



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

CENTRO ESPAÑOL  
DE METROLOGÍA

**RECOMENDACIONES DEL CENTRO ESPAÑOL DE  
METROLOGÍA PARA LA ENSEÑANZA Y UTILIZACIÓN DEL  
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA**

**Septiembre 2013**





<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>5</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>6</b>
<b>Conceptos metrológicos</b> .....	<b>6</b>
<i>Sistema Internacional de Unidades (SI)</i> .....	<b>7</b>
<i>Metrología (VIM 2.2)</i> .....	<b>7</b>
<i>Magnitud (VIM 1.1), medición (VIM 2.1) y mensurando (VIM 2.3)</i> .....	<b>7</b>
<i>Trazabilidad metrológica (VIM 2.41)</i> .....	<b>8</b>
<i>Errores</i> .....	<b>9</b>
<i>Exactitud (VIM 2.13) y Precisión (VIM 2.15)</i> .....	<b>11</b>
<i>Incertidumbre de medida (VIM 2.26)</i> .....	<b>12</b>
<i>Resolución (VIM 4.14)</i> .....	<b>16</b>
<i>Sensibilidad de un instrumento de medida (VIM 4.12)</i> .....	<b>16</b>
<i>Estabilidad de un instrumento de medida (VIM 4.19)</i> .....	<b>16</b>
<i>Deriva instrumental (VIM 4.21)</i> .....	<b>16</b>
<b>Utilización de unidades fuera del Sistema Internacional. Uso de escalas de temperatura inadecuadas</b> .....	<b>17</b>
<b>Reglas de escritura de unidades</b> .....	<b>18</b>
<i>Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades</i> .....	<b>18</b>
<i>Reglas de escritura para expresar los valores de las magnitudes</i> .....	<b>20</b>
<i>Reglas para la formación de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI</i> .....	<b>23</b>
<b>ERRORES MÁS FRECUENTES</b> .....	<b>25</b>
<b>De concepto</b> .....	<b>25</b>
<i>En relación con el SI</i> .....	<b>25</b>
<i>En relación a los conceptos de medición e incertidumbre de medida y al vocabulario metrológico</i> .....	<b>26</b>
<i>En relación a las reglas de escritura</i> .....	<b>26</b>
<b>ANEXO:</b> .....	<b>27</b>





## ANTECEDENTES

El Centro Español de Metrología y su personal vienen recibiendo con cierta continuidad observaciones relativas a la inadecuada utilización y enseñanza de las unidades de medida en el sistema educativo. En ocasiones se han recibido también quejas formales a través del buzón de atención al ciudadano, relativas a errores detectados en algunos libros de texto, no solo en la enseñanza secundaria, sino incluso en la universitaria.

La propia Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) ha manifestado recientemente su preocupación por la falta de consistencia existente en el tratamiento de los datos de medición y en la expresión de los resultados de medida, y ha encomendado a los Institutos Nacionales de Metrología que redoblen sus esfuerzos para impulsar en sus respectivos países un uso más extenso de documentos clave como el Vocabulario internacional de metrología (VIM) o la Guía para la estimación de las incertidumbres de medida (GUM). Estos documentos y otros relacionados son utilizados diariamente por los metrologos, conocedores de la necesidad y ventajas de poseer un lenguaje común para comunicar y analizar los resultados de medida pero, según el BIPM, deberían formar parte cuanto antes de los programas educativos de científicos e ingenieros, a fin de contrarrestar la falta de consistencia citada anteriormente y dar homogeneidad al sistema I+D+i.

## CONTENIDO

En respuesta a lo anterior, y con afán divulgativo, surge el presente documento, el cual pretende facilitar la comprensión y correcto uso del Sistema Internacional de unidades, a la vez que presentar los conceptos más importantes en metrología. Se halla dividido en varios apartados que recogen recomendaciones o aclaraciones elaboradas y sintetizadas a partir de textos oficiales, y del estado actual del conocimiento de la metrología.

No pretende ser un documento exhaustivo, por lo que se recomienda acudir a fuentes básicas e imprescindibles, de mayor alcance, como las cuatro que se citan más adelante, o el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida, todas ellas accesibles gratuitamente a través de la página web del CEM ([www.cem.es](http://www.cem.es)). Con carácter complementario, se recomienda también consultar la serie de normas UNE 82100-0:1996 a UNE 82100-13:1996 (ISO 31-0:1992 a ISO 31-13:1992) y la UNE 82103:1996.



## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones aquí contenidas se refieren básicamente a:

- Conceptos metroológicos
- Utilización de unidades fuera del Sistema Internacional. Uso de escalas de temperatura inadecuadas
- Uso de las reglas de escritura de las unidades

### Conceptos metroológicos

Las referencias imprescindibles para el conocimiento, utilización y enseñanza de los conceptos relacionados con la medida son básicamente:

- *El Sistema Internacional de Unidades (SI)*. 8ª edición 2006. Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Organización Intergubernamental de la Convención del Metro. 2ª edición en español 2008. Centro Español de Metrología.
- *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)*. 3ª edición 2008. BIPM, Oficina Internacional de Pesas y Medidas. IEC, Comisión Electrotécnica Internacional. IFCC, Federación Internacional de Química Clínica y Laboratorios Médicos. ISO, Organización Internacional de Normalización. IUPAC, Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. IUPAP, Unión Internacional de Física Pura y Aplicada. OIML, Organización Internacional de Metrología Legal. 3ª edición en español 2008. Centro Español de Metrología.
- *Evaluación de Datos de Medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM)*. 1ª edición 2008. Oficina Internacional de Pesas y Medidas. 3ª edición en español 2009. Centro Español de Metrología.
- *Evaluación de Datos de Medición. Suplemento 1 de la “Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida”. Propagación de incertidumbres aplicando el método de Monte Carlo*. 1ª edición 2008. Oficina Internacional de Pesas y Medidas. 1ª edición en español 2010. Centro Español de Metrología.
- *Evaluación de datos de medición — Introducción a la “Guía para la expresión de la incertidumbre de medida” y documentos*



*relacionados*. Comité conjunto para guías sobre metrología (JCGM).  
1ª edición 2009. <sup>1</sup>

A continuación se presentan y discuten algunos conceptos, erróneamente definidos o utilizados en algunos niveles de la enseñanza.

### ***Sistema Internacional de Unidades (SI)***

Frecuentemente los libros de texto se refieren al SI como al más recomendable o de uso más frecuente entre distintas posibilidades. Esto no es así. El SI es el adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y es de uso obligatorio en la Unión Europea. <sup>2</sup>

### ***Metrología (VIM 2.2)***

*Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones.* <sup>3</sup>

La Metrología es la ciencia que se dedica al estudio y evolución de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, y los métodos y técnicas de medición, así como a la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida.

Sin mediciones correctas no hay I+D ni calidad, y sin lo anterior no hay desarrollo, competitividad ni futuro para la economía.

### ***Magnitud (VIM 1.1), medición (VIM 2.1) y mensurando (VIM 2.3)***

*Magnitud. Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.*

Habitualmente, dicha referencia suele ser una unidad de medida.

*Medición. Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.*

<sup>1</sup> Disponible en inglés y francés en [www.bipm.org](http://www.bipm.org). 1ª edición en español disponible en el segundo trimestre de 2011 en [www.cem.es](http://www.cem.es).

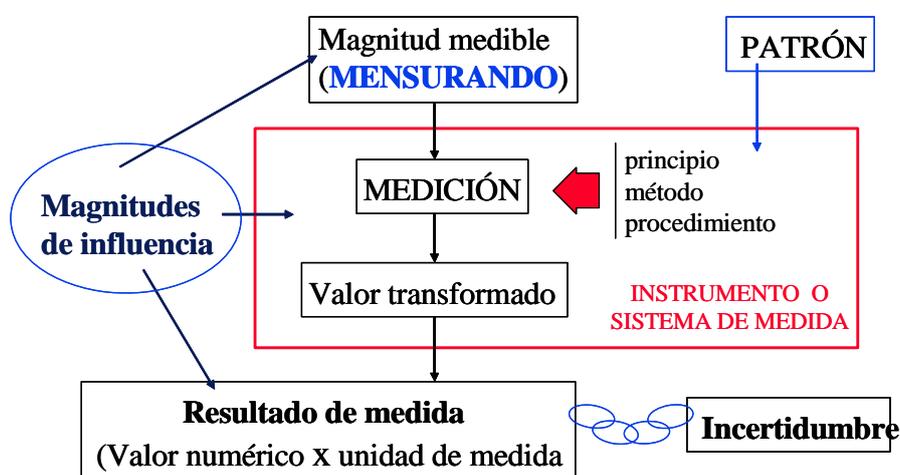
<sup>2</sup> Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología; Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida y Directiva 2009/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2009, por la que se modifica la Directiva 80/181/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre unidades de medida.

