

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



**Guía
DKD-L 13-3**

**Redondeo de resultados e
incertidumbres de medida en los
certificados de calibración**

Edición 11/2021

<https://doi.org/10.7795/550.20220720>



	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	2 / 10

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 se denomina *Deutscher Kalibrierdienst* (DKD, por sus siglas en alemán) 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 D-38023 Braunschweig

Teléfono: +49 531 592-8021

Internet: www.dkd.eu

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	3 / 10

Sugerencia para citar la fuente:

Guía DKD-L 13-3 Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración, Edición 11/2021, Revisión 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig y Berlin. DOI: 10.7795/550.20220720

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 los laboratorios está expresamente permitida.



Autores:

Philip M. Fleischmann, esz AG calibration & metrology, Eichenau
Sven Friederici, Physikalisch-Technische-Bundesanstalt, Berlin

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 del DKD *Incertidumbre de Medida*.

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	4 / 10

Prefacio

Las guías del DKD proporcionan recomendaciones sobre cuestiones técnicas que surgen en relación con el trabajo práctico de los laboratorios de calibración acreditados. Las guías describen procedimientos que pueden servir a los laboratorios de calibración acreditados como modelo para definir y establecer procedimientos y reglamentos internos. Las guías del DKD pueden formar parte de los manuales de gestión de la calidad de los laboratorios de calibración. La aplicación de las guías permite incorporar a la práctica del laboratorio el estado de la técnica en el campo correspondiente. Esto permitirá armonizar los procedimientos e incrementar la eficacia del trabajo en los laboratorios de calibración.

Las guías 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 guías, así como la aplicación de métodos nuevos.

Esta guía ha sido elaborada por el Comité Técnico *Incertidumbre de Medida* del DKD y aprobada por la Junta Directiva del DKD.

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	5 / 10

Índice

1	Términos	6
2	Objetivo y ámbito de aplicación	6
3	Pasos para el redondeo de los resultados medición	6
4	Reglas de redondeo recomendadas	7
4.1	Seleccionar los dígitos de redondeo de la incertidumbre de medida y del valor del resultado.....	7
4.2	Redondeo según DIN EN ISO 80000-1:2013 (Anexo B, Regla B).....	7
5	Ejemplos	8
5.1	Redondeo de valores absolutos (número y unidad)	8
5.2	Indicaciones relativas (sin unidades).....	8
6	Bibliografía	9

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	6 / 10

1 Términos

Término	Significado	Definición según
Indicación	Valor proporcionado por un instrumento o sistema de medida	VIM [1], 4.1
Valor del resultado	Valor medido del resultado de la medición	definición propia
Valor de una magnitud	Conjunto formado por un número y una referencia, que constituye la expresión cuantitativa de una magnitud Ejemplo: longitud de una varilla determinada: 5,34 m o 534 cm	VIM [1], 1.19
Resultado de medida	El resultado de una medición se expresa generalmente como un valor medido único y una incertidumbre de medida. ...	VIM [1], 2.9, Nota 2
Valor medido (de una magnitud)	Valor de una magnitud que representa un resultado de medida	VIM [1], 2.10
Valor nominal	Valor redondeado o aproximado de una magnitud característica de un instrumento o sistema de medida, que sirve de guía para su utilización apropiada	VIM [1], 4.6
Valor estimado de una magnitud de entrada	Valor medido atribuido a una magnitud de entrada como el mejor valor y utilizado para determinar el resultado de la medición	DAkKS-DKD-3 [9], B11
Precisión de los dígitos	Número de cifras (dígitos) para la representación aproximada de un número real como número de punto fijo	definición propia

2 Objetivo y ámbito de aplicación

Los resultados de medición se expresan como valor medido e incertidumbre de medida (véase el Vocabulario Internacional de Metrología [1], apartado 2.9) y forman parte de cada calibración. Dado el hecho de que una representación con precisión de dígitos infinita (número infinito de cifras decimales) no es posible, es inevitable redondear los resultados de las mediciones. Al mismo tiempo, es necesario ajustar el número de dígitos del valor medido del resultado de la medición (valor del resultado) a la incertidumbre de medida para evitar sugerir una incertidumbre por debajo de su magnitud real. Esta guía resume las reglas normativas y las especificaciones de las directrices que proporcionan estrategias y ejemplos viables como recomendación para un redondeo adecuado. En esta guía, el término “resultados de la medición” se refiere a todos los valores medidos y su incertidumbre de medida asociada, claramente identificados como tales en el informe de resultados. La guía no describe la representación y el redondeo de los valores indicados (lecturas de una pantalla), los valores nominales o los valores intermedios o auxiliares (calculados) para determinar el resultado de la medición.

