspira hasta el principio del golpe (levantamiento) y se dispensa en un recipiente de dosificación en un solo paso. Los dispensadores de una sola carrera suelen denominarse también dispensadores para botellas o dispensadores de tapa de botella.

Con las buretas de pistón, el líquido se dispensa en el recipiente de dosificación hasta alcanzar el volumen seleccionado. El ajuste se realiza utilizando ruedas de mano o de forma motorizada.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	13 / 26

## 7.2 Observaciones adicionales para la calibración (como complemento a la norma DIN EN ISO 8655-6)

Las siguientes instrucciones se refieren a la preparación y realización de la calibración.

### Buretas de pistón

#### *Preparativos para la calibración:*

- El instrumento de medición, el recipiente de pesaje y el recipiente de reserva que contiene el líquido de prueba deben adaptarse a las condiciones ambientales cerca de la balanza (por lo menos 2 h; en el caso de instrumentos de mayor masa se requiere un tiempo de adaptación elevado)
- Recipiente de pesaje:  
Se recomienda utilizar un recipiente de cuello estrecho con esmerilado normalizado.
  - Mantener preparado un poco de líquido de prueba.
  - Hay que girar (agitar) el recipiente de pesaje para saturar la atmósfera.
  - Hay que esperar brevemente hasta lograr el clima necesario en el recipiente de cuello estrecho (por ejemplo, un frasco de Erlenmeyer).
- Montar la bureta de pistón:
  - Al ser necesario, seleccionar un adaptador adecuado para el recipiente de reserva.
  - Conectar el tubo de aspiración a la bureta de pistón, tomando en cuenta la longitud del tubo. En caso de las buretas de motor, conectar los tubos flexibles según las instrucciones de uso. El tubo de aspiración no debe cerrarse (ser obstruido) colocándole en el fondo del recipiente de reserva.
  - Conectar la bureta de pistón al recipiente de reserva según las instrucciones de uso y teniendo en cuenta el tipo de bureta (en caso de buretas de motor, hay que tener en cuenta características especiales).
  - Al conectar la cánula de expulsión, deben observarse las instrucciones del fabricante.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	14 / 26

- Purgar la bureta de pistón:
  - o Girar las ruedas de mano hacia arriba y abajo, varias veces de forma rápida, hasta que ya no se vean burbujas de aire en el pistón y en la cánula de expulsión.
  - o En el caso de las buretas de motor, purgar según las instrucciones de uso

*Calibración:*

- Si conviene, desplazar (elevar) el pistón hacia arriba, hasta el tope.
- Dispensar unas pocas gotas para la compensación del juego y, al final, quitar el líquido adherido limpiando la bureta en un ángulo en la pared del recipiente de pesaje o de un recipiente similar (no forma parte del volumen dosificado).  
Con las buretas de motor, la compensación de juego se realiza normalmente de forma automática.
- Posicionar el recipiente de pesaje debajo de la cánula de expulsión de manera que la cánula se introduzca (se encuentre) unos pocos milímetros dentro del recipiente de pesaje.
- Tarar el recipiente de pesaje.
- El líquido de prueba se descarga en un chorro libre.  
En el caso de las buretas de motor, hay que sostener la cánula de expulsión en la parte superior del recipiente de pesaje para evitar salpicaduras.
- Poner la pantalla a cero antes de iniciar la calibración.
- Manejar las ruedas de mano uniformemente y con ambas manos a una velocidad moderada para expulsar el líquido de prueba hasta el volumen deseado; en el caso de las buretas de motor, expulsarlo por medio del motor.
- Al final de la expulsión, hay que girar las ruedas de mano más lentamente para ajustar el volumen con precisión (la pantalla no debe torcerse excesivamente).
- En el caso de las buretas de motor, reducir la velocidad de expulsión si es necesario.
- La gota que se encuentra al final de la cánula pertenece al volumen dosificado y se limpia en el recipiente de pesaje manteniendo la cánula en un ángulo.
- Sólo debe utilizarse el volumen seleccionado y dosificado con precisión. De lo contrario, habrá que repetir la medición.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	15 / 26