<sup>3</sup> *La Metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación*

*Mensurando. Magnitud que se desea medir.*

De la buena definición del mensurando, entre otros factores, dependerá la calidad (exactitud e incertidumbre) del resultado de medida.

La medición de una magnitud debe realizarse empleando instrumentos o sistemas de medida **calibrados**; es decir, que han sido comparados con patrones o instrumentos de mayor nivel metrológico para determinar sus posibles errores, así como las incertidumbres de medida.



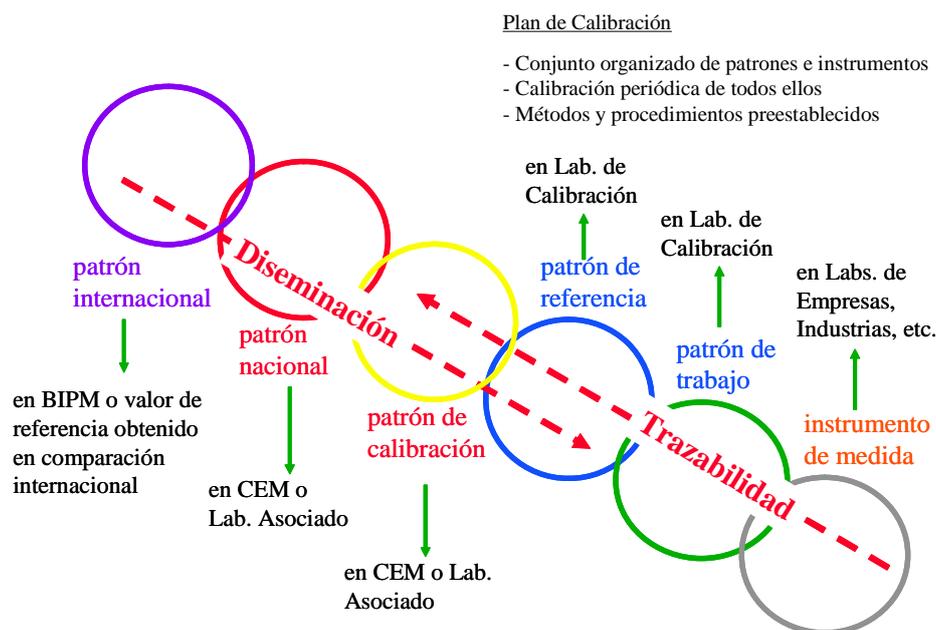
Con los patrones e instrumentos de mayor nivel metrológico (menor incertidumbre de medida) se habrá actuado de la misma forma, por lo que el instrumento de trabajo que empleamos estará al final ligado al nivel superior de la cadena de medida, normalmente un patrón nacional o internacional (experimento físico) que realiza de manera práctica la unidad (normalmente básica) del SI correspondiente a la magnitud que se mide.

Las cadenas de patrones y mediciones deben ser ininterrumpidas y estar documentadas, lo que pone de relevancia la importancia de la trazabilidad metrológica.

### ***Trazabilidad metrológica (VIM 2.41)***

*Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.*

La cadena ininterrumpida de medida, desde el patrón de mayor nivel metrológico hasta el instrumento de medida habitual, se denomina cadena de trazabilidad y en la conexión entre sus eslabones tienen lugar los procesos de calibración mencionados, conforme a procedimientos previamente establecidos.



## Errores

Durante cualquier medición tienen lugar una serie de errores provenientes de distintas fuentes: el propio mensurando (definición y/o realización práctica), el instrumento de medida, las condiciones ambientales, el operador, etc., los cuales se clasifican en sistemáticos y aleatorios. Los primeros pueden cancelarse o corregirse, si se conocen sus causas, mientras que sobre los segundos, de comportamiento impredecible, no puede actuarse de la misma manera. Ambos tipos de error contribuyen a la incertidumbre de medida, aunque debe quedar bien claro que son distintos de ésta.

*Error de medida (VIM 2.16). Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.*

*Error aleatorio (VIM 2.19). Componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible.*

El error aleatorio oscila en torno a un valor medio y se supone que procede de variaciones temporales y espaciales de las magnitudes de influencia

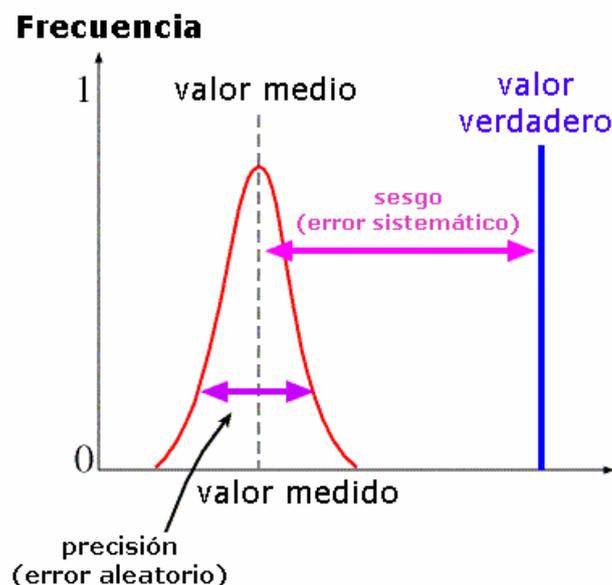
(temperatura, humedad, presión, etc.). No es posible compensar el error aleatorio de un resultado de medida, pero puede reducirse incrementando el número de observaciones, a fin de reducir la dispersión en torno al valor medio.

*Error sistemático (VIM 2.17). Componente del error de medida que, en mediciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.*

El error sistemático no puede eliminarse totalmente, pero frecuentemente puede reducirse o incluso corregirse, si se identifican sus causas. Por ejemplo, el error obtenido al medir una pieza a una temperatura distinta de la de referencia, puede corregirse teniendo en cuenta la dilatación o contracción sufrida por la pieza ( $\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$ ). Cuando no es posible aplicar una corrección, debe sumarse todo el error sistemático a la incertidumbre de medida expandida.

*Corrección (VIM 2.53). Compensación de un efecto sistemático estimado.*

La compensación puede tomar diferentes formas: aditiva, multiplicativa, o deducirse de una tabla.



Errores absoluto y relativo. Cualquier error puede expresarse en valor absoluto (error absoluto) o en valor relativo (error relativo). Así, si al medir una magnitud  $M$ , se encuentra un valor distinto  $M'$ , más o menos cercano a  $M$ , la diferencia  $M' - M$  se denomina error absoluto ( $\varepsilon_a$ ). El error absoluto puede ser positivo o negativo (no hay que confundirlo con el valor absoluto del error) y tiene las

mismas dimensiones que la magnitud que se mide. En algunas mediciones, como las de longitud, este error suele denominarse desviación al valor nominal.

El error relativo, definido como  $\varepsilon_r = \frac{M' - M}{M} = \frac{\varepsilon_a}{M}$ , da mayor idea de la dimensión del error absoluto, al compararlo con el valor  $M$  de la magnitud medida.

### **Exactitud (VIM 2.13) y Precisión (VIM 2.15)**

*Exactitud. Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando).*

*Precisión. Proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares bajo condiciones especificadas.*

El concepto de exactitud de un instrumento de medida se refiere a la capacidad de dar valores o indicaciones próximas al valor verdadero de la magnitud medida. Una medición, o el resultado, es más exacto cuanto más pequeño es el error sistemático de medida; es decir, cuanto menor es la diferencia entre el valor medio de los sucesivos resultados obtenidos y el valor convencionalmente verdadero de la magnitud.

