

Aprueba el Reglamento de Metrología. Unidades Legales de Medida

Nº 29660-MEIC

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Y EL MINISTRO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO

En el uso de las potestades que les confiere el artículo 140, incisos 3) y 18) de la Constitución Política, artículo 28, 2b de la Ley General de la Administración Pública, N° 6227 del 2 de mayo de 1978, la Ley del Sistema Internacional de Unidades de Medida N° 5292 del 9 de agosto de 1973, Ley de la Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor N° 7472 del 20 de diciembre de 1994, Ley de Aprobación del Tratado de Libre Comercio de Estados Unidos Mexicanos-Costa Rica N° 7474 del 20 de diciembre de 1994, Ley de Aprobación del Acta Final en que se incorporan los Resultados de la Ronda de Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales N° 7475 del 20 de diciembre de 1994 y de Ley Orgánica del Ministerio de Economía, Industria y Comercio N° 6054 del 7 de junio de 1977.

Considerando:

- 1º—Que es necesario armonizar las políticas y el capítulo de reglamentos técnicos, para poder participar más activamente en los acuerdos bilaterales y multilaterales.
- 2º—Que el Ministerio de Economía, Industria y Comercio tiene potestad de reglamentación técnica, en las áreas de los objetivos legítimos.
- 3º—Que con la homologación se logran unificar y universalizar criterios.
- 4º—Que el Sistema Internacional de Unidades (Système internationale d'unités) (SI), es un sistema de unidades coherente y universal.
- 5º—Que las unidades legales deben tomar como base el Sistema Internacional (SI), sancionado por la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM).
- 6º—Que es conveniente la eliminación de las unidades diferentes a las unidades SI, sin embargo es necesario, algunas veces, el uso de otras unidades como unidades legales de medida.
- 7º—Que los principios generales para la escritura de los símbolos de las unidades y sus nombres fueron propuestos por la 9ª CGPM (1948, Resolución 7) y posteriormente fueron adoptadas y elaboradas por el comité técnico ISO/TC 12 (ISO 31 Cantidades y unidades).

Decretan:

Artículo 1º—Aprobar el siguiente reglamento:

RTCR 26:2000 Metrología. Unidades Legales de Medida. CDU 53.081:003.62

1. OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente reglamento tiene por objetivo establecer las definiciones y dar las reglas para el uso de las unidades legales de medida.

2. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

2.1 **SI:** Système internationale d'unités.

2.2 **CGPM:** Conférence Générale des Poids et Mesures.

2.3 **BIPM:** Bureau Internationale des Poids et Mesures.

2.4 **ISO:** International Organization of Standardization.

2.5 **CIPM:** Comité Internationale des Poids et Mesures.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Las unidades de medida legales son:

3.1.1 Las unidades SI denominadas y definidas en numeral 4, Unidades SI.

3.1.2 Los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI, formados de acuerdo con el numeral 5.

3.1.3 Las otras unidades denominadas y definidas en el numeral 6.

3.1.4 Las unidades compuestas, formadas por la combinación de las unidades citadas en 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3.

3.2 La obligación del uso de las unidades legales de medida se aplica a:

§ los instrumentos de medida,

§ los resultados de las mediciones efectuadas, y

§ la indicación de las cantidades expresadas en unidades de medida, en el sector económico, en las áreas de la salud y la seguridad pública, el ámbito judicial, el transporte, la enseñanza y educación, la normalización y los actos administrativos.

3.3 Este documento no afecta a otras unidades, no definidas aquí, pero que están previstos en acuerdos o convenios internacionales entre gobiernos, en las áreas de la navegación marítima y aérea.

Una unidad de medida legal se puede expresar únicamente:

§ por su nombre legal o su símbolo legal definidos en este reglamento

§ utilizando los nombres o símbolos legales combinados de acuerdo a las definiciones de este reglamento.

No se permite adicionar ninguna clase de adjetivos o símbolos a los nombres o símbolos legales de las unidades. (Por ejemplo: la potencia eléctrica se expresa en watts, W, y no en watts eléctricos, We).

3.4 Los símbolos de las unidades deben imprimirse en caracteres rectos. Estos símbolos no van seguidos de punto; permanecen invariables en el plural.

4. UNIDADES SI

4.1 Disposiciones generales.

4.1.1 Las unidades SI pertenecen al Sistema internacional de unidades y su abreviatura internacional es SI.

4.1.2 Las unidades SI son:

- las unidades base;
- las unidades derivadas

4.1.3 Los nombres y los símbolos de las unidades base son los siguientes:

Nombre de

Magnitud la unidad Símbolo Numeral

Longitud el metro m 4.2.1

Masa el kilogramo kg 4.3.1

Tiempo el segundo s 4.2.6

Intensidad de corriente eléctrica el ampère A 4.5.1

Temperatura termodinámica el kelvin K 4.4.1

Cantidad de materia la mole mol 4.6.1

Intensidad luminosa la candela cd 4.7.2

4.1.4 Las unidades derivadas se expresan algebraicamente en términos de las unidades base por medio de los símbolos matemáticos de la división y la multiplicación. Ciertas unidades derivadas se les han asignado nombres y símbolos especiales (ver apéndice E).

4.1.5 Los nombres y los símbolos de las unidades derivadas adimensionales para el ángulo plano y el ángulo sólido son los siguientes:

Nombre de

MAGNITUD la unidad Símbolo Numeral

Ángulo plano Radián rad 4.2.2

Ángulo sólido Estereorradián sr 4.2.3

Los nombres y los símbolos de estas unidades derivadas adimensionales pueden ser utilizados, pero no necesariamente, dentro de la expresión de otras unidades derivadas SI.

4.2 Espacio y tiempo.

4.2.1 longitud: el metro (símbolo: m). El metro es la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

4.2.2 ángulo plano: el radián (símbolo: rad) El radián es el ángulo plano comprendido entre dos radios que, interceptan sobre la circunferencia de un arco de igual longitud a la del radio.

1 m

$$1 \text{ rad} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 1$$

1 m

4.2.3 ángulo sólido: estereorradián (símbolo: sr). El estereorradián es el ángulo sólido de un cono que, teniendo su vértice en el centro de una esfera, corta en la superficie de esta esfera un área igual a la de un cuadrado cuyo lado es igual a la longitud del radio de la esfera.

1 m²

$$1 \text{ sr} = \frac{1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 1$$

1 m²

4.2.4 área: el metro cuadrado (símbolo: m²). El metro cuadrado es el área de un cuadrado de 1 metro de lado.

$$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

4.2.5 volumen: el metro cúbico (símbolo: m³). El metro cúbico es el volumen de un cubo de 1 metro de lado.

$$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

4.2.6 tiempo: el segundo (símbolo: s). El segundo es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

4.2.7 frecuencia: el hertz (símbolo: Hz). El hertz es la frecuencia de un fenómeno periódico, cuyo período es de 1 segundo.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

4.2.8 velocidad angular; rapidez angular: el radián por segundo (símbolo: rad/s o rad·s⁻¹). El radián por segundo es la velocidad angular de un cuerpo, que animado por un movimiento circular uniforme alrededor de un eje fijo, rota 1 radián en 1 segundo.

1 rad

$$1 \text{ rad/s} = \frac{1 \text{ rad}}{1 \text{ s}}$$

1 s

4.2.9 aceleración angular: el radián por segundo al cuadrado (rad/s² o rad · s⁻²). El radián por segundo al cuadrado es la aceleración angular de un cuerpo, que rota alrededor de un eje fijo con aceleración uniforme y cuya velocidad angular cambia 1 radián por segundo en 1 segundo.

1 rad/s

$$1 \text{ rad/s}^2 = \frac{1 \text{ rad/s}}{1 \text{ s}}$$

1 s

4.2.10 velocidad; rapidez: el metro por segundo (símbolo: m/s o m · s⁻¹). El metro por segundo es la velocidad de un punto que animado por un movimiento uniforme, recorre 1 metro en 1 segundo.

1 m

$$1 \text{ m/s} = \text{-----}$$

1 s

4.2.11 aceleración: el metro por segundo al cuadrado (símbolo: m/s² o m · s⁻²). El metro por segundo al cuadrado es la aceleración de un cuerpo, cuya velocidad cambia 1 metro por segundo en 1 segundo.

1 m /s

$$1 \text{ m/s}^2 = \text{-----}$$

1 s

4.3 Mecánica.

4.3.1 masa: el kilogramo (símbolo: kg). El kilogramo es la unidad de masa; es igual a la masa prototipo internacional del kilogramo.