## Dispensadores de una sola carrera

### Preparativos:

- El instrumento de medición, el recipiente de pesaje y el recipiente de reserva que contiene el líquido de prueba deben adaptarse a las condiciones ambientales cerca de la balanza (por lo menos 2 h; en el caso de instrumentos de mayor masa se requiere un tiempo de adaptación elevado).
- Recipiente de pesaje:
  - Se recomienda utilizar un recipiente de cuello estrecho con esmerilado normalizado, mantener preparado un poco de líquido de prueba.
  - Hay que girar (agitar) el recipiente de pesaje para saturar la atmósfera.
  - Para lograr el clima necesario en el recipiente de cuello estrecho, hay que esperar brevemente (véase arriba).
- Montar el dispensador de una sola carrera:
  - Seleccionar un adaptador adecuado para el recipiente de reserva.
  - Conectar el tubo de aspiración con el dispensador de una sola carrera, tomando en cuenta la longitud del tubo.  
 El tubo de aspiración no debe cerrarse colocándolo en el fondo del recipiente de reserva.  
 Conectar el dispensador de una sola carrera con el recipiente de reserva según las instrucciones de uso, teniendo en cuenta el tipo de dispensador.  
 El tubo de aspiración no debe cerrarse colocándolo en el fondo del recipiente de reserva.
  - En el caso de dispensadores con motor, conectar los tubos flexibles según las instrucciones de uso.
  - Al conectar la cánula de expulsión, deben observarse las instrucciones del fabricante.
- Purgar el dispensador de una sola carrera:
  - Mover el pistón en la zona inferior varias veces rápidamente arriba y abajo con un recorrido corto hasta que ya no se vean burbujas de aire en el pistón y en la cánula de expulsión.
  - En el caso de los dispensadores con motor, expulsar el aire según las instrucciones de uso.

*Calibración:*

- Tirar el pistón hacia arriba hasta el final, asegurándose de que el pistón se tira **de forma recta** hacia arriba, o bien mover el pistón a la posición inicial por medio de un motor y, de ser necesario, compensar el juego.
- **Acercar el tope superior con cuidado.**
- Deslizar la gota al final de la cánula en el recipiente de pesaje o en un recipiente similar, manteniendo la cánula en un ángulo para obtener un menisco idéntico antes y después de la dosificación (**no pertenece al volumen dosificado**).
- Tarar el recipiente de pesaje.
- Mantener el recipiente de pesaje en un ángulo ligero contra la cánula y expulsar el líquido de prueba presionando el pistón.
- **Acercar el tope inferior con cuidado.**
- Quitar las gotas en el extremo de la cánula, manteniéndola inclinada en un ángulo (pertenece al volumen dosificado).

## 8. Incertidumbre de medida

La incertidumbre de medida es un parámetro que se indica junto con el resultado de la medición. La incertidumbre se determina mediante el procedimiento de medición y se asigna al resultado de la medición. La incertidumbre de medida caracteriza a un rango de valores que puede ser atribuido de forma razonable al mensurando por medio de la medición.

Por regla general, la incertidumbre de medida se calcula conforme a la guía internacional JCGM 100 "Evaluación de datos de medición - Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" o de acuerdo con EA-4/02 M: 2013.

La incertidumbre de medida debería expresarse como incertidumbre relativa en porcentaje.

La norma ISO/TR 20461, para la determinación de la incertidumbre por el método gravimétrico, se incluye al establecer el balance de la incertidumbre. De acuerdo con la norma ISO/TR 20461, el volumen para la temperatura de referencia de 20 °C se calcula de la siguiente manera:

$$V_{20} = \frac{m}{\rho_G} \cdot \frac{\rho_G - \rho_L}{\rho_W - \rho_L} \cdot [1 - \gamma(t_M - t_{M20})] \quad (1)$$

También hay que tener en cuenta las fórmulas de cálculo para la densidad del agua y la densidad del aire. Para la incertidumbre típica de medida se utiliza la siguiente ecuación:

$$u^2(V_{20}) = \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial m}\right)^2 \cdot u^2(m) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial t_w}\right)^2 \cdot u^2(t_w) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_w}\right)^2 \cdot u^2(\rho_w) \\ + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial t_L}\right)^2 \cdot u^2(t_L) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial p_L}\right)^2 \cdot u^2(p_L) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \phi}\right)^2 \cdot u^2(\phi) \quad (2)$$

Según la OIML-R 111, la incertidumbre de la densidad de material de las pesas en relación con el volumen resultante puede dejarse de lado.