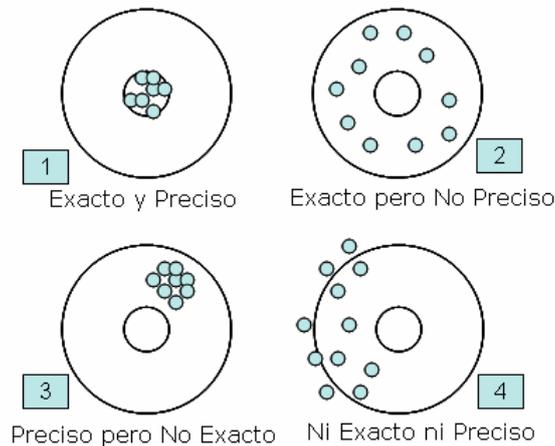
La idea de precisión de un instrumento de medida refleja la capacidad de dar valores o indicaciones próximas entre sí al efectuar mediciones repetidas. Una medición, o el resultado, es más preciso cuanto más pequeño es el error aleatorio de medida; es decir, cuanto menor es la dispersión que presentan entre sí los sucesivos resultados obtenidos.

De lo anterior se deduce que el resultado de una medición, o un instrumento, puede ser:

Exacto y preciso	Exacto pero no preciso	Preciso pero no exacto	Ni preciso ni exacto
Resultados muy próximos entre sí, con un valor medio muy cercano al valor verdadero (1)	Valor medio muy cercano al valor verdadero, pero gran dispersión de los resultados en torno al valor medio (2)	Resultados muy próximos entre sí pero valor medio alejado del valor verdadero (3)	Gran dispersión de los resultados en torno al valor medio y valor medio alejado del valor verdadero (4)

Como puede observarse, aunque en el lenguaje de la calle, exactitud y precisión suelen tomarse como sinónimos, en metrología, la diferenciación entre ambos es muy clara. En la siguiente figura, el centro de la diana

representa el valor convencionalmente verdadero y los distintos puntos, los resultados de medida obtenidos en una serie de repeticiones.



Casos posibles de un resultado (o instrumento) de medida

### ***Incertidumbre de medida (VIM 2.26)***

*Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.*

A la hora de expresar el resultado de una medición de una magnitud física, es obligado dar alguna indicación cuantitativa de la calidad del mismo o, dicho de otro modo, de la confianza que se tiene en él. Sin dicha indicación, las mediciones no pueden compararse entre sí, ni con otros valores de referencia. Esto se indica en la forma  $R \pm U$ , donde  $R$  es el resultado más probable y  $U$  es la incertidumbre de medida asociada al mismo.

El concepto de incertidumbre es relativamente nuevo en la historia de la medición, por lo que muchos libros de texto continúan utilizando únicamente conceptos como error y análisis de errores, los cuales han formado parte desde hace mucho tiempo de la práctica de la medición. Sin embargo, estos conceptos, sin llegar a desaparecer, han evolucionado.

En la metrología actual sigue hablándose de error, pero no tanto de análisis de errores, en el sentido que a éste se le daba hasta hace unos años, sino de *estimación de incertidumbres*. Es claro que hay que indagar sobre los posibles errores existentes en una medición, con objeto de eliminarlos o corregirlos, pero ninguna corrección es total, por lo que existirá una incertidumbre asociada al resultado final; esto es, una duda acerca de la bondad con que el resultado

final representa el valor de la magnitud medida. El concepto de incertidumbre se sitúa pues más allá del de error, existiendo métodos internacionalmente aceptados para su estimación.

De la misma manera que la utilización casi universal del Sistema Internacional de Unidades (SI) ha dado coherencia a todas las mediciones científico-técnicas, un consenso internacional sobre la evaluación y expresión de la incertidumbre de medida ha permitido dar significado a una gran variedad de resultados de medida en los campos de la ciencia, la ingeniería, el comercio, la industria y la reglamentación, para que fueran fácilmente entendidos e interpretados adecuadamente. En esta era del mercado global, es imprescindible que el método de evaluación y expresión de la incertidumbre sea uniforme en todo el mundo, de manera que las mediciones realizadas en diferentes países puedan ser comparadas fácilmente.

La estimación de la incertidumbre de medida se realiza conforme a lo estipulado en la *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*, versión española, 3ª ed., 2009, publicada por el CEM.

De manera sucinta, el proceso general a seguir es el siguiente:

- 1) Expresar matemáticamente la relación existente entre el mensurando  $Y$  y las magnitudes de entrada  $X_i$  de las que éste depende según  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ . La función  $f$  debe contener todas las magnitudes, incluyendo todas las correcciones y factores de corrección que pueden contribuir significativamente a la incertidumbre del resultado de medición.
- 2) Obtener una estimación  $y$  del mensurando  $Y$ , utilizando las estimaciones de entrada  $x_1, x_2, \dots, x_N$  de las magnitudes  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , tal que

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

- a) Para magnitudes de entrada  $X_i$  estimadas a partir de  $n$  observaciones repetidas e independientes  $X_{i,k}$ , tomar como estimación de entrada  $x_i$  la media aritmética  $\bar{X}_i$  y como incertidumbre típica  $u(x_i)$  de dicha estimación la desviación típica experimental de la media:

$$u(x_i) = s(\bar{X}_i) = \sqrt{\frac{s^2(x_k)}{n}}$$

[El valor de  $u(x_i)$  así evaluado se denomina *incertidumbre típica tipo A*]

- b) Para magnitudes de entrada  $X_i$  no estimadas a partir de observaciones repetidas, la estimación  $x_i$  y la incertidumbre típica  $u(x_i)$  derivan de decisiones científicas basadas en el conocimiento disponible sobre la

posible variabilidad de  $X_i$ , lo que permite asociarle un determinado tipo de distribución (normal, rectangular, etc.). Este conocimiento puede provenir de:

- resultados de mediciones anteriores;
- experiencia o conocimientos generales sobre el comportamiento y las propiedades de los materiales e instrumentos utilizados;
- especificaciones del fabricante;
- datos de certificados de calibración u otros tipos de certificados;
- incertidumbres asignadas a valores de referencia o constantes naturales, procedentes de libros y manuales.

[Los valores de  $u(x_i)$  así evaluados se denominan *incertidumbres típicas Tipo B*].

- 3) Obtener la incertidumbre típica combinada  $u_c(y)$  como raíz cuadrada positiva de la varianza combinada  $u_c^2(y)$ , dada por:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2$$

donde  $f$  es la función que liga las magnitudes de entrada  $X_i$  con el mensurando  $Y$ . Cada  $u(x_i)$  es una incertidumbre típica evaluada como se describe en a) (*evaluación Tipo A*) o en b) (*evaluación Tipo B*). La incertidumbre típica combinada  $u_c(y)$  es una desviación típica estimada y caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando  $Y$ .

Las derivadas parciales  $\partial f / \partial x_i$  son iguales a  $\partial f / \partial X_i$ , calculadas para  $X_i = x_i$ . Estas derivadas, denominadas *coeficientes de sensibilidad*, describen cómo varía la estimación de salida  $y$ , en función de las variaciones de las estimaciones de entrada  $x_1, x_2, \dots, x_N$ .

Cuando las magnitudes de entrada no son independientes, sino que están correlacionadas, la expresión adecuada para la varianza combinada  $u_c^2(y)$  asociada al resultado de medida es

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)$$

donde  $x_i$  y  $x_j$  son las estimaciones de  $X_i$  y  $X_j$ , y  $u(x_i, x_j) = u(x_j, x_i)$  es la covarianza estimada asociada a  $x_i$  y  $x_j$ . El grado de correlación entre  $x_i$  y  $x_j$  viene dado por el coeficiente de correlación

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}$$

donde  $r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i)$  y  $-1 \leq r(x_i, x_j) \leq +1$ .

Puede existir una correlación significativa entre dos magnitudes de entrada si, por ejemplo, se utiliza para su determinación el mismo instrumento de medida, el mismo patrón o la misma referencia con incertidumbre típica significativa. Las correlaciones entre magnitudes de entrada no pueden ignorarse, siempre que existan y sean significativas.

Las expresiones de la incertidumbre típica combinada, tanto para las magnitudes independientes como para las correlacionadas, se basan en el desarrollo en serie de Taylor de primer orden de  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ , y expresan lo que en la *Guía* se denomina *ley de propagación de la incertidumbre*.