4.3.2 masa lineal: el kilogramo por metro (símbolo: kg/m o kg · m⁻¹). El kilogramo por metro es la masa lineal de un cuerpo homogéneo de sección uniforme, que tiene una masa de 1 kilogramo y una longitud de 1 metro.

1 kg

$$1 \text{ kg/m} = \text{-----}$$

1 m

4.3.3 masa superficial; densidad superficial: el kilogramo por metro cuadrado (símbolo: kg/m² o kg · m⁻²). El kilogramo por metro al cuadrado es la masa superficial de un cuerpo homogéneo de espesor uniforme, que tiene una masa de 1 kilogramo y un área de 1 metro cuadrado.

1 kg

$$1 \text{ kg/m}^2 = \text{-----}$$

1 m²

4.3.4 masa volúmica; densidad: el kilogramo por metro cúbico (símbolo: kg/m³ o kg · m⁻³). El kilogramo por metro cúbico es la masa volumétrica de un cuerpo homogéneo que tiene una masa de un 1 kilogramo y un volumen de un 1 metro cúbico.

1 kg

$$1 \text{ kg/m}^3 = \text{-----}$$

1 m³

4.3.5 fuerza: el newton (símbolo: N). El newton es la fuerza que comunica a una masa de 1 kilogramo la aceleración de 1 metro por segundo, por segundo.

$$1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ N} = \text{-----}$$

$$1 \text{ s}^2$$

4.3.6 momento de fuerza (símbolo: N · m). El momento de fuerza alrededor de un punto es igual al producto vectorial de cualquier radio vector desde este punto a un punto de la línea de acción de la fuerza, y de la fuerza.

$$1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ N} \cdot \text{m} = \text{-----}$$

$$1 \text{ s}^2$$

4.3.7 presión; esfuerzo: el pascal (símbolo: Pa). El pascal es la presión uniforme que, actuando sobre una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce perpendicularmente a esta superficie una fuerza total de 1 newton. Es también el esfuerzo uniforme que, cuando actuando sobre una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce sobre esta superficie una fuerza total de 1 newton.

$$1 \text{ N}$$

$$1 \text{ Pa} = \text{-----}$$

$$1 \text{ m}^2$$

4.3.8 viscosidad dinámica: el pascal segundo (símbolo: Pa · s). El pascal segundo es la viscosidad dinámica de un fluido homogéneo en el cual la velocidad varía uniformemente en una dirección normal a la del flujo con una variación de 1 metro por segundo en una distancia de 1 metro, en el cual hay un esfuerzo cortante de 1 pascal.

$$1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}$$

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = \text{-----}$$

$$1 \text{ m} / \text{s}$$

4.3.9 viscosidad cinemática: el metro cuadrado por segundo (símbolo: m²/s o m² · s⁻¹). El metro cuadrado por segundo es la viscosidad cinemática de un fluido cuya viscosidad dinámica es de 1 pascal segundo y cuya densidad es de 1 kilogramo por metro cúbico.

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ m}^2 / \text{s} = \text{-----}$$

$$1 \text{ kg} / \text{m}^3$$

4.3.10 trabajo; energía; cantidad de calor: el joule (símbolo: J). El joule es el trabajo efectuado cuando el punto de aplicación de una fuerza de 1 newton se desplaza una distancia igual a 1 metro en la dirección de la fuerza.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

4.3.11 potencia; flujo energético; flujo térmico: el watt (símbolo: W). El watt es la potencia que da lugar a la producción de energía igual a 1 joule por 1 segundo.

$$1 \text{ J}$$

$$1 \text{ W} = \text{-----}$$

$$1 \text{ s}$$

4.3.12 flujo volúmico: el metro cúbico por segundo (símbolo: m³/s o m³ · s⁻¹). El metro cúbico por segundo es el flujo volumétrico tal que una sustancia teniendo un volumen de 1 metro cúbico pasa a través de una sección considerada en 1 segundo.

$$1 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 / \text{s} = \text{-----}$$

$$1 \text{ s}$$

4.3.13 flujo másico: el kilogramo por segundo (símbolo: kg/s o kg · s⁻¹). El kilogramo por segundo es el flujo másico tal que una sustancia teniendo una masa de 1 kilogramo pasa a través de una sección considerada en 1 segundo.

$$1 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} / \text{s} = \text{-----}$$

$$1 \text{ s}$$

4.4 Calor.

4.4.1 temperatura termodinámica; intervalo de temperatura: el kelvin (símbolo: K). El kelvin, la unidad de temperatura termodinámica, es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Nota. Además la temperatura (símbolo: T), expresada en kelvins, se utiliza también la temperatura Celsius (símbolo: t) definida por la ecuación:

$$t = T - T_0$$

en donde $T_0 = 273,15 \text{ K}$ por definición. Para expresar la temperatura Celsius, se usa la unidad «grado Celsius» (símbolo: C) que es igual a la unidad "kelvin"; en este caso, «grado Celsius» es un nombre especial usado en lugar de "kelvin". Un intervalo o una diferencia de temperatura Celsius, puede ser expresado tanto en grados Celsius como en kelvins.

4.4.2 entropía: el joule por kelvin (símbolo: J/K o J · K⁻¹). El joule por kelvin es el incremento de entropía de un sistema que recibe una cantidad de calor de 1 joule a la temperatura termodinámica constante de 1 kelvin, con la condición de que no se produzcan cambios irreversibles en el sistema.

$$1 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} / \text{K} = \text{-----}$$

1 K

4.4.3 calor másico; capacidad calórica másica; capacidad calórica específica (calor específico): el joule por kilogramo kelvin (símbolo: $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ o $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). El joule por kilogramo kelvin es el calor másico de un cuerpo homogéneo a presión o volumen constante, que tiene una masa de 1 kilogramo en el cual la adición de una cantidad de calor de 1 joule produce un aumento de temperatura de 1 kelvin.

1 J

$1 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K}) = \text{-----}$

1 kg · 1 K

4.4.4 conductividad térmica: el watt por metro kelvin (símbolo: $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ o $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). El watt por metro kelvin es la conductividad térmica de un cuerpo homogéneo en el cual una diferencia de temperatura de 1 kelvin entre dos planos paralelos de área de 1 metro cuadrado y distantes 1 metro produce entre estos planos un flujo térmico de 1 watt.

1 W / m²

$1 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K}) = \text{-----}$

1 K / 1 m

4.5 Electricidad y magnetismo.

4.5.1 corriente eléctrica: el ampère (ampere) (símbolo: A). El ampère es la intensidad de una corriente constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita y de sección circular despreciable y colocados a una distancia de 1 metro el uno del otro en el vacío, producirán entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.

4.5.2 cantidad de electricidad; carga eléctrica: el coulomb (símbolo: C). El coulomb es la cantidad de electricidad transportada en 1 segundo por una corriente de 1 ampère.

1 C = 1 A · 1 s

4.5.3 potencial eléctrico; tensión eléctrica; fuerza electromotriz: el volt (símbolo: V). El volt es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor transportando una corriente constante de 1 ampère, cuando la potencia disipada entre estos dos puntos es igual a 1 watt.

1 W

$1 \text{ V} = \text{-----}$

1 A

4.5.4 intensidad del campo eléctrico: el volt por metro (símbolo: V/m). El volt por metro es la intensidad de un campo eléctrico que ejerce una fuerza de 1 newton sobre un cuerpo cargado con cantidad de electricidad igual a 1 coulomb.

1 N

$1 \text{ V} / \text{m} = \text{-----}$

1 C

4.5.5 resistencia eléctrica: el ohm (símbolo O).

El ohm es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 volt, aplicada entre dos puntos, produce, en ese conductor, una corriente de 1 ampere. Este conductor no debe ser la sede de ninguna fuerza electromotriz.

$$1 \text{ O} = 1 \text{ V}$$

1 A

4.5.6 conductancia: el siemens (símbolo: S). El siemens es la conductancia de un conductor que tiene una resistencia eléctrica de 1 ohm.

$$1 \text{ S} = 1 \text{ O}^{-1}$$

4.5.7 capacidad eléctrica: el farad (símbolo: F). El farad es la capacidad de un condensador eléctrico entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial eléctrico de 1 volt, cuando es cargado de una cantidad de electricidad igual a 1 coulomb.