Las influencias de la dependencia de la temperatura del material del objeto a calibrar se tratan en la sección 8.6.

El cálculo de los coeficientes de sensibilidad de la ecuación (2) se muestra en la norma ISO/TR 20461.

Además de las contribuciones del método gravimétrico, se tendrán en cuenta las siguientes variables de influencia:

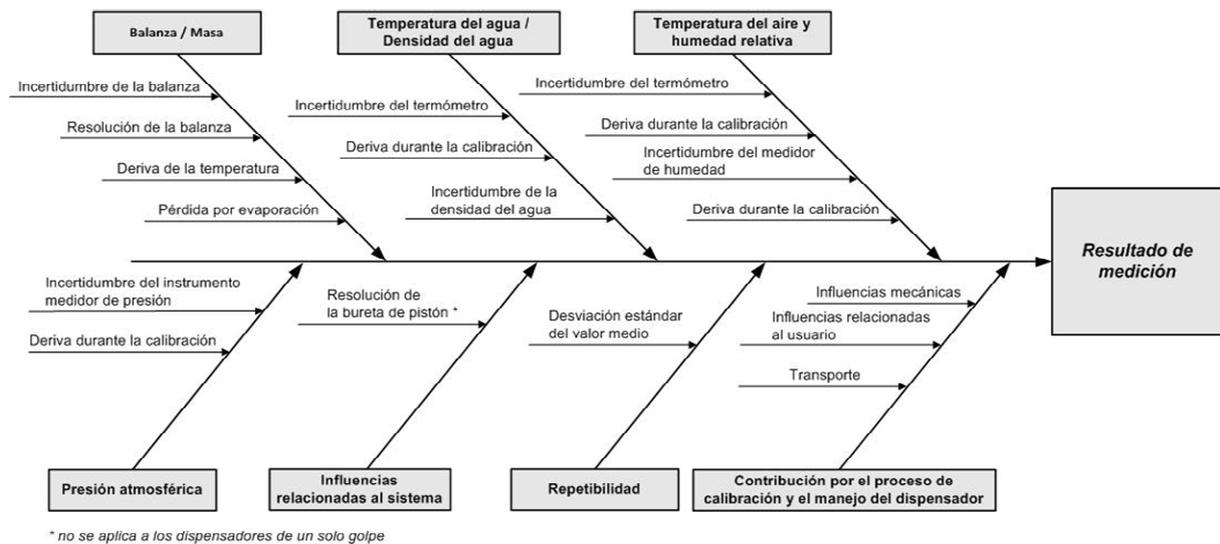
- Influencias relacionadas con el sistema
- Repetibilidad
- Contribución debido al manejo específico de procedimiento

Con respecto a estas variables de influencia, la ecuación (2) debe ampliarse según la ley de propagación de la incertidumbre.

$$\begin{aligned}
 u^2(V_{20,ges.}) = & \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial m}\right)^2 \cdot u^2(m) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial t_w}\right)^2 \cdot u^2(t_w) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_w}\right)^2 \cdot u^2(\rho_w) \\
 & + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial t_L}\right)^2 \cdot u^2(t_L) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial p_L}\right)^2 \cdot u^2(p_L) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \phi}\right)^2 \cdot u^2(\phi) \\
 & + c_{\text{Syst.infl.}}^2 \cdot u^2(V_{\text{Syst.infl.}}) + c_{V_{20}}^2 \cdot u^2(V_S) + c_{V_{20}}^2 \cdot u^2(V_{\text{Handling}}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Se aplica un coeficiente de sensibilidad de 1 para las variables de influencia adicionales.

El siguiente diagrama de causa y efecto ofrece una presentación completa de todas las variables de entrada/influencia en la incertidumbre de medida considerada por esta directriz.



**Figura 1:** Ilustración de las influencias que han de considerarse al determinar el valor esperado y la incertidumbre de medida en la calibración de los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón

## 8.1 Información general

Los presupuestos de incertidumbre acreditados para las magnitudes y los procedimientos de calibración son el requisito previo para garantizar la comparabilidad nacional e internacional de los resultados de medición.