- 4) Obtener la incertidumbre expandida  $U$  multiplicando la incertidumbre típica combinada  $u_c(y)$  por un *factor de cobertura*  $k$ , habitualmente entre 2 y 3, elegido en función del nivel de confianza requerido (normalmente un 95 %) para el intervalo  $[y-U, y+U]$  en torno al resultado de medida.<sup>4 5</sup>
- 5) Indicar el resultado de la medición en la forma  $Y = y \pm U$ , indicando las unidades de  $y$  y de  $U$ . Indicar asimismo el valor de  $k$  utilizado para obtener  $U$  y el nivel de confianza asociado al intervalo  $y \pm U$ .<sup>6</sup>

<sup>4</sup> En el caso de determinación de constantes fundamentales la incertidumbre (*típica*, no expandida) asociada a las mismas figura entre paréntesis, y corresponde a las últimas cifras significativas del valor numérico. También suele incluirse el valor relativo de dicha incertidumbre (véase CODATA 2006). Así, por ejemplo:

Magnitud	Símbolo	Valor numérico	Unidad	Incertidumbre típica relativa $u_r$
carga elemental	$e$	$1,602\ 176\ 487(40) \times 10^{-19}$	C	$2,5 \times 10^{-8}$
constante de Planck	$h$	$6,626\ 068\ 96(33) \times 10^{-34}$	J s	$5,0 \times 10^{-8}$

<sup>5</sup> Aunque  $u_c(y)$  puede ser utilizada universalmente para expresar la incertidumbre de un resultado de medida [el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) la recomienda para expresar los resultados en las comparaciones clave internacionales], frecuentemente, en aplicaciones comerciales, industriales o reglamentarias, o en los campos de la salud o la seguridad, es necesario dar una incertidumbre que defina, alrededor del resultado de medida, un intervalo en cuyo interior pueda esperarse encontrar gran parte de la distribución de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando. De esta necesidad surge la *incertidumbre expandida*.

<sup>6</sup> Ejemplo:  $m_S = (100,021\ 47 \pm 0,000\ 79)$  g, con  $U$  determinada a partir de  $u_c = 0,35$  mg y  $k = 2,26$ , basada en la distribución  $t$  de Student para  $\nu = 9$  grados de libertad, y definiendo un intervalo con un nivel de confianza del 95 %.

### **Resolución (VIM 4.14)**

*Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.*

En los instrumentos digitales la resolución viene dada por el valor del último dígito, el cual a veces es seleccionable; en los analógicos, suele ser la menor división de escala aunque, si la distancia entre trazos es suficientemente amplia, puede tomarse media división de escala e incluso utilizar instrumentación óptica para aumentar la resolución.

La resolución contribuye a la incertidumbre de medida, por cuanto supone un límite a la apreciación del valor de la magnitud. Si la resolución del dispositivo indicador es  $\delta x$ , el valor de señal de entrada (estímulo) que produce una indicación dada  $X$  puede situarse con igual probabilidad en cualquier punto dentro del intervalo  $X - \delta x/2$  a  $X + \delta x/2$ . La señal de entrada puede describirse entonces mediante una distribución rectangular de probabilidad, de amplitud  $\delta x$  y varianza  $u^2 = (\delta x)^2/12$ , lo que supone una incertidumbre típica  $u = 0,29 \delta x$  para cualquier indicación.

### **Sensibilidad de un instrumento de medida (VIM 4.12)**

*Cociente entre la variación de una indicación de un sistema de medida y la variación correspondiente del valor de la magnitud medida.*

Puede haber distintas sensibilidades para distintos valores de la magnitud medida. Lógicamente, la variación del valor de la magnitud medida debe ser superior a la resolución del instrumento.

### **Estabilidad de un instrumento de medida (VIM 4.19)**

*Aptitud de un instrumento de medida para conservar constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.*

### **Deriva instrumental (VIM 4.21)**

*Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.*



## Utilización de unidades fuera del Sistema Internacional. Uso de escalas de temperatura inadecuadas

En la mayoría de los libros de texto se explicita o subyace la idea de que el Sistema Internacional (SI) es “uno”, aunque principal y preferible, de los sistemas de unidades posibles, cuando debería decirse que es “el” sistema internacionalmente adoptado, el utilizado en la práctica científica y el único de uso legal en la Unión Europea y en numerosos países.

En un porcentaje elevado de los textos analizados se ha detectado la utilización de unidades no pertenecientes al SI, sino a sistemas ya en desuso. Esto es particularmente frecuente en las magnitudes de presión, fuerza y temperatura.

En general los libros no explican de forma adecuada las escalas de tiempo y temperatura. Estas magnitudes no pueden ser cuantificadas a menos que se defina una escala; las aceptadas internacionalmente son, respectivamente, la escala de Tiempo Universal Coordinado (UTC) <sup>7</sup> y la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90). Esta última admite dos unidades de medida distintas para la temperatura: kelvin y grado Celsius; por tanto, el grado centígrado y la escala centígrada son conceptos obsoletos que, además, quedaron fuera de uso en el año 1948, por lo que su empleo en libros de texto es totalmente inadecuado.

En el caso de la presión se utiliza a menudo la atmósfera en lugar del pascal. También se utiliza frecuentemente el milímetro de mercurio para usos no autorizados.<sup>8</sup>. Asimismo, en la magnitud fuerza, suele citarse el kilogramo fuerza o kilopondio, en lugar de la unidad SI newton.

La CGPM autoriza expresamente la utilización de algunas unidades no pertenecientes al SI. El empleo de estas unidades solo está justificado para responder a necesidades específicas de ciertos grupos, por diferentes razones. Aunque es preferible emplear las unidades SI, quienes vean una ventaja particular en usar las otras pueden hacerlo libremente, si bien deben indicar siempre su equivalencia en unidades SI.<sup>9</sup>

Cuando se utilizan unidades obsoletas para ejercitar a los alumnos en la conversión de unidades, es recomendable insistir en los enunciados en que se

<sup>7</sup> En España, la institución responsable de la unidad de tiempo es el Real Observatorio de la Armada, que mantiene y difunde la escala UTC (ROA), considerada a todos los efectos como la base de la hora legal en nuestro país (RD 1308/1992 de 23 de octubre de 1992).

<sup>8</sup> El SI autoriza el uso del mmHg exclusivamente para la medida de la presión sanguínea y de otros fluidos corporales.

<sup>9</sup> Véanse las Tablas 7 a 9 (y sus notas) de la 8ª (2ª en español) edición del SI o las Tablas 7 y 8 del RD 2032/2009.



trata de unidades fuera del SI, ya en desuso, y que no deben utilizarse en la práctica científica y profesional.

### **Reglas de escritura de unidades**

En bastantes libros de texto se ha detectado que no se siguen las reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades.<sup>10</sup> Lo mismo se observa al hojear cualquier factura de teléfono o cualquier periódico o revista, principalmente en la sección de deportes.<sup>11</sup>

Este aspecto es importante ya que los símbolos de las unidades y de las magnitudes no son simples abreviaturas; son entidades algebraicas cuyo uso está normalizado. No seguir estas reglas puede provocar errores y malas interpretaciones.

Las reglas facilitan la comprensión de las publicaciones científicas y técnicas, su seguimiento es obligado en el caso de las magnitudes y unidades de medida y muy recomendado en el caso de notaciones algebraicas o matemáticas. Las reglas obligatorias están incluidas en el Sistema Internacional (SI), las voluntarias proceden del mundo de la normalización y están recomendadas por las normas internacionales ISO 31-0:1992 a ISO 31-13:1992 y la serie española correspondiente UNE 82100-0:1996 a UNE 82100-13:1996.

Los epígrafes siguientes resumen y agrupan el conjunto de reglas aplicables. Se incluyen también algunos ejemplos para facilitar la comprensión.

### **Reglas de escritura de los símbolos y nombres de las unidades**

1. Los símbolos de las unidades se escriben en caracteres romanos (rectos), independientemente del tipo de letra empleada en el texto adyacente. Se escriben en minúsculas excepto si derivan de un nombre propio, en cuyo caso la primera letra es mayúscula. Como excepción se permite el uso de la letra L mayúscula o l minúscula como símbolos del litro, a fin de evitar la confusión entre la cifra 1 (uno) y la letra l (ele).

Ejemplos:

m	metro	g	gramo	L	litro
---	-------	---	-------	---	-------

<sup>10</sup> Véase el capítulo III del RD 2032/2009.