3 Pasos para el redondeo de los resultados medición

Se utilizarán los siguientes pasos para representar los resultados de medición (compuestos por mejor valor estimado y su incertidumbre asociada) que previamente han sido calculados o representados con la máxima precisión disponible de punto flotante (los llamados valores medidos no redondeados o incertidumbres de medida no redondeadas:

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	7 / 10

1. redondeo de la incertidumbre de medida a dos dígitos significativos¹ utilizando las reglas de redondeo aquí propuestas
2. redondeo del valor medido del resultado de la medición (valor del resultado) al último dígito determinable por la incertidumbre de medida redondeada (dígito de redondeo - que es la cifra decimal en la cual se efectúa el redondeo, es decir el último decimal que aún queda con el número)
3. indicación del valor del resultado redondeado en el certificado de calibración
4. indicación de la incertidumbre de medida redondeada en el certificado de calibración

4 Reglas de redondeo recomendadas

El redondeo siempre cambia el valor del número exacto. Las guías [2], directrices [6] y normas [3] [4] proporcionan especificaciones para la aplicación de las reglas de redondeo; éstas se presentan aquí de manera resumida formando un procedimiento uniforme para la preparación de los certificados de calibración (informes de resultados):

4.1 Seleccionar los dígitos de redondeo de la incertidumbre de medida y del valor del resultado

En el primer paso, se redondea la incertidumbre expandida del valor del resultado. Se recomienda redondear siempre a dos dígitos significativos. Los dígitos significativos son *“todos los dígitos [...] desde el primer dígito no nulo* hasta el dígito de redondeo”* [3], es decir, el primer dígito no nulo y el siguiente dígito de la incertidumbre de medida.

* cifra distinta de cero

En el segundo paso, el último dígito de la incertidumbre de medida redondeada determina el dígito de redondeo del valor medido (valor de resultado).

4.2 Redondeo según DIN EN ISO 80000-1:2013 (Anexo B, Regla B)

Los pasos descritos en la sección 3 requieren el redondeo del valor del resultado y de la incertidumbre de medida. Se recomienda utilizar reglas de redondeo consistentes. Para los valores de las cantidades metrológicas y las incertidumbres de medida, la regla de redondeo según la norma DIN EN ISO 80000-1:2013, Anexo B, utilizando la Regla B, ha resultado ser practicable:

“B.2 En caso de que haya solo un múltiple integral² más cercano al número dado, entonces éste se utiliza como número redondeado.”

“B.3 Si dos números consecutivos con múltiple integral tienen igual distancia del número dado, se aplican dos reglas diferentes.

Regla B: El número con el múltiplo mayor en cantidad se elige como número redondeado.”

¹ Teniendo en cuenta los documentos EA 4/02-S9.14 párr. 3 [7] y DAkkS-DKD-3:2010-párr. 6.3 [9], no se considera recomendable que la incertidumbre redondeada tenga un menor número de dígitos, porque entonces la desviación de redondeo podría superar el 5 %. No se permite un número mayor de dígitos según [2] párrafo 7.2.6.

² El múltiplo se refiere al rango de redondeo del número dado. “B.1 El redondeo significa sustituir la magnitud de un número dado por otro número llamado *número redondeado*, seleccionado de la secuencia de múltiplos integrales de un rango de redondeo seleccionado” (DIN EN ISO 80000 1:2013), es decir, productos de número entero y rango de redondeo. Véanse ejemplos en el anexo B de la norma.

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	8 / 10

Estas dos reglas están implementadas, por ejemplo, en los programas de hojas de cálculo comerciales y corresponden al llamado “redondeo comercial”.

Para evitar un redondeo múltiple, sólo se debe redondear el resultado de la medición. El redondeo debe realizarse siempre en un sólo paso.

5 Ejemplos

5.1 Redondeo de valores absolutos (número y unidad)

Determinación de la tensión de salida de una fuente de 1 V con un voltímetro o multímetro digital (*digital multimeter* o *DMM* por sus siglas en inglés). Se determina la desviación de la fuente respecto al valor nominal.