El establecimiento de los presupuestos de incertidumbre para el procedimiento de calibración gravimétrica incluye:

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	19 / 26

- la optimización y determinación del procedimiento de calibración,
- la definición (especificación) de las condiciones ambientales concretas,
- la evaluación metrológica de los diferentes objetos de calibración de los diferentes fabricantes de instrumentos,
- tener en cuenta la contribución debido al manejo específico de procedimiento.

La contribución debido al manejo específico de procedimiento depende del diseño y del operador. Esta contribución a la incertidumbre está compuesta por componentes aleatorios y sistemáticos.

Si la determinación exacta de ciertas influencias individuales al resultado de la calibración y su incertidumbre no es posible, la contribución de estas influencias a la incertidumbre ha de estimarse y, por supuesto, debe ser considerada. Habrá de indicarse la base/fuente de esta estimación.

Las condiciones de medición de la calibración han de describirse de la forma más completa posible, ya que las incertidumbres de medida también dependen de las condiciones de uso.

**En el caso de las mediciones comparativas, deberían especificarse las condiciones de calibración para garantizar la comparabilidad de los resultados de la medición.**

Las incertidumbres de medida que se describen a continuación sirven de base para la determinación de las incertidumbres mínimas especificables (capacidad óptima de medida) reflejadas en la acreditación. Estas incertidumbres forman parte de las capacidades de calibración y medición (CMC).

El concepto de las CMC se define en EA-4/02 M: 2013.

## 8.2 Contribuciones a la incertidumbre de la balanza

En principio, se supone que las condiciones ambientales en la calibración de la balanza y en la calibración gravimétrica del dispensador son casi idénticas.

La tarea de calibración, el rango de medición y la resolución de la balanza, así como la incertidumbre asociada han de armonizarse para garantizar el uso específico del usuario de acuerdo con la norma EURAMET cg-18. Las recomendaciones de la norma ISO 8655, Parte 6 deben ser observadas.

La balanza debería calibrarse específicamente para el usuario, es decir, el rango de medición de la tarea de calibración debería corresponder al rango de pesaje calibrado.

Antes de la calibración gravimétrica de los dispensadores debe asegurarse que el instrumento de pesaje esté calibrado según EURAMET cg-18. De esta forma, las contribuciones asignadas al pesaje, como la resolución de la balanza, la repetibilidad, la carga descentrada (si no se utiliza una balanza con trampa de evaporación) y la desviación de la visualización estarán incluidas en el certificado actual de calibración de la balanza.

El certificado de calibración de la balanza utilizada es la base para las consideraciones posteriores de la incertidumbre del procedimiento gravimétrico. La contribución a la incertidumbre de la lectura o resolución de la balanza se incluye dos veces en el presupuesto de incertidumbre (pesaje tara y pesaje bruto). El resultado del pesaje es la diferencia de los valores del pesaje.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	20 / 26

Dado que la calibración se realiza según el método gravimétrico, la observación regular del instrumento de pesaje es muy importante. Por ello, se realizan pruebas intermedias con pesos calibrados adecuados dentro del período de calibración.

Una contribución adicional resulta de la deriva de la balanza debida al envejecimiento y al desgaste. Esta influencia puede determinarse mediante pruebas intermedias o una recalibración. De ello se desprende que, después de observaciones a largo plazo, esta contribución puede ser considerada y se pueden sacar conclusiones. En los presupuestos de incertidumbre presentados a continuación, esta contribución no se ha tenido en cuenta.

La temperatura ambiental según las especificaciones del fabricante ha de tenerse en cuenta como otra contribución adicional. Esta contribución se puede tomar de las especificaciones proporcionados por el fabricante.

Durante el proceso de dosificación mediante los objetos de calibración se producen superficies líquidas abiertas. Esto, por su parte, significa que la pérdida por evaporación debería considerarse como contribución.

La pérdida por evaporación puede determinarse o estimarse sobre la base de la propia experiencia en relación con el volumen del objeto de calibración.