<sup>11</sup> En las secciones dedicadas a deportes es habitual leer que un piloto ha hecho la vuelta rápida en un tiempo de 1m 21", ó de 1' 21", combinando sin ningún problema los metros (m) con los segundos de arco (") sin dejar un espacio entre el valor y el símbolo de la unidad (1 m) en el primer caso, o utilizando minutos y segundos de arco, en lugar de las unidades correctas de tiempo, 1 min 21 s. También se encuentran expresiones como "c.c." (en lugar de cm<sup>3</sup>), "CV" (sin indicar la equivalencia en kW) o "emisiones de CO<sub>2</sub> de 195 gr/km" (en lugar de CO<sub>2</sub> y g/km).



cm	centímetro	µg	microgramo	mL	mililitro
----	------------	----	------------	----	-----------

**2.** Un prefijo de múltiplo o submúltiplo, si se usa, forma parte de la unidad y precede al símbolo de la unidad, sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Un prefijo nunca se usa aislado y nunca se usan prefijos compuestos.

**3.** Los símbolos de las unidades son entidades matemáticas y no abreviaturas. Por tanto, no van seguidos de un punto, salvo al final de una frase, ni se usa el plural, ni se pueden mezclar símbolos de unidades con nombres de unidades en una misma expresión, pues los nombres no son entidades matemáticas.

**4.** Para formar los productos y cocientes de los símbolos de las unidades, se aplican las reglas habituales de multiplicación o de división algebraicas. La multiplicación debe indicarse mediante un espacio o un punto centrado a media altura ( $\cdot$ ), para evitar que ciertos prefijos se interpreten erróneamente como un símbolo de unidad. La división se indica mediante una línea horizontal, una barra oblicua ( $/$ ), o mediante exponentes negativos. Cuando se combinan varios símbolos de unidades, hay que tener cuidado para evitar toda ambigüedad, por ejemplo utilizando corchetes o paréntesis, o exponentes negativos. En una expresión dada sin paréntesis, no debe utilizarse más de una barra oblicua, para evitar ambigüedades.

**5.** No se permite emplear abreviaturas para los símbolos y nombres de las unidades, tales como seg (por s o segundo), mm cuad. (por  $\text{mm}^2$  o milímetro cuadrado), cc (por  $\text{cm}^3$  o centímetro cúbico) o mps (por m/s o metro por segundo). De esta forma se evitan ambigüedades y malentendidos respecto a los valores de las magnitudes.

**6.** Los nombres de las unidades se escriben en caracteres romanos (rectos) y se consideran como nombres (sustantivos) comunes; se escriben en minúscula (incluso cuando su nombre es el de un científico eminente y el símbolo de la unidad comienza por mayúscula), salvo que se encuentren situados al comienzo de una frase o en un texto en mayúsculas, como un título. Para cumplir esta regla, la escritura correcta del nombre de la unidad cuyo símbolo es  $^{\circ}\text{C}$  es “grado Celsius” (la unidad grado comienza por la letra g en minúscula y el atributo Celsius comienza por la letra C en mayúscula, porque es un nombre propio). Los nombres de las unidades pueden escribirse en plural.

**7.** Aunque los valores de las magnitudes se expresan generalmente mediante los nombres y símbolos de las unidades, si por cualquier razón resulta más apropiado el nombre de la unidad que su símbolo, debe escribirse el nombre de la unidad completo.

8. Cuando el nombre de la unidad está combinado con el prefijo de un múltiplo o submúltiplo, no se deja espacio ni se coloca guión entre el nombre del prefijo y el de la unidad. El conjunto formado por el nombre del prefijo y el de la unidad constituye una sola palabra.

9. Cuando el nombre de una unidad derivada se forma por multiplicación de nombres de unidades individuales, conviene dejar un espacio o un punto centrado a media altura ( $\cdot$ ), para separar el nombre de cada unidad.

### **Reglas de escritura para expresar los valores de las magnitudes**

1. El valor de una magnitud se expresa como el producto de un número por una unidad: el número que multiplica a la unidad es el valor numérico de la magnitud expresada en esa unidad. El valor numérico de una magnitud depende de la unidad elegida. Así, el valor de una magnitud particular es independiente de la elección de unidad, pero su valor numérico es diferente para unidades diferentes.

2. Los símbolos de las magnitudes están formados generalmente por una sola letra en cursiva, pero puede darse información adicional mediante subíndices, superíndices o paréntesis. Así  $C$  es el símbolo recomendado para la capacidad calorífica,  $C_m$  para la capacidad calorífica molar,  $C_{m,p}$  para la capacidad calorífica molar a presión constante y  $C_{m,v}$  para la capacidad calorífica molar a volumen constante. Las constantes suelen ser magnitudes físicas y, por lo tanto, sus símbolos se escriben en cursiva.

Ejemplos:

$t = 3 \text{ s}$	$t$ tiempo, s segundo	$T = 22 \text{ K}$	$T$ temperatura, K kelvin
$r = 11 \text{ cm}$	$r$ radio, cm centímetro	$\lambda = 633 \text{ nm}$	$\lambda$ longitud de onda, nm nanómetro
$e$	carga elemental	$m_e$	$m$ masa e electrón

Esta reglas implican que el subíndice o superíndice del símbolo de una magnitud se escriba en letra recta si es descriptivo (por ejemplo, si es un número o representa el nombre de una persona o partícula); pero que se escriba en cursiva si representa una magnitud, o es una variable como  $x$  en  $E_x$ , o un índice como  $i$  en  $\sum_i X_i$  que representa un número consecutivo.

### Ejemplos de subíndices y superíndices en caracteres rectos (descriptivos)

$N_A$ A	constante de Avogadro, Avogadro	$R$	constante universal de los gases
$\theta_D$ D	temperatura de Debye, Debye	$Z$	número atómico
$\varepsilon_0^{(ir)}$ ir	irracional	$V_m^l$ l m	fase líquida molar
$E_k, E_c$ k, c	cinética	$\mu_B$ B	Bohr

### Ejemplos de subíndices en cursiva (representan magnitudes o variables)

$c_p$ $p$	presión	$\sigma_\Omega$ $\Omega$	ángulo sólido
$q_m$ $m$	masa	$\omega_z$ $z$	coordenada z

3. Se escriben en carácter romano recto los símbolos de los elementos químicos y aquellos símbolos que representan constantes matemáticas que nunca cambian, por ejemplo,  $\pi$ .

Ejemplo:

Ar	argón	B	boro	C	carbono
----	-------	---	------	---	---------

4. Mientras que para los símbolos de las magnitudes sólo existen recomendaciones, es obligatorio emplear los símbolos correctos de las unidades. Cuando, en circunstancias particulares, se prefiera usar un símbolo no recomendado para una magnitud dada, por ejemplo para evitar una confusión resultante del uso del mismo símbolo para dos magnitudes distintas, hay que precisar claramente qué significa el símbolo.



**5.** Los símbolos de las unidades se tratan como entidades matemáticas. Cuando se expresa el valor de una magnitud como producto de un valor numérico por una unidad, el valor numérico y la unidad pueden tratarse de acuerdo con las reglas ordinarias del álgebra. Este procedimiento constituye el cálculo de magnitudes, o álgebra de magnitudes. Por ejemplo, la ecuación  $T = 293 \text{ K}$  puede escribirse también como  $T/K = 293$ .

**6.** Al igual que el símbolo de una magnitud no implica la elección de una unidad particular, el símbolo de la unidad no debe utilizarse para proporcionar información específica sobre la magnitud y no debe nunca ser la única fuente de información respecto de la magnitud. Las unidades no deben ser modificadas con información adicional sobre la naturaleza de la magnitud; este tipo de información debe acompañar al símbolo de la magnitud y no al de la unidad.

**7.** El valor numérico precede siempre a la unidad y siempre se deja un espacio entre el número y la unidad. Así, el valor de una magnitud es el producto de un número por una unidad, considerándose el espacio como signo de multiplicación (igual que el espacio entre unidades). Las únicas excepciones a esta regla son los símbolos de las unidades grado, minuto y segundo de ángulo plano, °, ' y ", respectivamente, para los cuales no se deja espacio entre el valor numérico y el símbolo de la unidad. Esta regla implica que el símbolo °C para el grado Celsius debe ir precedido de un espacio para expresar el valor de la temperatura Celsius  $t$ .