1 C

$$1 \text{ F} = \text{-----}$$

1 V

4.5.8 inductancia: el henry (símbolo: H). El henry es la inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el cual una fuerza electromotriz de 1 volt es producida cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de 1 ampere por segundo.

$$1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}$$

$$1 \text{ H} = \text{-----}$$

1 A

4.5.9 flujo magnético: el weber (símbolo: Wb). El weber es el flujo magnético que, atravesando un circuito de una sola espiral, produce una fuerza electromotriz de 1 volt, cuando dicho flujo se reduce uniformemente a cero en 1 segundo.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ s}$$

4.5.10 densidad de flujo magnético; inducción magnética: el tesla (símbolo: T). El tesla es la densidad de flujo magnético producida en una superficie de 1 metro cuadrado, por un flujo magnético uniforme de 1 weber perpendicular a esta superficie.

1 Wb

$$1 \text{ T} = \text{-----}$$

1 m²

4.5.11 fuerza magnetomotriz: el ampère (ampere) (símbolo: A). Una fuerza magnetomotriz de 1 ampère es producida a lo largo de una curva cerrada que pasa una sola vez alrededor de un conductor eléctrico a través del cual pasa una corriente eléctrica de 1 ampère.

4.5.12 intensidad del campo magnético: el ampère por metro (símbolo: A/m o A · m⁻¹). El ampère por metro es la intensidad del campo magnético producido en el vacío a lo largo de la circunferencia de un círculo de con circunferencia de 1 metro, por una corriente eléctrica de intensidad de 1 ampère, mantenida en un conductor rectilíneo de longitud infinita, de sección circular despreciable, formando el eje del círculo mencionado.

1 A

1 A / m = -----

1 m

4.6 Química física y física molecular.

4.6.1 cantidad de materia: la mole (símbolo: mol).

4.6.1.1 La mole es la cantidad de materia de un sistema conteniendo tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12.

4.6.1.2 cuando se emplea la mole, las entidades elementales deben ser especificadas y pueden ser los átomos, las moléculas, los iones, los electrones, las otras partículas, o los grupos específicos de estas partículas.

4.7 Radiación y luz.

4.7.1 intensidad energética: el watt por estereorradián (símbolo: W/sr o W · sr⁻¹). El watt por estereorradián es la intensidad energética de una fuente puntual que emite uniformemente un flujo energético de 1 watt dentro de un ángulo sólido de 1 estereorradián.

1 W

1 W / sr = -----

1 sr

4.7.2 intensidad luminosa: la candela (símbolo: cd). La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia de 540×10^{12} hertz y que tiene una intensidad radiante en esa dirección de 1/683 watt por estereorradián.

4.7.3 luminancia: la candela por metro cuadrado (símbolo: cd/m² o cd · m⁻²). La candela por metro cuadrado es la luminancia perpendicular a la superficie plana de 1 metro cuadrado de una fuente cuya intensidad luminosa perpendicular a esta superficie es 1 candela.

1 cd

1 cd / m² = -----

1 m²

4.7.4 flujo luminoso: el lumen (símbolo: lm). El lumen es el flujo luminoso emitido dentro de un elemento de ángulo sólido de 1 estereorradián por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad luminosa de 1 candela.

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$$

4.7.5 iluminación: el lux (símbolo: lx). El lux es la iluminación de una superficie recibiendo un flujo luminoso de 1 lumen, uniformemente repartido sobre 1 metro cuadrado de la superficie.

$$1 \text{ lm}$$

$$1 \text{ lx} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$1 \text{ m}^2$$

4.8 Radiaciones ionizantes.

4.8.1 actividad (de una fuente radiactiva): el becquerel (símbolo: Bq). El becquerel es la actividad de una fuente radioactiva en la que el cociente del valor probable de un número de transiciones nucleares espontáneas o de transiciones isoméricas y el intervalo de tiempo en que estas transiciones se producen, tiende al límite de 1/s.

$$1$$

$$1 \text{ Bq} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$1 \text{ s}$$

4.8.2 dosis absorbida; kerma: gray (símbolo: Gy). El gray es la dosis absorbida, o el kerma, en un elemento de materia de masa igual a 1 kilogramo, al cual la energía de 1 joule (dosis absorbida) es comunicada por las radiaciones ionizantes, o en el cual la suma de la energía cinética inicial igual a 1 joule es liberada por las partículas ionizantes (kerma), dentro de condiciones de fluencia energética constante en uno u otro caso.

$$1 \text{ J}$$

$$1 \text{ Gy} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$1 \text{ kg}$$

4.8.3 dosis equivalente: el sievert (símbolo: Sv) (1). El sievert es el equivalente de dosis dentro de un elemento de tejido de masa igual a 1 kilogramo en el que la energía de 1 joule es comunicada por las radiaciones ionizantes cuyo valor del factor de calidad, (que pondera la dosis absorbida por el impacto biológico de las partículas cargadas que producen la dosis absorbida) es igual a 1 y la fluencia energética es constante.

$$1 \text{ J}$$

$$1 \text{ Sv} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$1 \text{ kg}$$

(1) El equivalente de dosis, H , es el producto de Q y D en un punto de tejido, donde D es la dosis absorbida y Q el factor de calidad en este punto de manera tal que $H = Q \cdot D$ (Reporte ICRU 51, 1993).

4.8.4 exposición: el coulomb por kilogramo (símbolo: C/kg o $C \cdot kg^{-1}$). El coulomb por kilogramo es la exposición de una radiación ionizante fotónica que puede producir en una cantidad de aire de masa igual a 1 kilogramo, de iones del mismo signo portando una carga total de 1 coulomb, cuando todos electrones (negatrones y positrones) liberados en el aire por los fotones son completamente detenidos en el aire, siendo la fluencia energética uniforme en la cantidad de aire.

5. MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS DECIMALES DE LAS UNIDADES SI

5.1 Los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI se forman mediante factores numéricos decimales listados en el siguiente numeral, por los cuales la unidad SI en cuestión es multiplicada.

5.2 Los nombres de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI son formados mediante prefijos SI designando los factores numéricos decimales:

Factor Prefijo Si Símbolo

1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10²⁴ yotta Y

1 000 000 000 000 000 000 000 = 10²¹ zetta Z

1 000 000 000 000 000 000 = 10¹⁸ exa E

1 000 000 000 000 000 = 10¹⁵ peta P

1 000 000 000 000 = 10¹² tera T

1 000 000 000 = 10⁹ giga G

1 000 000 = 10⁶ mega M

1 000 = 10³ kilo k

100 = 10² hecto h

10 = 10¹ deca da

0,1 = 10⁻¹ deci d

0,01 = 10⁻² centi c

0,001 = 10⁻³ mili m

0,000 001 = 10⁻⁶ micro μ

0,000 000 001 = 10⁻⁹ nano n

0,000 000 000 001 = 10⁻¹² pico p

0,000 000 000 000 001 = 10⁻¹⁵ femto f

0,000 000 000 000 000 000 001 = 10⁻¹⁸ atto a

0,000 000 000 000 000 000 000 001 = 10⁻²¹ zepto z

0,000 000 000 000 000 000 000 000 001 = 10⁻²⁴ yocto y

5.3 Un prefijo es considerado como combinado al nombre de la unidad a la cual está directamente unido.

5.4 El símbolo del prefijo debe colocarse delante del símbolo de la unidad sin espacio intermedio; el conjunto forma el símbolo del múltiplo o submúltiplo de la unidad. El símbolo del prefijo es también considerado como combinado con el símbolo de la unidad a la cual está directamente unido, formando con ella un nuevo símbolo de unidad que puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede ser combinado con otros símbolos de unidad para formar símbolos de unidades compuestas.

5.5 Los prefijos compuestos, formados por la yuxtaposición de varios prefijos SI, no son permitidos.

5.6 Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa son formados por la adición del prefijo SI a la palabra "gramo" (símbolo: g).

$$1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ kg}$$

5.7 Para designar los múltiplos y los submúltiplos decimales de una unidad derivada la cual se presenta en forma de una fracción, un prefijo puede ser agregado indiferentemente a las unidades que aparecen en el numerador, o el denominador o a estos dos términos. Se recomienda no usar prefijos en el denominador.

6. OTRAS UNIDADES

6.1 Tiempo.

6.1.1 el minuto (símbolo: min)

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

6.1.2 la hora (símbolo: h)

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\,600 \text{ s}$$

6.1.3 el día (símbolo: d)⁽²⁾

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\,400 \text{ s}$$

(2) De acuerdo con el calendario gregoriano establecido en 1582, el año comprende 365 días con un año bisiesto de 366 días cada 4 años, con la excepción de los años seculares donde solo aquellos exactamente divisibles por 400 deben ser tomados como años bisiestos.