### **8.3 Contribuciones a la incertidumbre: Temperatura del agua / Densidad del agua**

Antes y durante la calibración, hay que asegurarse de que el agua utilizada no contenga burbujas y esté ajustada a la temperatura del aire (desviación de  $\leq 0,5$  K). De lo contrario, será necesario ajustar la incertidumbre de forma correspondiente.

Mediante la utilización de una técnica de climatización adecuada se garantiza el cumplimiento de las condiciones ambientales especificadas en cuanto a la temperatura del aire / humedad relativa durante la calibración. A su vez, esto tiene un efecto positivo sobre la estabilidad de la temperatura del agua.

La temperatura del líquido de prueba utilizado (agua) se determina utilizando un termómetro calibrado. La incertidumbre del termómetro y la fluctuación de la temperatura del agua ( $< 0,2$  K) durante la calibración se tendrán en cuenta en el presupuesto de incertidumbre.

La influencia de la temperatura en el recipiente de pesaje puede dejarse de lado.

La incertidumbre para el cálculo de la densidad del agua según [1] se estima en  $10 \cdot 10^{-6}$ , ya que se desconoce la relación isotópica exacta y el contenido de gas. La densidad del agua es necesaria para calcular el volumen del líquido de prueba.

### **8.4 Contribuciones a la incertidumbre: Temperatura del aire y humedad relativa**

Durante la calibración, las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa del aire se realizan mediante el acondicionamiento del aire en parámetros especificados. Los

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	21 / 26

datos de medición de las condiciones ambientales se registran y documentan mediante termómetros y sensores de humedad adecuados y calibrados.

La densidad del aire puede ser calculada según la ecuación (4) de EURAMET cg-19.

La variación de la temperatura del aire durante la calibración debería ser  $\leq 0,5$  K.

La humedad relativa debería ser  $\geq 45$  %. Una baja humedad del aire favorece la carga estática de las balanzas.

*Nota: La calibración de los dispensadores de una sola carrera y de las buretas de pistón con incertidumbres mínimas de medida dentro del CMC requiere que las condiciones ambientales se mantengan dentro de límites de tolerancia pequeños.*

## 8.5 Contribución a la incertidumbre: Presión del aire

La presión del aire debería ser registrada y documentada utilizando un barómetro de precisión calibrado. La presión del aire es una variable de medición que se requiere para calcular la densidad del aire y, por lo tanto, el volumen. El barómetro de precisión utilizado debe tener una resolución de 1 hPa o mejor.

## 8.6 Influencias pertenecientes al sistema

La expansión térmica de los dispensadores de una sola carrera y de las buretas de pistón se compone de la expansión de la sección transversal de la unidad de dosificación y de la expansión del espacio entre los toques de golpe (movimiento al final de la carrera) o la expansión del sistema de medición de golpe (de la carrera del pistón).

La expansión de la sección transversal de la unidad de dosificación suele ser pequeña, dado que con frecuencia el material utilizado es de vidrio. Pero también hay unidades de dosificación de plástico que tienen una mayor expansión.

Es de suponer que la temperatura de las unidades de dosificación se haya adaptado en gran medida a la temperatura del líquido de prueba mediante la expulsión del aire antes de la calibración.

La expansión de la unidad de dosificación y del agua tienen una correlación negativa, lo cual significa que se reducen mutuamente. Se trata de las dos influencias descritas en la ecuación (17) y en la ecuación (20) de la norma ISO/TR 20461.

Si la expansión de la sección transversal de la unidad de dosificación no está incluida en el presupuesto de incertidumbre, esto significa que se trata de una estimación máxima de la influencia de la temperatura del líquido de prueba. Por lo tanto, puede dejarse de lado la inclusión de la expansión térmica de la sección transversal de la unidad de dosificación en el presupuesto.

Con los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón, el calor de la mano no suele tener importancia. Por lo tanto, no hay contribución correspondiente en el presupuesto de incertidumbre.

Si el volumen debe referirse a una temperatura de referencia que difiere de la temperatura de medición (temperatura del líquido de ensayo) - tal como expresado en la ecuación (6) de la norma ISO/TR 20461 - será necesario conocer el coeficiente de expansión térmica del

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	22 / 26

sistema completo del mecanismo de elevación o del sistema de medición de elevación (carrera del pistón) y de la sección transversal de la unidad de dosificación, incluida la incertidumbre de este coeficiente.