**8.** En cualquier expresión, sólo se emplea una unidad. Una excepción a esta regla es la expresión de los valores de tiempo y ángulo plano mediante unidades no pertenecientes al SI. Sin embargo, para ángulos planos, es preferible generalmente dividir el grado de forma decimal. Así, se escribirá  $22,20^\circ$  mejor que  $22^\circ 12'$ , salvo en campos como la navegación, la cartografía, la astronomía, y para la medida de ángulos muy pequeños.

**9.** El símbolo utilizado para separar la parte entera de su parte decimal se denomina "separador decimal". El símbolo del separador decimal es la coma, en la propia línea de escritura. Si el número está comprendido entre +1 y -1, el separador decimal va siempre precedido de un cero.

**10.** Los números con muchas cifras pueden repartirse en grupos de tres cifras separados por un espacio, a un lado y otro del separador decimal, a fin de facilitar la lectura. Estos grupos no se separan nunca por puntos ni por comas. En los números de una tabla, el formato no debe variar en una misma columna.

**11.** La unidad SI coherente de las magnitudes sin dimensión o magnitudes de dimensión uno, es el número uno, símbolo 1. Los valores de estas magnitudes

se expresan simplemente mediante números. El símbolo de unidad 1 o el nombre de unidad “uno” no se menciona explícitamente y no existe símbolo particular ni nombre especial para la unidad uno, salvo algunas excepciones que se indican en las tablas. Como los símbolos de los prefijos SI no pueden unirse al símbolo 1 ni al nombre de unidad “uno”, para expresar los valores de magnitudes adimensionales particularmente grandes o particularmente pequeñas, se emplean las potencias de 10.

En las expresiones matemáticas, el símbolo % (por ciento), reconocido internacionalmente, puede utilizarse con el SI para representar al número 0,01. Por lo tanto, puede usarse para expresar los valores de magnitudes sin dimensión. Cuando se emplea, conviene dejar un espacio entre el número y el símbolo %. Cuando se expresan de esta forma los valores de magnitudes adimensionales, es preferible utilizar el símbolo % mejor que la expresión “por ciento”. Cuando se expresan valores de fracciones adimensionales (por ejemplo fracción másica, fracción en volumen, incertidumbre relativa, etc.), a veces resulta útil emplear el cociente entre dos unidades del mismo tipo. También se usa el término “ppm” que significa  $10^6$  en valor relativo, o  $1 \times 10^{-6}$ , o “partes por millón”, o millonésimas. Cuando se emplea alguno de los términos %, ppm, etc., es importante declarar cuál es la magnitud sin dimensión cuyo valor se está especificando.

### ***Reglas para la formación de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI***

1. Los símbolos de los prefijos se escriben en caracteres romanos (rectos), como los símbolos de las unidades, independientemente del tipo de letra del texto adyacente, y se unen a los símbolos de las unidades, sin dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el de la unidad. Con excepción de da (deca), h (hecto) y k (kilo), todos los símbolos de prefijos de múltiplos se escriben con mayúsculas y todos los símbolos de prefijos de submúltiplos se escriben con minúsculas. Todos los nombres de los prefijos se escriben con minúsculas, salvo al comienzo de una frase.

2. El grupo formado por un símbolo de prefijo y un símbolo de unidad constituye un nuevo símbolo de unidad inseparable (formando un múltiplo o un submúltiplo de la unidad en cuestión) que puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede combinarse con otros símbolos de unidades compuestas.

Ejemplos:

- $2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3 = 2,3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
- $1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$

- $1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}$
- $5000 \mu\text{s}^{-1} = 5000 (\mu\text{s})^{-1} = 5000 (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 5 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$

**3.** Los nombres de los prefijos son inseparables de los nombres de las unidades a las que se unen. Así, por ejemplo, milímetro, micropascal y meganewton se escriben en una sola palabra. Los símbolos de prefijos compuestos; es decir, los símbolos de prefijos formados por yuxtaposición de dos o más símbolos de prefijos, no están permitidos; por ejemplo, debe escribirse nm (nanómetro) y no m $\mu$ m. Esta regla se aplica también a los nombres de los prefijos compuestos. Los símbolos de los prefijos no pueden utilizarse solos o unidos al número 1, símbolo de la unidad uno. Igualmente, los nombres de los prefijos no pueden unirse al nombre de la unidad uno, es decir a la palabra “uno”.

**4.** Los nombres y símbolos de prefijos se emplean con algunas unidades fuera del SI, pero nunca se utilizan con unidades de tiempo: minuto, min; hora, h; día, d. Los astrónomos usan el milisegundo de arco (o de grado), símbolo “mas”, y el microsegundo de arco, símbolo “ $\mu$ as”, como unidades de medida de ángulos muy pequeños.

**5.** Entre las unidades básicas del Sistema Internacional, la unidad de masa es la única cuyo nombre, por razones históricas, contiene un prefijo. Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman añadiendo los nombres de los prefijos a la palabra “gramo” y los símbolos de estos prefijos al símbolo de la unidad “g”.

**6.** Los prefijos SI representan estrictamente potencias de 10. No deben utilizarse para expresar potencias de 2 (por ejemplo, un kilobit representa 1000 bits y no 1024 bits). Los prefijos adoptados para las potencias binarias no pertenecen al SI. Los nombres y símbolos utilizados para los prefijos correspondientes a  $2^{10}$ ,  $2^{20}$ ,  $2^{30}$ ,  $2^{40}$ ,  $2^{50}$  y  $2^{60}$  son, respectivamente, kibi, Ki; mebi, Mi; gibi, Gi; tebi, Ti; pebi, Pi; y exbi, Ei. Así, por ejemplo, un kibibyte se escribe:  $1 \text{ KiB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$ . Estos prefijos pueden emplearse en el campo de la tecnología de la información a fin de evitar un uso incorrecto de los prefijos SI. <sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Véase la norma IEC 60027-2:2005, 3ª edición, *Símbolos literales a utilizar en electrotecnia – Parte 2: Telecomunicaciones y electrónica*.



## ERRORES MÁS FRECUENTES

### De concepto

#### *En relación con el SI*

Del análisis realizado se concluye que frecuentemente se tratan de manera inadecuada los siguientes aspectos:

1. El Sistema Internacional (SI) no es “uno”, aunque principal y preferible, de los sistemas de unidades posibles. Es “el” sistema internacionalmente adoptado, el utilizado en la práctica científica y el único de uso legal en la Unión Europea (por tanto, en España) y en numerosos países <sup>13</sup>.
2. Con frecuencia se utilizan unidades que no pertenecen al SI y cuyo uso no está autorizado por éste. Cuando se utilizan para ejercitar a los alumnos en la conversión de unidades es recomendable insistir en los enunciados en que se trata de unidades obsoletas y que no deben utilizarse en la práctica científica y profesional.
3. Cuando se empleen unidades no pertenecientes al SI pero cuyo uso está autorizado por éste, se debe indicar siempre su equivalencia en unidades SI. Cuando el uso de las unidades se autoriza solo para ciertos campos, deber restringirse su utilización a lo estrictamente autorizado.
4. Es necesario referirse a las escalas EIT-90 (nunca centígrada) para la temperatura y UTC y UTC (ROA) en el caso del tiempo.
5. En ocasiones se utilizan definiciones obsoletas de las unidades SI. Siempre debe utilizarse la última edición del SI publicada por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. <sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> El propio SI explicita qué unidades no pertenecientes al SI pueden utilizarse: así, acepta algunas “...*dado que son ampliamente utilizadas en la vida cotidiana*”. Estas son las de tiempo (minuto, hora y día), ángulo plano (grado, minuto y segundo), área (hectárea), volumen (litro) y masa (tonelada); también incluye un conjunto de unidades “...*cuyos valores en unidades SI tienen que determinarse experimentalmente, y por tanto tienen una incertidumbre asociada.*”.... (estas unidades) “...*desempeñan un papel importante en un cierto número de campos especializados, en los que los resultados de medida y los cálculos se expresan más cómodamente y útilmente* ....”. De ellas ha seleccionado cuatro para permitir su utilización con el SI, son las de energía (electronvoltio), masa (dalton y unidad de masa atómica unificada) y longitud (unidad astronómica).

<sup>14</sup> El CEM lleva a cabo una labor de traducción de este tipo de documentos de especial relevancia en metrología, de forma que se pueda disponer de versiones en español en cortos plazos de tiempo, tras las nuevas ediciones.