6.2 Angulo plano.

6.2.1 el grado (símbolo: °)

6.2.2 el minuto (símbolo: ')

6.2.3 el segundo (símbolo: ")

6.2.4 el gon (símbolo: gon)

6.3 Volumen.

6.3.1 el litro (símbolo: l o L) y los múltiplos y submúltiplos del litro formados de acuerdo 5.2.

$$1 \text{ l} = 1; \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

6.4 Masa.

6.4.1 la tonelada (símbolo: t) y los múltiplos de la tonelada formados de acuerdo con 5.2.

$$1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg}$$

6.4.2 la unidad de masa atómica unificada (símbolo: u) es igual a la fracción 1/12 de la masa de un átomo del nucleído carbón 12.

Valor aproximado:

Su uso está autorizado únicamente en química y en física.

6.5 Trabajo, energía, cantidad de calor.

6.5.1 el watthora (símbolo: W · h), y los múltiplos y submúltiplos del watt-hora formados de acuerdo con 5.2.

$$1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kJ} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$$

6.5.2 el electronvolt (símbolo: eV) igual a la energía cinética adquirida por un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 volt en el vacío, y los múltiplos y submúltiplos del electronvolt formados de acuerdo con 5.2.

Valor aproximado:

Su uso está autorizado únicamente en los campos especializados.

6.6 Cantidades logarítmicas.

6.1 Nivel de campo, por ejemplo nivel de presión acústica y decremento logarítmico.

Unidades (3): el neper (símbolo: Np) (4) (5)

el bel (símbolo: B) (6)

El neper es el nivel de una cantidad de campo F cuando $F/F_0 = e$, o F_0 es una cantidad de referencia del mismo tipo o sea:

El bel es el nivel de una cantidad de campo F cuando $F/F_0 = 10^{1/2}$, o F_0 es una cantidad de referencia del mismo tipo o sea:

6.6.2 Nivel de potencia, por ejemplo atenuación de potencia

Unidades (3): el neper (símbolo: Np) (4) (5)

el bel (símbolo: B) (6)

El neper es el nivel de una nivel de potencia P cuando $P/P_0 = e^2$, y P_0 es una potencia de referencia o sea:

El bel es el nivel de una cantidad potencia P cuando $P/P_0 = 10$ o P_0 es una potencia de referencia o sea:

(3) Para utilizar estas unidades, es particularmente importante que la cantidad sea especificada. La unidad debe ser utilizada para precisar la cantidad.

(4) El neper es coherente con el SI, pero no ha sido adoptado por CGPM como unidad SI.

(5) Para obtener los valores numéricos de las cantidades expresadas en nepers, se debe utilizar el logaritmo natural.

(6) Para obtener los valores numéricos de las cantidades expresadas en bels, se debe utilizar el logaritmo decimal, (logaritmo en base 10). El submúltiplo decibel es comúnmente utilizado.

6.7 Cantidad de alcohol; título alcoholimétrico.

6.7.1 el título alcoholimétrico volúmico (símbolo % vol)(7). El título alcoholimétrico volúmico es la relación entre el volumen de alcohol de una mezcla hidroalcohólica, a 20 °C, contenido en esta mezcla y el volumen total de dicha mezcla.

6.7.2 el título alcoholimétrico másico (símbolo % masa)(7). El título alcoholimétrico másico es la relación entre la masa de alcohol de una mezcla hidroalcohólica, contenida en esta mezcla y la masa total de dicha mezcla.

(7) France. Organisation Internationale de Métrologie Légale. Recomantation Internationale OIML RI 22 Edition 1973 (F). Alcoométrie. Tables alcoolimétriques internationales. OIML:1973.

7. CORRESPONDENCIA

Este reglamento concuerda con:

France. Organisation Internationale de Métrologie Légale. Document Internationale OIML D 2 Edition 1999 (F). Unités de mesure légales. OIML:1999.

Apéndice A. Reglas para el uso de los nombres y símbolos

de las unidades SI.

(Normativo)

A.1 Símbolos de las unidades SI. Los símbolos del SI (y también algunos símbolos de unidades fuera del SI) se deben escribir de la siguiente manera.

A.1.1 Los símbolos de las unidades deben ser impresos en caracteres romanos (recto). En general, los símbolos de las unidades se escriben en minúscula, pero, si el nombre de la unidad es derivado de un nombre propio, la primera letra del símbolo es mayúscula (por ejemplo, tesla, T; newton, N; watt, W).

A.1.2 Los nombres de las unidades deben escribirse en minúscula, excepto cuando sean inicio de frase. No se traducen. La única excepción es la unidad grado Celsius, en la cual Celsius se escribe con C mayúscula.

Ejemplo. La unidad SI para la fuerza es el newton.

El tesla es la densidad de flujo magnético.

El paciente tenía una temperatura de 40 grados Celsius.

A.1.3 Los símbolos de las unidades son entidades matemáticas universales y no una abreviatura, por lo tanto no van seguidas de punto y no se pluralizan (por ejemplo, el símbolo del segundo es s, y no sec. ni s.; se escribe 3 kg y no 3 kg. ni 3 kgs).

A.1.4 Los símbolos de las unidades no deben ser seguidos de un punto, a no ser que se encuentren al final de una frase, que el punto es relevante por la puntuación habitual.

A.2 Para asegurar la uniformidad en el uso de los símbolos de las unidades del SI se deben seguir las siguientes instrucciones:

A.2.1 Cuando una unidad derivada es formada por la multiplicación de dos o más unidades, se expresa con la ayuda de los símbolos de las unidades separados por un punto de media altura o por un espacio. Si no existe riesgo de confusión (como es lo más común) se puede omitir el espacio

$N \cdot m, N m \text{ ó } Nm$

La cruz (x) no debe ser usada como símbolo de multiplicación entre los símbolos de las unidades.

A.2.2 Cuando una unidad derivada es formada por la división una o más unidades, se expresa con la ayuda de la barra oblicua (/), una línea horizontal o por exponentes negativos.

$m / s \text{ ó } \underline{m} \text{ ó } m \cdot s^{-1}$

s

La barra oblicua (/) no debe estar seguido en la misma línea por otra barra oblicua, de un signo de multiplicación o de división, a menos que se usen paréntesis para evitar la ambigüedad. En casos complicados, los exponentes negativos y paréntesis deben ser usados para evitar la ambigüedad.

$m / s^2 \text{ ó } m \cdot s^{-2}$ pero no m/s/s

$m \cdot kg / (s^3 \cdot A) \text{ ó } m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ pero no $m \cdot kg/s^3/A$ ni $m \cdot kg/s^3 \cdot A$

A.3 Reglas para el uso de los prefijos del SI.

A.3.1 Los prefijos deben ser impresos en caracteres romanos (recto), sin dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad.

A.3.2 La unión del prefijo adicionado al símbolo constituyen un nuevo símbolo inseparable (de un múltiplo o submúltiplo de la unidad) que puede ser elevado a potencias negativas o positivas y combinado con otros símbolos para formar símbolos de unidades compuestas.

EJEMPLOS:

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

$$1 \text{ } \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$$

A.3.3 No se deben utilizar prefijos compuestos, es decir por yuxtaposición de múltiples prefijos.

Por ejemplo 1 nm pero no 1 m μ m

A.3.4 Los prefijos nunca deben usarse solos.

Por ejemplo 106/m³ pero no M/m³.

A.4 Los símbolos SI.

A.4.1 Los símbolos de las unidades son entidades matemáticas universales y no una abreviatura.

A.5 Uso de la coma. Para separar la parte entera de la decimal debe usarse siempre la coma (,) y no el punto (.).
Ejemplo: se escribe

245,76 m y no 245.76 m

A.6 Uso del espacio.

A.6.1 Para la escritura de cantidades con unidades del SI, se debe dejar un espacio entre la cantidad y el símbolo (como se puede notar a lo largo de este documento).

Ejemplos:

1 m

25 cm³

123,56 m/s²

A.6.2 Las únicas excepciones a esta regla son las unidades grado, minuto y segundo para ángulo plano, en cuyo caso no debe existir el espacio entre el valor numérico y la unidad.

Ejemplo

30°

A.7 Debe tenerse cuidado que las expresiones escritas reflejen exactamente y sin ambigüedades lo que esta expresa.