En este caso, la incertidumbre resultante debe considerarse en el presupuesto de incertidumbre según la ecuación (15) de la norma ISO/TR 20461. Como generalmente no se dispone de datos sobre la expansión térmica del sistema completo - a diferencia de lo que ocurre con medidores de volumen de vidrio - se recomienda especificar la temperatura del agua como temperatura de referencia para que esta contribución podrá darse de lado.

En el presupuesto de incertidumbre, la resolución de la bureta de pistón se tendrá en cuenta como influencia relacionada al sistema; corresponde a un dígito (un paso). Para determinar la contribución a la incertidumbre, se asigna la mitad del valor de la resolución a la mitad del ancho de la distribución rectangular.

## 8.7 Repetibilidad

La desviación típica empírica del valor medio de una serie de 10 mediciones individuales constituye la repetibilidad. La desviación estándar empírica caracteriza la dispersión de los valores de medición en condiciones de medición idénticas durante la calibración de los citados aparatos de medición volumétrica y se calcula según la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} \quad (4)$$

La incertidumbre estándar (intervalo de confianza del valor medio) de la repetibilidad se determina según el método A (GUM) y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$u(s) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Según la experiencia, la desviación estándar experimental es de aproximadamente un tercio de la tolerancia especificada por el fabricante en cuanto a la repetibilidad (máximo error de medición aleatorio).

Se puede suponer una distribución normal.

## 8.8 Manejo / Instrumento

Al calcular la incertidumbre de medida para un determinado tipo de dispositivo debe tenerse en cuenta el diseño del mismo, ya que los componentes de la incertidumbre de medida (contribución debido al dispositivo y manejo) dependen de este diseño. Se recomienda utilizar las tolerancias de precisión del fabricante al calcular/determinar la contribución debido al manejo.

Como mejor aproximación y considerando todas las influencias en cuanto al manejo, se utiliza una contribución de incertidumbre de 1/6 de la tolerancia del fabricante en lo que concierne la exactitud. Esta contribución representa un valor mínimo y no debe ser inferior. Puede suponerse una distribución rectangular.

	<p>Calibración de dispensadores de una sola carrera y buretas de pistón  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20220714">https://doi.org/10.7795/550.20220714</a></p>	DKD-R 8-3	
		Versión:	03/2020
		Revisión:	0
		Página:	23 / 26

Sobre la base de una evaluación estadística de unas tolerancias de fabricante seleccionadas, se recomiendan los siguientes valores para establecer el presupuesto de incertidumbre.

Se trata de valores relativos que se refieren al volumen nominal.

#### **Contribución debido al manejo específico de procedimiento de los dispensadores**

hasta	1 ml volumen nominal	0,15 %
a partir de	1 ml volumen nominal	0,08 %

#### **Contribución debido al manejo específico de procedimiento de las buretas de pistón**

más de 25 ml	0,01 %
hasta 25 ml	0,012 %
hasta 10 ml	0,02 %

Se trata de valores mínimos. Si la experiencia y las tolerancias de los fabricantes lo requieren, también deberían elegirse valores más altos.

### **8.9 Presupuestos de incertidumbre**

Nota: Los anexos contienen dos presupuestos de incertidumbre.

Anexo A      Dispensador de una sola carrera 10 ml

Anexo B      Bureta de pistón 25 ml

La Directriz DKD-R 8-3 es la base para las actividades prácticas de los laboratorios de calibración acreditados al calibrar los dispensadores de una sola carrera y las buretas de pistón; la Directriz muestra las influencias fundamentales sobre la incertidumbre de medida. De este modo, se consigue asegurar la comparabilidad entre los laboratorios de calibración, y se da la posibilidad de realizar mediciones comparativas a nivel nacional e internacional. El objetivo es incorporar los resultados del trabajo del Subcomité Técnico del DKD en cuanto a la elaboración de sus directrices en el desarrollo de la labor de normalización de la norma DIN EN ISO 8655.

Para su ilustración, las diferentes contribuciones individuales se muestran y calculan individualmente en los siguientes presupuestos de incertidumbre. La ventaja de este procedimiento consiste en que el orden de magnitud de las contribuciones individuales a la incertidumbre podrá determinarse de una manera más fácil.