Valor nominal de la fuente: $N = 1 \text{ V}$
 Valor medido³: $M = 1,0054321 \text{ V}$
 Valor del resultado⁴: $E = 0,0054321 \text{ V}$
 Incertidumbre no redondeada: $U = 0,00012499 \text{ V}$

1. Redondeo de la incertidumbre de medida a dos dígitos significativos:

$$U_{\text{redondeada}} = 0,00012 \text{ V} \quad (\text{rango de redondeo } 0,00001 \text{ V})$$

2. Redondeo del valor del resultado al dígito de redondeo:

$$E_{\text{redondeada}} = 0,00543 \text{ V}$$

3. Indicación del valor medido, del valor del resultado y de la incertidumbre de medida en el certificado de calibración

Resultado de medición			
Valor nominal	Valor medido	Desviación	Incertidumbre expandida
1 V	1,0054321 V	0,00543 V	0,00012 V

5.2 Indicaciones relativas (sin unidades)

Determinación de la tensión de salida de una fuente de 5 V con un voltímetro o multímetro digital (*digital multimeter* o *DMM* por sus siglas en inglés).

Valor nominal: $N = 5 \text{ V}$
 Valor medido³: $M = 5,00054521 \text{ V}$
 Valor del resultado⁵: $E = 109,0301111 \cdot 10^{-6}$
 Incertidumbre relativa no redondeada⁶: $U = 24,99527447 \cdot 10^{-6}$

1. Redondeo de la incertidumbre de medida relativa (sin unidades) a dos dígitos significativos:

$$U_{\text{redondeada}} = 25 \cdot 10^{-6} \quad (\text{rango de redondeo } 1 \cdot 10^{-6})$$

³ Valor medio de la indicación del *DMM*

⁴ En este ejemplo, definamos el valor del resultado como la desviación del valor nominal $E = M - N$

⁵ En este ejemplo, definamos el valor del resultado como la desviación relativa del valor nominal en relación con el valor nominal $E = \frac{M-N}{N}$

⁶ relativo al valor medido

	Redondeo de resultados e incertidumbres de medida en los certificados de calibración https://doi.org/10.7795/550.20220720	DKD-L 13-3	
		Edición:	11/2021
		Revisión:	0
		Página:	9 / 10

2. Redondeo del valor del resultado relativo (sin unidades) al dígito de redondeo:

$$E_{\text{redondeada}} = 109 \cdot 10^{-6}$$

3. Indicación del valor medido, del valor del resultado y de la incertidumbre de medida en el certificado de calibración

Resultado de medición			
Valor nominal	Valor medido	Desviación relativa	Incertidumbre expandida relativa
5 V	5,00054521 V	$109 \cdot 10^{-6}$	$25 \cdot 10^{-6}$

6 Bibliografía

- [1] Internationales Wörterbuch der Metrologie, Deutsch-englische Fassung ISO/IEC-Leitfaden 99:2007, Korrigierte Fassung 2012, 4. Auflage 2012, Herausgeber DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag GmbH, Berlin - Wien – Zürich (Vocabulario Internacional de Metrología, versión alemán-inglés guía ISO/IEC 99:2007, versión corregida 2012, cuarta edición 2012, publicado por DIN)
- [2] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, 2008
(Guía para la expresión de la incertidumbre de medida)
- [3] DIN 1333: Zahlenangaben, Beuth-Verlag Berlin, 1992
(Presentación de datos numéricos)
- [4] DIN EN ISO 80000-1: Größen und Einheiten - Teil 1: Allgemeines (ISO 80000-1:2009 + Cor 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 80000-1, 2013, Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich
(Magnitudes y unidades - Parte 1: Aspectos generales (ISO 80000-1:2009 + Cor 1:2011); versión alemana EN ISO 80000-1:2013)
- [5] ISO/IEC Guide 98-3: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) 2008, ISO, Geneva, CH
(Guía ISO/IEC 98-3: Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones (GUM) 2008, ISO, Ginebra, CH)
- [6] NIST-GLP 9: Good Laboratory Practice for Rounding Expanded Uncertainties and Calibration Values - Rev. Jan. 2016, <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.6969-2019>
(Buenas prácticas de laboratorio para el redondeo de incertidumbres expandidas y valores de calibración - Rev. Ene. 2016)
- [7] EA-4/02 M: 2013 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA, September 2013 rev 01;
EA-4/02 M: 2013 Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Traducción alemana), Traducción del 01.08.2019, DAkkS
(EA-4/02 M: 2013: Evaluación de la incertidumbre de medida en las calibraciones)
- [8] ILAC-P14:01/2013 - ILAC Policy for Uncertainty in Calibration, International Laboratory Accreditation Cooperation, 2013
(Normativa de la ILAC respecto a la incertidumbre en la calibración)
- [9] DAkkS-DKD-3 Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen, 1. Neuauflage 2010
(Indicación de la incertidumbre de medida en las calibraciones, 1ª edición nueva 2010)



Publicado por:

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

www.dkd.eu
www.ptb.de