6. En ocasiones se ha observado la referencia a “unidades suplementarias”. Estas unidades han sido suprimidas en el SI e integradas con las derivadas.<sup>15</sup>
7. Es frecuente referirse a las unidades SI sin incluir sus múltiplos y submúltiplos. Los múltiplos y submúltiplos también pertenecen al SI.

### ***En relación a los conceptos de medición e incertidumbre de medida y al vocabulario metroológico***

1. Generalmente no se menciona el concepto de incertidumbre de medida. Los textos se limitan a definir los distintos tipos de errores. Estas definiciones, a veces, no son rigurosas ni se corresponden con lo recogido en el VIM o en la GUM. Es habitual confundir “error absoluto” (que puede tener signo positivo o negativo) con el “valor absoluto del error”, e incluso con el error sistemático.
2. Es habitual manejar de manera errónea los conceptos de precisión y exactitud.
3. Muchas veces se utilizan definiciones y conceptos que no se corresponden con los que figuran en el VIM.

### ***En relación a las reglas de escritura***

1. No siempre se expresan adecuadamente unidades o prefijos, utilizando indebidamente mayúsculas o minúsculas. Lo mismo ocurre con el uso de los caracteres rectos y de las cursivas, lo que lleva a confusión entre magnitudes y unidades.
2. Es muy frecuente el uso del punto como separador de miles; en su lugar debe utilizarse un espacio.
3. El separador decimal que se debe utilizar en España es la coma en la parte inferior de la línea y, sin embargo, se utiliza frecuentemente el punto.
4. Se utilizan habitualmente los prefijos SI, que están siempre referidos a potencias de 10, para expresar potencias de 2 utilizadas en telecomunicaciones y electrónica. Los prefijos SI no deben utilizarse para potencias de 2, ya que éstas tienen sus propios prefijos,<sup>16</sup> porque pueden ocasionar errores.

---

<sup>15</sup> 20ª CGPM, 1995, Resolución 8.

<sup>16</sup> Los nombres y símbolos utilizados para los prefijos correspondientes a  $2^{10}$ ,  $2^{20}$ ,  $2^{30}$ ,  $2^{40}$ ,  $2^{50}$  y  $2^{60}$  son, respectivamente, kibi, Ki; mebi, Mi; gibi, Gi; tebi, Ti; pebi, Pi; y exbi, Ei. Así, por ejemplo, un kibibyte se escribe:  $1 \text{ KiB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$ . Estos prefijos pueden emplearse en el campo de la tecnología de la información a fin de evitar un uso incorrecto de los prefijos SI.

**ANEXO:**

**COMPENDIO DE REGLAS DE ESCRITURA PARA DOCUMENTOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS, CONFORME AL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) Y LA SERIE DE NORMAS ESPAÑOLAS UNE 82100-0:1996 a UNE 82100-13:1996, Y UNE 82103:1996**

Nº	Descripción	Correcto	Incorrecto
1	El uso de unidades que no pertenecen al SI debe limitarse a aquellas que han sido autorizadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas.		
2	Los símbolos de las unidades deben escribirse en caracteres romanos rectos, NO en cursiva. Se escriben en carácter romano recto los símbolos de los elementos químicos y los que representen constantes matemáticas invariables y funciones u operadores definidos.	m Pa Argón Ar Carbono C e = 2,718 281 8... exponencial de x: exp x diferencial de x: dx seno de x: sen x	<i>m</i> <i>Pa</i> <i>Argón Ar</i> <i>Carbono C</i> e = 2,718 281 8... exponencial de x: <i>exp x</i> Diferencial de x: <i>dx</i> seno de x: <i>senx</i>
3	Los símbolos de las magnitudes y variables deben escribirse en cursiva. Los símbolos para magnitudes vectoriales, tensores y matrices deben escribirse en negrita y cursiva	<i>T</i> para representar la temperatura <i>L</i> para representar el momento angular	<i>T</i> para representar la temperatura <i>L</i> para representar el momento angular
4	Los símbolos de las unidades deben escribirse en minúscula, a excepción de los que derivan de nombres de científicos. No deben utilizarse abreviaturas. Puede emplearse también el nombre completo de la unidad y el del múltiplo o submúltiplo que la precede	metro m segundo s amperio A pascal Pa milisegundo ms	Mtr Seg Amp. pa milis
5	En ningún caso debe sustituirse en los símbolos una minúscula por una mayúscula, ya que puede alterarse su significado.	5 km significa 5 kilómetros	5 Km Podría confundirse con 5 kelvin metro
6	Al expresar el valor de una magnitud junto con su unidad, debe dejarse un espacio entre el valor numérico de la magnitud y el símbolo de su unidad. Solamente en el caso de los símbolos del grado, minuto y segundo de ángulo plano, se suprimirá el espacio entre estos símbolos y el valor numérico de la magnitud.	253 m 5 °C 5°	253m 5°C 5 °
7	Los símbolos de las unidades se escriben sin punto final, salvo en el caso de que con el símbolo finalice una frase. Los símbolos de las unidades no deben ponerse en plural, ya que la letra "s" puede originar confusión, al representar el segundo.	50 mm 50 kg	50 mm. 50 kgs

Nº	Descripción	Correcto	Incorrecto
8	El plural de los nombres de las unidades se forma siguiendo las reglas de escritura del lenguaje; es decir, añadiendo una "s", si el nombre termina en vocal, o "es", si termina en consonante, salvo que ésta sea x, z o s..	10 newtons 50 gramos 20 lux 50 hertz 2 siemens	10 Newton 50 gramo 20 luxes 50 hertz 2 siemenes
9	Cuando pueda existir confusión entre el símbolo l de litro y la cifra 1, se puede escribir el símbolo L, aceptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas para representar esta unidad.	11 L	11 l
10	Las unidades no se deben representar por sus símbolos, cuando se escriba con letras su valor numérico.	cincuenta kilómetros	cincuenta km
11	Las unidades de las magnitudes derivadas deben elegirse a partir de las unidades de las magnitudes de las que derivan.	momento de una fuerza: newton metro  energía cinética: joule  g: m/s <sup>2</sup>	momento de una fuerza: joule  energía cinética: newton metro  g: N/kg
12	La unidad SI coherente de las magnitudes adimensionales es 1 y no tiene símbolo ni nombre especial salvo algunas excepciones (radián: rad, decibelio: dB, etc.). El símbolo % puede usarse para representar el número 0,01, dejando un espacio entre símbolo y número. También puede usarse el término "ppm" (partes por millón) que significa 10 <sup>-6</sup> . Debe evitarse el uso de ppb o ppt porque su significado varía según el idioma.	índice de refracción $n = 1,51$  fracción molar de B $x_B = 0,0025 = 0,25 \%$  fracción en volumen $\varphi = 3,6 \%$	índice de refracción $n = 1,51 \times 1$  fracción molar de B $x_B = 0,25\% = 0,25$ por ciento  fracción en volumen $\varphi = 3,6 \%$ (V/V)
13	No deben agregarse letras al símbolo de las unidades con objeto de añadir información descriptiva acerca de la naturaleza de la magnitud considerada. Así, deben evitarse expresiones tales como MWe para "megavatios eléctricos", Vac para "voltios en corriente alterna" y kJt para "kilojulios térmicos". Por la misma razón tampoco deben hacerse construcciones SI equivalentes a las abreviaciones "psia" y "psig" para distinguir entre presión absoluta y presión manométrica; en este caso, la palabra presión es la que debe ser calificada apropiadamente. Si desea darse información adicional sobre una magnitud deben usarse subíndices, superíndices o paréntesis. Estos subíndices deben escribirse en caracteres romanos rectos si son descriptivos y en cursiva si representan una magnitud	presión manométrica de 10 kPa  presión absoluta de 10 kPa  120 V de tensión en corriente alterna  Capacidad calorífica molar, $C_m$  Capacidad calorífica molar a presión constante, $C_{m,p}$	10 kPa man.  10 kPa abs.  120 Vac  Capacidad calorífica molar, $C_{mol}$  Capacidad calorífica molar a presión constante, $C_{m,p}$