## **9. Bibliografía**

- [1] M. TANAKA, G. GIRARD, R. DAVIS, A. PEUTO, N. BIGNELL: Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports; Metrologia 2001, 38, 301-309

## Anexo A Dispensador de una sola carrera 10 ml

Magnitud $X_i$	Mejor estimación $x_i$	Mitad del ancho de la distribución $a$	Distribución de probabilidad $P(x_i)$	Divisor $k$	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidad $ c_i $	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
<b>Balanza / Masa <math>m</math></b>							
Incertidumbre de la balanza	995,80 mg	191 µg	normal	2	95,500 µg	0,001 µl/µg	0,096 µl
Resolución de la balanza (con carga)	0 mg	50 µg	rectangular	$\sqrt{3}$	28,868 µg	0,001 µl/µg	0,029 µl
Resolución de la balanza (sin carga)	0 mg	50 µg	rectangular	$\sqrt{3}$	28,868 µg	0,001 µl/µg	0,029 µl
Deriva de la temperatura	0 mg	0,5 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,289 K	0,001 µl/K	0,0003 µl
Pérdida por evaporación	0 mg	100 µg	rectangular	$\sqrt{3}$	57,735 µg	0,001 µl/µg	0,058 µl
<b>Temperatura del agua <math>t_w</math></b>							
Incertidumbre termómetro	20,8 °C	0,012 K	normal	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	0,006 K	2,1 µl/K	0,013 µl
Deriva durante la calibración	0 °C	0,2 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,115 K	2,1 µl/K	0,242 µl
<b>Densidad del agua <math>\rho_w</math></b>							
Incertidumbre termómetro	998,03 kg/m <sup>3</sup>	10 ppm	rectangular	$\sqrt{3}$	0,0000058 mg/µl	10000 µl <sup>2</sup> /mg	0,058 µl
<b>Temperatura del aire <math>t_L</math></b>							
Incertidumbre termómetro	21,0 °C	0,13 K	normal	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	0,065 K	0,045 µl/K	0,0029 µl
Deriva durante la calibración	0 °C	0,5 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,289 K	0,045 µl/K	0,013 µl
<b>Presión del aire <math>p_L</math></b>							
Incertidumbre barómetro	996,0 hPa	0,05 hPa	normal	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	0,025 hPa	0,012 µl/hPa	0,00030 µl
Deriva durante la calibración	0 hPa	1 hPa	rectangular	$\sqrt{3}$	0,577 hPa	0,012 µl/hPa	0,0069 µl
<b>Humedad del aire <math>\phi</math></b>							
Incertidumbre sensor de humedad	49 %	0,6 %	normal	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	0,300 %	0,0010 µl/%	0,00030 µl
Deriva durante la calibración	0 %	5 %	rectangular	$\sqrt{3}$	2,887 %	0,0010 µl/%	0,0029 µl
<b>Repetibilidad <math>u(V_s)</math></b>							
Incertidumbre sensor de humedad	0 µl	3,33 µl	normal	$\frac{\sqrt{10}}{\sqrt{3}}$	1,054 µl	1	1,054 µl
<b>Contribución debido al manejo específico de procedimiento <math>u(V_{\text{Handling}})</math></b>							
Incertidumbre sensor de humedad	0 µl	8,33 µl	rectangular	$\sqrt{3}$	4,811 µl	1	4,811 µl
<b><math>V_{20, \text{ges.}}</math> (Volumen)</b>						$u(V_{20, \text{ges.}}) = 4,93 \mu\text{l}$ $U(V_{20, \text{ges.}}) = 9,9 \mu\text{l}$ $w(V_{20, \text{ges.}}) = 0,049 \%$ $W(V_{20, \text{ges.}}) = 0,099 \%$	

\* *lo decisivo es el empuje ascensional del aire en la balanza/la trampa de evaporación*