Ejemplo

Si se quiere expresar que el valor de una magnitud puede diferir en 2 unidades en más o en menos se debe escribir para expresar el ámbito:

25 m \pm 2 m ó (25 \pm 2) m pero no 25 \pm 2 m ni 25 \pm 2 m

o bien puede escribirse "de 23 m a 27 m" pero no "de 23 a 27 m".

A.8 Para la notación de cantidades de muchas cifras, se utilizará un espacio cada tres números a partir de la coma decimal y antes o después de la coma decimal. Para cifras de cuatro números, el uso del espacio es optativo. Ejemplos:

123 456 789

12 345 678,9

1 234 567,89

123 456,789

12 345,6789 o bien 12 345,678 9

1234,567 89 o bien 1 234,456 789

2000 o bien 2 000

A.9 **Concordancia.**

Este Apéndice concuerda en parte con el numeral 5 de:

France. Bureau internationale des poids et mesures. Le Systéme internationale d'unités (SI). 7ème edition. BIPM:1998.

APÉNDICE B. Uso de múltiplos y submúltiplos decimales del SI.

(Normativo)

B.1 Los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI se forman por medio de los factores numéricos decimales dados en el numeral 4, que se anteponen a la unidad SI a la cual multiplican.

B.2 Los nombres de los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI se forman por medio de los prefijos que designa los factores numéricos decimales tal y como están dados en el numeral 5.

B.3 Un prefijo se considera como combinado con el nombre de la unidad a la que precede.

B.4 El símbolo de prefijo debe colocarse antes del símbolo de la unidad, sin espacio intermedio; es un todo, forma el símbolo del múltiplo o submúltiplo de la unidad. El símbolo del prefijo se considera como combinado con el símbolo de la unidad a la que precede, formando con él un nuevo símbolo, el cual puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede combinarse con otros símbolos de unidades para formar el símbolo de unidades compuestas.

B.5 Los prefijos compuestos, formados por la yuxtaposición de varios prefijos del SI no están permitidos.

B.6 El nombre y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman por la adición de los prefijos SI a la palabra "**gramo**" (símbolo: g).

$$1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ kg}$$

B.7 Para designar los múltiplos y submúltiplos decimales de una unidad derivada y que se expresa en forma de fracción, el prefijo puede adicionarse indiferentemente a las unidades que aparecen en el numerador o en el denominador o en los dos términos.

APÉNDICE C. Tablas.

(Normativo)

C.1 Tablas.

Tabla 1. Ejemplos de unidades SI derivadas expresadas

a partir de unidades base.

Unidad SI derivada

Magnitud Nombre de la unidad Símbolo

Superficie metro cuadrado m^2

Volumen metro cúbico m^3

Velocidad metro por segundo m/s

Aceleración metro por segundo al cuadrado m/s^2

Número de onda metro a la potencia menos uno $1/\text{m}; \text{m}^{-1}$

Densidad kilogramo por metro cúbico kg/m^3

Volumen másico metro cúbico por kilogramo m^3/kg

Densidad de corriente ampère por metro cuadrado A/m^2

Campo magnético ampère por metro A/m

Concentración (cantidad de materia) mole por metro cúbico mol/m^3

Luminancia luminosa candela por metro cuadrado cd/m^2

Índice de refracción (el número) uno 1 (a)

(a) En general el símbolo «1» se omite con valores numéricos

Tabla 2. Unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales

Expresada Expresada

en términos en término

de otras de unidades

Cantidad derivada Nombre Símbolo unidades SI base SI

Ángulo plano radián (a) Rad $m \cdot m^{-1} = 1$ (b)

Ángulo sólido estereorradián (a) sr (c) $m^2 \cdot m^{-2} = 1$ (b)

Frecuencia Hertz Hz s^{-1}

Fuerza Newton N $m \cdot kg \cdot s^{-2}$

Presión Pascal Pa N/m^2 $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$

Energía; trabajo;

cantidad de calor Joule J $N \cdot m$ $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$

Potencia; flujo energético Watt W J/s $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$

cantidad de electricidad;

carga eléctrica Coulomb C $s \cdot A$

diferencia de potencial

eléctrico; fuerza electromotriz Volt V W/A $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$

capacitancia Farad F C/V $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$

resistencia eléctrica Ohm V/A $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$

conductancia eléctrica Siemens S A/V $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$

flujo magnético Weber Wb $V \cdot s$ $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

flujo de inducción eléctrica Tesla T Wb/m^2 $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

inductancia Henry H Wb/A $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

temperatura Celsius grado Celsius (d) $^{\circ}C$ K

Iluminación Lumen Lm $cd \cdot sr$ (c) $m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$

luminancia Lux Lx lm/m^2 $m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$

actividad (de un radionucleído) Becquerel Bq s^{-1}

actividad (de un radionucleído);

dosis absorbida; energía

masica (comunicada); kerma Gray Gy $\text{J/kg m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

equivalente de dosis;

equivalente de dosis

ambiental; equivalente de

dosis direccional; equivalente

de dosis personal; equivalente

de dosis de un órgano sievert Sv $\text{J/kg m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

(a) El radián y el estereorradián pueden ser usados, en expresiones de unidades derivadas, para distinguir cantidades de naturaleza diferente y con la misma dimensión. Los ejemplos de su utilización para formar unidades derivadas se mencionan en la tabla 3 de este apéndice.

(b) En la práctica, los símbolos rad y sr se usan cuando sea apropiado, pero la unidad derivada «1» es omitida en combinación con valores numéricos.

(c) En fotometría se mantiene el generalmente el nombre y el símbolo del estereorradián, sr, en las expresiones de unidades.

(d) Esta unidad puede ser utilizada en combinación con los prefijos SI, por ejemplo m°C .

Tabla 3. Ejemplos de unidades SI derivadas, cuyo nombre y símbolos incluyen unidades SI con nombres y símbolos especiales

Unidad SI derivada

Expresada en término

Cantidad derivada Nombre Símbolo de unidades base SI

viscosidad dinámica pascal segundo Pa·s $\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

momento de fuerza newton metro N·m $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

tensión superficial newton por metro N/m $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$

velocidad angular radián por segundo

aceleración angular radián por segundo rad/s $\text{m}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}=\text{s}^{-1}$

cuadrado rad/s² $\text{m}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}=\text{s}^{-2}$

densidad de flujo calórico; irradiancia watt por metro cuadrado W/m^2 $\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}$

capacidad calórica; entropía joule por kelvin J/K $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ K⁻¹

capacidad térmica másica; joule por

entropía másica kilogram kelvin $J/(kg \cdot K) m^2 \cdot s^{-2} K^{-1}$

energía másica joule por kilogram $J/kg m^2 \cdot s^{-2}$

conductividad térmica watt por metro kelvin $W/(m \cdot K) m \cdot kg^{-1} \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$

densidad de energética joule por metro cúbico $J/m^3 m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$

campo eléctrico volt por metro $V/m m^{-3} \cdot s \cdot A$

densidad de carga eléctrica coulomb por metro cúbico $C/m^3 m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$

densidad de flujo eléctrico coulomb por metro cuadrado $C/m^2 m^{-2} \cdot s \cdot A$

Permitividad farad por metro $F/m m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$

Permeabilidad henry por metro $H/m m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

energía molar joule por mole $J/mol m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$

entropía molar; capacidad joule

calórica molar por mole kelvin $J/(mol \cdot K) m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

exposición (rayos x y γ) coulomb por kilogramo $C/kg kg^{-1} \cdot s \cdot A$

razón de dosis absorbida gray por segundo $Gy/s m^2 s^{-3}$

intensidad energética watt por estereorradián $W/sr m^4 \cdot m^{-2} kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$

luminancia energética watt por metro cuadrado

estereorradián $W/(m^2 \cdot sr) m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

C.2 Concordancia.

Este Apéndice concuerda con: la tabla 2 del numeral 2.2.1 y las tablas 3 y 4 del numeral 2.2.2 de:

France. Bureau internationale des poids et mesures. Le Système internationale d'unités (SI). 7ème edition. BIPM:1998.

Apéndice D. Guía ISO para el SI.

(Informativo)

D.1 ¿Qué es el SI?

SI denota Système internationale d'unités, esto es Sistema internacional de unidades. La letra SI son usadas en todos los idiomas para referirse a este sistema.

El SI es un sistema de unidades adoptado por la más alta autoridad internacional en materia de unidades la Conférence général des poids et mesures CGPM (Conferencia general de pesas y medidas). Está fundado el antiguo sistema métrico, y ha sido diseñado para ser usado en cualquier contexto, personal, técnico o científico.