Nº	Descripción	Correcto	Incorrecto
14	No deben combinarse símbolos y nombres de unidades en una sola expresión.	m/s	metro/s
15	En la escritura de unidades con múltiplos o submúltiplos, el nombre del prefijo no debe estar separado del nombre de la unidad. Un prefijo nunca se usa aislado y nunca se usan prefijos compuestos.	microfaradio $\mu\text{F}$	micro faradio $\mu\text{ F}$ $\text{mM}\Omega$
16	Debe evitarse el uso de unidades de diferentes sistemas	kilogramo por metro cúbico	kilogramo por galón
17	Celsius es el único nombre de unidad que se escribe siempre con mayúscula; los demás siempre deben escribirse con minúscula, exceptuando cuando sean principio de frase.	El newton es la unidad SI de fuerza.  El grado Celsius es una unidad de temperatura.  El pascal es el nombre dado a la unidad SI de presión	El Newton es la unidad SI de fuerza.  El grado celsius es una unidad de temperatura.  El Pascal es el nombre dado a la unidad SI de presión
18	El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades es, preferentemente, un punto centrado a media altura. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto no lleve a confusión	$\text{N} \cdot \text{m}$ , $\text{N m}$ , para designar: newton metro o $\text{m} \cdot \text{N}$ , para designar: metro newton	$\text{mN}$ que se confunde con milinewton
19	La forma de nombrar el producto de dos unidades es, simplemente, nombrarlas seguidas.	$\text{m}\cdot\text{s}$ se dice metro segundo $\text{kg}\cdot\text{m}$ se dice kilogramo metro	metro por segundo kilogramo por metro
20	Cuando una magnitud es el producto de varias magnitudes, el símbolo de su unidad se representa mediante el producto de los símbolos de las unidades de las magnitudes que la componen.	viscosidad dinámica ( $\eta$ ): $\text{Pa}\cdot\text{s}$ momento magnético ( $m$ ): $\text{A}\cdot\text{m}^2$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$ $\text{A}\cdot\text{m}^2$
21	Para no repetir el símbolo de una unidad que interviene varias veces en un producto, debe utilizarse el exponente conveniente. En el caso de un múltiplo o de un submúltiplo, el exponente se aplica también al prefijo.	$1\text{ dm}^3$ $1\text{ dm}^3 = (0,1\text{ m})^3 = 0,001\text{ m}^3$	$1\text{ dm}\cdot\text{dm}\cdot\text{dm}$ $\text{dm}^3 = 0,1\text{ m}^3$
22	El cociente entre dos unidades se expresa utilizando entre ellas una línea inclinada o una línea horizontal, o bien afectando al símbolo del denominador con un exponente negativo, en cuyo caso la expresión se convierte en un producto	$\text{m/s}$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{m} \div \text{s}$
23	Si el nombre de una unidad figura más de una vez en el denominador como factor de un producto, se puede, en lugar de repetirlo, emplear, uno de los adjetivos “cuadrado”, “cubo”, etc., según el caso	aceleración: metro por segundo cuadrado	

Nº	Descripción	Correcto	Incorrecto
24	La forma de nombrar el cociente de dos unidades es comenzar con el nombre de la unidad que figura en el dividiendo seguido de la preposición "por" y finalizando con el nombre de la unidad del divisor.	km/h o kilómetro por hora	kilómetro entre hora
25	En la expresión de un cociente no debe usarse más de una línea inclinada.	m/s <sup>2</sup> J/mol K	m/s/s J/mol/K
26	Cuando la unidad de una magnitud sea el cociente de dos unidades, utilizar solo un prefijo, preferiblemente en el numerador. Como regla, no usar múltiplos o submúltiplos en el denominador, salvo en el caso de la masa, donde la unidad es el kilogramo (kg).	kV/m J/kg	kV/mm J/g
27	En las expresiones complejas deben utilizarse paréntesis o exponentes negativos.	J/(mol·K) o bien J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	J/mol·K J/mol/K
28	Los prefijos deberán utilizarse con las unidades SI para indicar orden de magnitud, ya que sustituyen convenientemente a las potencias de 10. Se escriben en caracteres rectos y se unen a los símbolos de las unidades, sin espacios.	18,4 Gm 23 μΩ	18 400 000 000 m 23 μ Ω
29	Se recomienda seleccionar los prefijos de tal manera que los valores numéricos que les antecedan se sitúen entre 0,1 y 1 000	9 Gg 1,23 nA	9 000 000 kg 0, 001 23 μA
30	Se recomienda el uso de prefijos escalonados de mil en mil.	micro (μ), mili (m) kilo (k), mega (M)	
31	Los prefijos hecto, deca, deci y centi deben utilizarse únicamente para las unidades de las magnitudes longitud, área y volumen.	dam <sup>2</sup> , dl, cm <sup>3</sup>	daK, cs, ccd
32	En una misma expresión no deben repetirse prefijos	pF Gg	μμF Mkg
33	Los prefijos utilizados para formar los múltiplos y submúltiplos de las unidades, deben anteponerse únicamente a unidades básicas o derivadas del SI. La unidad básica de masa (kilogramo) constituye una excepción ya que contiene en sí misma un prefijo.	Mg (megagramo) μs (microsegundo) mK (milikelvin)	
34	El símbolo del prefijo no debe estar separado del símbolo de la unidad, ni por un espacio, ni por cualquier otro signo tipográfico.	cm	c m o c.m
35	En las expresiones de magnitudes de la misma naturaleza, no deben mezclarse los prefijos, a menos que sus valores numéricos justifiquen la diferencia. Además deben indicarse las unidades de cada una de ellas, pudiéndose utilizar paréntesis cuando las unidades sean las mismas.	15 mm de longitud x 10 mm de altura  5 mm de diámetro por 10 m de longitud  20 mm x 30 mm x 40 mm  0 V a 50 V  (35,4 ± 0,1) m 35,4 m ± 0,1 m	15 mm de longitud x 0,01 m de altura  5 mm de diámetro x 10000 mm de longitud.  20x30x40 mm  0 a 50 V  35,4 ± 0,1 m

Nº	Descripción	Correcto	Incorrecto
36	Solamente en los casos siguientes se admite la contracción del nombre del prefijo al anteponerse al nombre de la unidad	megohm kiloohm hectárea <sup>*)</sup>	megaohm kiloohm hectaárea
37	Los prefijos giga (10 <sup>9</sup> ) y tera (10 <sup>12</sup> ) deben ser usados cuando se preste a confusión el término "billón", que en unos países representa mil millones y en otros un millón de millones; de aquí que los términos billón, trillón, etc. no se recomienden en la literatura técnica.	1 teraohm	1 billón de ohm
38	El símbolo decimal debe ser una coma o un punto (según se trate de español o inglés, respectivamente) en la propia línea. Si el número está comprendido entre +1 y -1, el separador decimal va precedido de un cero.	0,5 K (español) 2.23 s (inglés) 0,75 m	0'5 K ,75 m
39	Si el valor de una magnitud es inferior a uno, éste debe expresarse con el signo decimal precedido por un cero.	1,75 m 0,5 kg	1 3/4 m 1/2 kg
40	Los números deben imprimirse generalmente en tipo romano (recto); para facilitar su lectura en el caso de tener varios dígitos, estos deben separarse en grupos de tres, tanto a la derecha como a la izquierda del signo decimal. Los grupos deben separarse mediante un espacio, nunca por una coma, un punto u otro símbolo.	943,583 225 1 257 438	943,583225 1.257.438
41	En ecuaciones matemáticas, se escriben en cursiva los símbolos de variables y de números consecutivos, así como los de parámetros que puedan considerarse constantes en un contexto determinado.	$y_i = \sum_{i=1}^n x_i^2$ $y = a x + b$	$y_i = \sum_{i=1}^n x_i^2$ $y = a x + b$
42	El argumento de una función se escribe entre paréntesis después del símbolo de la función sin espacios. Si el símbolo de la función tiene dos o más letras y el argumento no lleva signo de operación como "+", "-", "x", "." o "/", puede omitirse el paréntesis.	$f(x)$ $\cos(\omega t + \varphi)$ $\text{sen } n\pi$	$f(x)$ $\cos \omega t + \varphi$

<sup>\*)</sup> La hectárea no es una unidad SI, pero su uso está aceptado por éste. La hectárea y su símbolo fueron adoptados por el CIPM en 1879 (PV, 1879, 41). La hectárea se utiliza para expresar superficies agrarias.