## Anexo B Bureta de pistón 25 ml

Magnitud $X_i$	Mejor estimación $x_i$	Mitad del ancho de la distribución $a$	Distribución de probabilidad $P(x_i)$	Divisor $k$	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Coficiente de sensibilidad $ c_i $	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
<b>Balanza / Masa <math>m</math></b>							
Incertidumbre de la balanza	24904,07 mg	212 $\mu$ g	normal	2	106,000 $\mu$ g	0,001 $\mu$ l/ $\mu$ g	0,106 $\mu$ l
Resolución de la balanza (con carga)	0 mg	50 $\mu$ g	rectangular	$\sqrt{3}$	28,868 $\mu$ g	0,001 $\mu$ l/ $\mu$ g	0,029 $\mu$ l
Resolución de la balanza (sin carga)	0 mg	50 $\mu$ g	rectangular	$\sqrt{3}$	28,868 $\mu$ g	0,001 $\mu$ l/ $\mu$ g	0,029 $\mu$ l
Deriva de la temperatura	0 mg	0,5 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,289 K	0,025 $\mu$ l/K	0,007 $\mu$ l
Pérdida por evaporación	0 mg	100 $\mu$ g	rectangular	$\sqrt{3}$	57,735 $\mu$ g	0,001 $\mu$ l/ $\mu$ g	0,058 $\mu$ l
<b>Temperatura del agua <math>t_w</math></b>							
Incertidumbre termómetro	20,8 °C	0,012 K	normal	2	0,006 K	5,25 $\mu$ l/K	0,032 $\mu$ l
Deriva durante la calibración	0 °C	0,2 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,115 K	5,25 $\mu$ l/K	0,606 $\mu$ l
<b>Densidad del agua <math>\rho_w</math></b>	998,03 kg/m <sup>3</sup>	10 ppm	rectangular	$\sqrt{3}$	0,0000058 mg/ $\mu$ l	25000 $\mu$ l <sup>2</sup> /mg	0,144 $\mu$ l
<b>Temperatura del aire * <math>t_L</math></b>							
Incertidumbre termómetro	21,0 °C	0,13 K	normal	2	0,065 K	0,113 $\mu$ l/K	0,007 $\mu$ l
Deriva durante la calibración	0 °C	0,5 K	rectangular	$\sqrt{3}$	0,289 K	0,113 $\mu$ l/K	0,032 $\mu$ l
<b>Presión del aire <math>p_L</math></b>							
Incertidumbre barómetro	996,0 hPa	0,05 hPa	normal	2	0,025 hPa	0,03 $\mu$ l/hPa	7,5E-04 $\mu$ l
Deriva durante la calibración	0 hPa	1 hPa	rectangular	$\sqrt{3}$	0,577 hPa	0,03 $\mu$ l/hPa	0,017 $\mu$ l
<b>Humedad del aire * <math>\phi</math></b>							
Incertidumbre sensor de humedad	49 %	0,6 r.F.	normal	2	0,300 %	0,0025 $\mu$ l/%	7,5E-04 $\mu$ l
Deriva durante la calibración	0 %	5 %	rectangular	$\sqrt{3}$	2,887 %	0,0025 $\mu$ l/%	0,007 $\mu$ l
<b>Resolución bureta de pistón <math>u(V_{\text{ SIST.INFL.}})</math></b>	0 $\mu$ l	5 $\mu$ l	rectangular	$\sqrt{3}$	2,887 $\mu$ l	1	2,89 $\mu$ l
<b>Repetibilidad <math>u(V_g)</math></b>	0 $\mu$ l	2,1 $\mu$ l	normal	$\sqrt{10}$	0,659 $\mu$ l	1	0,659 $\mu$ l
<b>Contribución debido al manejo específico de procedimiento <math>u(V_{\text{ Handling}})</math></b>	0 $\mu$ l	2,9 $\mu$ l	rectangular	$\sqrt{3}$	1,684 $\mu$ l	1	1,684 $\mu$ l
<b><math>V_{20,\text{ges.}}</math> (Volumen)</b>	24988,76 $\mu$ l						
						$u(V_{20,\text{ges.}}) =$	3,47 $\mu$ l
						$U(V_{20,\text{ges.}}) =$	7,0 $\mu$ l
						$w(V_{20,\text{ges.}}) =$	0,014 %
						$W(V_{20,\text{ges.}}) =$	0,028 %

\* lo decisivo es el empuje ascensional del aire en la balanza/la trampa de evaporación



Publicado por:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Deutscher Kalibrierdienst  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

[www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)