El SI está construido de manera tal que hay una sola unidad para cada cantidad. Esto hace que el número total de unidades sea menor y el sistema sea más fácil de usar.

La estructura del sistema hace además los cálculos más fáciles. Los beneficios del SI son evidentes cuando sus reglas se aplican de una manera consistente.

D.2 Historia

Las antiguas unidades de medida no formaban parte de sistema alguno. Las unidades para cada campo de aplicación eran creadas independientemente.

El sistema imperial de pie-libra es el resultado de un continuo desarrollo de unidades que se remontan a la antigua Roma. A pesar de la simplificación en muchas áreas, este sistema, todavía hoy en día, mantiene muchas unidades para una magnitud, por ejemplo para longitud pulgada, pie, yarda y milla.

El primer sistema de unidades de medida exitoso fue el sistema métrico, que se desarrolló en Francia por el año 1790. El sistema métrico fue aceptado internacionalmente por la Convention du mètre (Convención del metro), que fue firmada por 17 naciones en 1875 en París. Desde entonces muchas naciones han firmado la convención; al presente 48 naciones la han firmado.

Con el desarrollo de la tecnología, el sistema métrico se fue agrandando con una gran cantidad de unidades para los diferentes campos. De hecho el «sistema métrico» se convirtió en una mezcla de diferentes sistemas.

En 1901 el ingeniero eléctrico Giovanni Giorgi, propuso la introducción de una unidad base para la electricidad, para ligar los campos de la mecánica y la electricidad.

La proposición de Giorgi condujo al sistema MKSA (metro, kilogramo, segundo, ampère), donde se introdujo el ampère, A, como la nueva unidad base junto con las tres antiguas: el metro, m, el kilogramo, kg, y el segundo, s. En 1938 la unidad derivada para fuerza el newton, N, fue adicionada al sistema MKSA, para reemplazar el kilogramo-fuerza, kgf. El sistema MKSA se expandió hacia el SI.

El SI fue trabajado por el Comité international des poids et mesures, CIPM (Comité internacional de pesas y medidas) y fue adoptado en 1960 por la CGPM, que consiste en representantes de los gobiernos de los países participantes.

Cuando el SI fue adoptado, dos nuevas unidades base fueron agregadas: el kelvin, K, y la candela, cd, para la temperatura termodinámica y la intensidad luminosa respectivamente. En 1971 la séptima unidad base fue adicionada: la mole, mol, para la cantidad de sustancia.

D.3 El cambio hacia el SI

En la mayoría de los países europeos las unidades métricas se usan desde el siglo diecinueve. En estos países el cambio significó eliminar algunas de las unidades métricas tales como el kilogramo-fuerza, la caloría, el caballo métrico y el bar y unas pocas unidades fueron adicionadas: el newton y el pascal. En los países que han usado el sistema pie-libra, el cambio fue mucho más drástico, ya que prácticamente todas las unidades debieron ser reemplazadas. Algunas de las más grandes industrias en UK y USA ya han cambiado al SI. También algunos bienes son vendidos en unidades del

sistema métrico; sin embargo la señalización de las carreteras está todavía en millas y en millas por hora.

D.4 Principios del SI

D.4.1 El SI está basado en 7 unidades base, que son consideradas independientes unas de las otras.

D.4.2 Por la combinación de estas de acuerdo con las más simples leyes de la física o por medio de ecuaciones se definen nuevas cantidades para las cuales se crean unidades derivadas.

D.4.3 Las unidades derivadas junto con las unidades base forman las unidades coherentes del SI.

D.4.4 Un limitado número de unidades fuera del SI han sido aceptadas para ser usadas conjuntamente con las unidades del SI. Estas unidades usadas con el SI pueden ser denominadas unidades adicionales.

D.4.5 Una unidad del SI, o en algunos casos una unidad adicional como el litro, L ó l, o el electronvolt, eV, pueden ser combinados con prefijos, que significa multiplicación por una exacta potencia de diez. Las unidades conteniendo prefijos son llamadas múltiplos o submúltiplos, dependiendo de si la potencia de diez es mayor o menor que uno. Los múltiplos SI y submúltiplos SI son unidades del SI que deben distinguirse de las propias unidades (coherentes) del SI.

D.5 Unidades base

D.5.1 Las siete unidades base han sido seleccionadas por razones prácticas e históricas. Las unidades base son:

Magnitud Nombre de la unidad Símbolo Numeral

Longitud El metro m 4.2.1

Masa El kilogramo kg 4.3.1

tiempo El segundo s 4.2.6

intensidad de corriente eléctrica El ampère A 4.5.1

temperatura termodinámica El kelvin K 4.4.1

cantidad de materia La mole mol 4.6.1

intensidad luminosa La candela cd 4.7.2

D.5.2 La unidad base kilogramo es definida por medio del prototipo internacional del kilogramo, un cilindro fabricado de una aleación de platino (fracción de masa 0,90 ó 90 %) e iridio (fracción de masa 0,10 ó 10 %). Se mantiene en el Bureau international des poids et mesures (Oficina internacional de pesos y medidas) en Pavillon de Breteuil en Sèvres, cerca de Paris.

D.5.3 Las restantes 6 unidades base se definen por experimentos físicos. Algunas de estas definiciones han cambiado desde su introducción en el SI.

D.6 Unidades derivadas

D.6.1 Las unidades derivadas se forman a partir de las unidades base de acuerdo con relaciones físicas entre las cantidades correspondientes.

Ejemplo. La unidad de volumen está definida por medio de la fórmula del volumen de un cubo. $V = l^3$, donde V es el volumen y l la longitud del lado del cubo. Así la unidad SI para el volumen es 1 m^3 .

Ejemplo. La unidad de aceleración está definida por la fórmula de la aceleración, de un punto con aceleración uniforme $a = v/t$, en donde a es la aceleración, v la velocidad final (unidades m/s) si el punto empieza en reposo y t (unidad s). Así la unidad SI para la aceleración es 1 m/s^2 .

Ejemplo. La unidad de fuerza está definida por medio de la ley de Newton para el movimiento $F = ma$, en donde F es la fuerza que actúa sobre una partícula de masa m (unidad kg) con una aceleración de a (unidad m/s^2). Así la unidad SI para la fuerza es $1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$ a la cual se le ha dado un nombre especial newton, N .

D.6.2 Debe resaltarse que ningún otro factor diferente a las unidades base esté presente en las expresiones para las unidades derivadas. Esto es lo que significa cuando se dice que el SI es coherente, es decir que no aparecen factores numéricos.

D.6.3 Para evitar los factores de conversión, es recomendado que únicamente las unidades coherentes sean usadas.

D.6.4 Por razones prácticas a las 21 unidades derivadas se les han dado nombres especiales y símbolos como al newton. Es recomendado que estos nombres y símbolos sean usados.

Ejemplos. En general, escribir Pa en lugar de N/m^2 . Escribir V en lugar de W/A .

D.6.5 Las unidades derivadas SI con su nombre especial y su símbolo están dados en la Tabla 1 del Apéndice D.

D.6.6 En la mayoría de los cálculos es conveniente, y ayuda a evitar errores en gran medida, el uso de expresiones en términos de unidades base para las unidades derivadas. Estas expresiones son únicas, mientras las expresiones conteniendo los símbolos de las unidades derivadas no lo son.

D.7 Múltiplos y submúltiplos

D.7.1 Un prefijo combinado con una unidad denota una unidad que es multiplicada por una potencia de diez. La nueva unidad es llamada múltiplo (decimal) o submúltiplo (decimal).

Ejemplo. El prefijo kilo, k , combinado con la unidad watt, W , nos da el múltiplo kilowatt, kW , esto es 1000 W .

D.7.2 La CGPM ha adoptado 20 prefijos SI. Se listan en 5.2.

D.7.3 Los prefijos son usados para evitar valores numéricos muy grandes o muy pequeños, pero se debe notar que los múltiplos y submúltiplos no son unidades coherentes del SI. Los prefijos deben escogerse de manera tal que el valor numérico esté entre 0,1 y 1000, pero esto no siempre es posible o deseado. En los cálculos es

recomendado que los prefijos sean reemplazados por las potencias de diez ante de iniciar las operaciones algebraicas, usando así solo unidades coherentes del SI.

D.7.4 Los prefijos hecto, h; deca, da; deci, d; y centi, c, deben usarse cuando otros prefijos sean inconvenientes.

Ejemplo. Escriba 4 dm^2 en lugar de $0,04 \text{ m}^2$ ó $40\,000 \text{ mm}^2$. Escriba 4 cm^3 en lugar de $0,000\,004 \text{ m}^3$ ó 4000 mm^3 .

D.7.5 En ciertos casos el mismo prefijo debe mantenerse sin importar el valor numérico, tal de es caso de las tablas y de los diagramas en que debe usarse una misma unidad para todos los valores numéricos; o los dibujos técnicos en que debe usarse solo milímetros.

D.7.6 Los prefijos compuesto nunca deben usarse.

Ejemplo. Escriba GW·h nunca MkW·h.

D.7.7 Los prefijos en el denominador deben evitarse.

D.7.8 Los múltiplos y los submúltiplos de la unidad base kilogramo, kg, que contiene un prefijo por razones históricas, se forman adicionando los prefijos al submúltiplo gramo, g.

Ejemplo. Escriba mg nunca μkg .

D.7.9 Un exponente a un múltiplo o submúltiplo también incluye al prefijo

Ejemplo. $1 \text{ km}^2 = 1 \text{ km} \cdot 1 \text{ km} = 106 \text{ m}^2$, nunca 10^3 m^2 ; $1 \text{ ms}^{-1} = (10^{-3}\text{s})^{-1} = 10^2 \text{ s}^{-1}$.

D.7.10 Se deben usar los prefijos en tablas, diagramas, textos y cuando sea apropiado. Los prefijos pueden ser usados en otras unidades diferentes a las unidades físicas de medida, por ejemplo la unidad monetaria (códigos monetarios).

Ejemplos. $30 \text{ kCRC} = 30\,000 \text{ CRC}$ (colones de Costa Rica); $21 \text{ kGBP} = 21\,000 \text{ GBP}$ (libras de Gran Bretaña) $31 \text{ MUSD} = 31\,000\,000 \text{ USD}$ (dólares de Estados Unidos).

Se deben evitar las notaciones nacionales como \$, £, ¢, que nunca deben usarse en el contexto internacional (donde existen muchas libras, colones y dólares).

D.7.10 Los prefijos SI siempre denotan potencias de diez exactamente. Nunca deben usarse para denotar potencia exactas de dos, como $210 = 1024 \cdot 10^3$; $220 = 1\,048\,576 \cdot 10^6$; etc.

Ejemplo. $1 \text{ kbit} = 1000 \text{ bit}$ no 1024 bit .

D.8 Unidades adicionales

D.8.1 En principio las unidades SI cubren todos los campos de aplicación de las ciencias físicas y tecnológicas. Sin embargo, ciertas unidades fuera de SI han sido reconocidas por la CIPM para su uso con el SI debido a su importancia práctica. Estas son llamadas unidades adicionales y se listan en las tablas 2 y 3 del Apéndice D.

D.8.2 Las unidades adicionales pueden ser usadas en la vida cotidiana cuando sea apropiado. Debe evitarse en contextos estrictamente técnicos o científicos. Es recomendado evitar unidades compuestas con unidades adicionales, sin embargo algunas de este tipo de unidades se mantiene en uso. Las más comunes son: kilómetro por hora, km/h; watt hora W·h, y sus múltiplos; ampère hora A·h; mole por litro, mol/L y gramo por litro, g/L.

D.8.3 Para la frecuencia rotacional la notación r/min (revoluciones por minuto) y r/s (revoluciones por segundo) son aceptables en lugar de las unidades propias min⁻¹ y s⁻¹ respectivamente.

D.8.4 La unidades milla náutica (= 1852 m) y nudo (= 1852 m/h) no son unidades adicionales, pero son de uso común en la navegación aeronáutica y la marina.

D.9 Magnitudes y unidades

D.9.1 Una magnitud es una propiedad de la una sustancia o de un fenómeno que puede ser medido o calculado a partir de otras magnitudes medidas.

D.9.2 Una unidad es un caso especial de una magnitud, convencionalmente adoptada y usada como referencia.

D.9.3 El valor de una magnitud es expresado como un valor numérico multiplicado por la unidad apropiada. El valor numérico de una magnitud depende de la unidad escogida, mientras que la magnitud y su valor (el valor numérico multiplicado por la unidad) es independiente. Así el uso de ecuaciones entre magnitudes se prefiere a ecuaciones entre el valor numérico.

Ejemplo. La masa de un cuerpo es

D.10 Reglas para la impresión

D.10.1 Los símbolos de las magnitudes consisten en una, o excepcionalmente dos, letra del alfabeto latino o griego, son impresas en tipo itálica (inclinada), algunas veces con subíndices u otros signo modificantes.

Ejemplo *m* (masa), *P* (potencia), *Ma* (número Mach), *W* (velocidad angular) *O* (ángulo sólido)

D.10.2 Los valores numéricos dados por números deben ser impresos en tipo romano (recto). El símbolo decimal es una coma en la línea. Si el valor del número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por cero. Para facilitar la lectura de los números con muchos dígitos, estos deben ser separados en grupos de tres, contados a partir del signo decimal hacia la derecha y hacia la izquierda, los grupos deben separarse por medio de un espacio y nunca por otros medios.

D.10.3 Los nombres de las unidades deben escribirse en minúscula, excepto cuando sean inicio de frase.

Ejemplo. La unidad SI par la fuerza es el newton.

La única excepción es la unidad grado Celsius, en la cual Celsius se escribe con C mayúscula.

Algunos nombres de las unidades son diferentes en diferentes lenguajes, sin embargo los símbolos son internacionales e independientes del idioma.

D.10.4 Los símbolos de las unidades, incluidos los prefijos se deben imprimir en tipo romano (recto). No se deben usar abreviaturas ni otros símbolos diferentes al símbolo SI.

Ejemplo. Se escribe kg, y no Kg (ni siquiera al inicio de una frase). Se escribe m² no sqm ni mc. Se escribe m³ no mcu. Se escribe cm³ no cc. Se escribe s no sec. Se escribe h no hrs.

D.10.5 La multiplicación de las unidades puede ser expresada por el signo de multiplicación el punto a media altura (·) o un espacio. Si no existe riesgo de confusión (como es lo más común) se puede omitir el espacio.

Ejemplo. Newton metro puede ser escrito N·m, N m ó Nm.

La cruz (x) no deber ser usada como signo de multiplicación entre los símbolos de las unidades.

Sin embargo las dimensiones geométricas se designan por (x)

Ejemplo. 24 mm x 36 mm (dimensiones de una película), 3 x 1,5 mm² (un cable eléctrico de tres conductores cada uno con una sección de área de 1,5 mm²).

D.10.6 La división de las unidades puede ser expresada por una barra horizontal, una barra oblicua o con exponentes negativos.

Ejemplo. Metro por segundo puede ser escrito, \underline{m} , m/s ó ms⁻¹. s

En cálculos y en expresiones complicadas es recomendable el uso de exponentes negativos. Si se usa más de una unidad después de la barra oblicua deben usarse paréntesis para evitar ambigüedad. Ninguna expresión debe contener más de una barra oblicua.

D.10.7 Debe existir un espacio ente el valor numérico y la unidad.

Ejemplo. 230 V, (25 ± 2) mm, 15 °C.

Las únicas excepciones a esta regla son las unidades grado, minuto y segundo para ángulo plano, en cuyo caso no debe existir el espacio entre valor numérico y la unidad.

Ejemplo. 30°.

D.11 Magnitudes, unidades y factores de conversión

D.11.0 La siguiente es una lista de las magnitudes más comunes con sus unidades y sus símbolos. Cuando es apropiado se dan algunos factores de conversión. El signo = denota «exactamente igual a» y el signo ≈ es usado para denotar «aproximadamente igual a», y el símbolo def es usado para denotar «por definición es igual a».

D.11.1 Espacio y tiempo.

La unidad grado, ...°, es una unidad adicional. No deben usarse las subdivisiones de minuto, ...', y segundo, ...", pero si dividir decimalmente el grado.

Ejemplo. Escriba $22,5^\circ$, pero no $22^\circ30'$.

La unidad gon, gon, es usada como una unidad adicional. Es usado en agrimensura.

Factores de conversión.

D.11.1.2 Longitud, l, b, h, d, r, s

Coordenadas cartesianas, x, y, z

metro, m

Múltiplos y submúltiplos usuales: km, mm, μm , nm

En los dibujos de ingeniería mecánica solo se usan los milímetros.

Factores de conversión.

1 in (pulgada) (= 1") = 25,4 mm

1 ft (pies) (= 1') = 0,3048 m

1 yd (yarda) = 0,9144 m

1 milla 1,61 km

1 milla náutica = 1,852 km

D.11.1.3 Área, A

metro cuadrado, m^2

Múltiplos y submúltiplos usuales: km^2 , dm^2 , cm^2 , mm^2

Nunca se debe usar la palabra superficie para designar la magnitud de área. Se debe evitar la unidad área, a, y su múltiplo hectárea, ha, excepto para referirse a áreas agrarias.

Factores de conversión.

1 ha = 0,01 km^2

1 in^2 (pulgada cuadrada) $645 \text{ m}^2 = 6,45 \text{ m}^2$

1 ft^2 (pie cuadrado) $0,0929 \text{ m}^2 = 929 \text{ cm}^2$

1 yd^2 (yarda cuadrada) $0,836 \text{ m}^2$

1 acre 4050 m^2

1 milla cuadrada 2,59 km^2

D.11.1.4 Volumen, V

Metro cúbico, m^3

Múltiplos y submúltiplos usuales: km^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3

La unidad litro, L ó l, es una unidad adicional. Sus submúltiplos más usuales son centilitro, cl ó cL, mililitro, ml ó mL.

Se debe evitar el uso del litro y sus submúltiplos en contextos técnicos y científicos.

Factores de conversión.

$$1 \text{ l (= 1 L)} = 1 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ ml (= 1 mL)} = 1 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ in}^3 \text{ (pulgada cúbica)} = 16,4 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 \text{ (pie cúbico)} = 28,3 \text{ dm}^3$$

D.11.2 Tiempo, t

segundo, s

Múltiplos y submúltiplos usuales: ks, ms, μ s

Las unidades minuto, min, horas, h y día, d, son unidades adicionales.

Factores de conversión.

$$1 \text{ min} = 60\text{s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ ks}$$

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86,4 \text{ ks}$$

$$1 \text{ a} = 365 \text{ d} = 31,5 \text{ Ms}$$

D.11.3 Velocidad, v

metro por segundo, m/s

Múltiplos y submúltiplos usuales: km/s, mm/s

Para uso en carreteras de transporte, la unidad compuesta por múltiplos kilómetros por hora, km/h, es de uso generalizado.

Factores de conversión.

$$1 \text{ km/h} = (1/3,6) \text{ m/s} = 0,278 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ ft/s (pie por Segundo)} = 0,3048 \text{ m/s}$$

1 milla por hora 0,447 m/s 1,61 km/h

1 nudo = 1,852 km/h 0,514 m/s

D.11.4 Aceleración, a

metro por segundo cuadrado, m^2

D.11.5 Fenómenos periódicos.

D.11.5.1 Frecuencia, f , ν

hertz, Hz, $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

Múltiplos usuales: GHz, MHz, kHz

D.11.5.2 Frecuencia rotacional, n

segundo a la potencia menos uno, s^{-1}

La designación «revoluciones por minuto», r/min , y «revoluciones por segundo», r/s , son usadas como las unidades de frecuencia rotacional en maquinarias rotativas. Sin embargo el símbolo r no denota ni una unidad SI ni una unidad adicional. Se prefiere r/s que r/min .

Factores de conversión.

$1 \text{ r/s} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ Hz} = (1/60) \text{ s}^{-1} = 0,0167 \text{ s}^{-1}$

D.11.5.3 Frecuencia angular, ω

radián por segundo, rad/s ; $1 \text{ rad/s} = 1 \text{ s}^{-1}$

D.11.6 Mecánica.

D.11.6.1 Masa, m

kilogramo, kg

Nunca se debe usar peso, que es una fuerza, en lugar de masa.

El kilogramo es una de las unidades base SI. Los múltiplos y los submúltiplos se forman, sin embargo, adicionando los prefijos del SI al submúltiplo gramo. La unidad base SI contiene el prefijo kilo por razones históricas.

La unidad tonelada, t , también conocida como tonelada métrica, es una unidad adicional.

Factores de conversión.

$1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$

1 oz (onza avdp.) 28,3 g

1 lb (libra avdp.) 0,454 kg

1 tonelada corta 907 kg

1 tonelada larga 1016 kg

D.11.6.2 Densidad másica, volumen másico, ρ

kilogramo por metro cúbico, kg/m³

Múltiplos usuales: Mg/m³

Factores de conversión.

1 Mg/m³ = 1 kg/dm³ = 1 g/cm³ = 1000 kg/m³

1 lb/in³ (libra por pulgada cúbica) 27700 kg/m³

1 lb/ft³ (libra por pie cúbico) 16,0 kg/m³

D.11.6.3 Fuerza, F

Newton, N; 1 N = 1 kg·m/s²

La fuerza es la cantidad que puede ser medida en un dinamómetro.

Debe hacerse la diferencia ente fuerza y masa. Antiguamente la unidad de masa, kilogramo, kg, también era usada para fuerza. Luego la unidad de fuerza fue definida como el peso (esencialmente la fuerza gravitacional) de un cuerpo con masa igual a 1 kg en un lugar en donde la aceleración de la caída libre es igual la aceleración normal de la caída libre, es decir

def

$g_n = 9,806\ 65\ \text{m/s}^2$. Esta antigua unidad de fuerza se llamó el kilogramo-fuerza, kgf o kilopond, kp. Nótese que el peso es una fuerza, no una masa. Se debe evitar la expresión una fuerza como el peso de cierto cuerpo. Decir, por ejemplo, «la fuerza es 490 N» no «la fuerza es el peso de un cuerpo con masa de 50 kg». Si se debe enfatizar que la fuerza es un peso, se debe decir: «la fuerza hacia abajo es de 490 N»

Factores de conversión.

1 kgf = 1 kp 9,81 N

1 lbf (libra fuerza) 4,45 N

D.11.6.4 Momento de fuerza, torque, M

newton metro, N·m; 1 N·m = 1 kg·m²/s²

No se debe confundir el momento de fuerza M , y la energía, E , que puede ser expresado en newton metro, N·m

$$\text{Mg/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Factores de conversión.

$$1 \text{ kgf}\cdot\text{m} = 1 \text{ kp}\cdot\text{m} = 9,81 \text{ N}\cdot\text{m}$$

D.11.6.5 Momento, p

kilogramo metro por segundo; kgm/s

def

No debe confundirse momento $p = m\cdot v$ (masa

def

multiplicada por la velocidad) con $I = F\cdot t$ (fuerza multiplicada por tiempo).

D.11.6.6 Momento masa de inercia, J

kilogramo metro cuadrado; kg·m²

Factores de conversión.

$$1 \text{ lb}\cdot\text{in}^2 = 2,93\cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

D.11.6.7 Energía, E

joule, J; $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$

Múltiplos y submúltiplos usuales: TJ, GJ, MJ, kJ, mJ

El joule se usa para todos los tipos de energía, como trabajo, W , A ; energía cinética, T ; energía potencial, V ; calor, Q ; energía química, U ; energía eléctrica; etc.

Para la producción y distribución de energía eléctrica la unidad compuesta watt hora; $W\cdot h$, y sus múltiplos son usadas. Estas unidades no deben ser usadas en otro contexto.

Se recomienda, para alimentos, el uso de la cantidad de energía másica, con la unidad joule por kilogramo; J/kg.

La antigua unidad de caloría no debe ser usada.

Factores de conversión.

$$1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3,6 \text{ MJ}$$

1 cal 4,19 J

1 BTU (unidad térmica británica) 1,06 kJ

D.11.6.8 Potencia, P

watt, W; $1 W = 1 J/s = 1 kg \cdot m^2/s^3$

Múltiplos y submúltiplos usuales: TW, GW, MW, kW, mW

Se debe usar únicamente watt con sus múltiplos y submúltiplos para todos los tipos de potencia.

Factores de conversión.

1 kcal/ 1,16 W

1 BTU/h (unidad térmica británica por hora) 0,293 W

1 caballo de potencia métrico 735 W

1 caballo de potencia imperial 746 W

D.11.6.9 Presión, p

Pascal, Pa; $1 Pa = 1 N/m^2 = 1 kg/(m \cdot s^2)$

Múltiplos y submúltiplos usuales: MPa, kPa, hPa

Si no existe nada explícito p denota presión (absoluta), que puede también denotarse p_a o p_{abs} . La presión del manómetro se define por $p_e = (p_{abs} - p_{amb})$, en donde p_{amb} es la presión ambiente. De esta manera puede ser positiva o negativa si p_{abs} es mayor o menor que p_{amb} respectivamente.

La antigua unidad métrica bar, bar; no es una unidad adicional y no debería ser usada.

Factores de conversión.

$1 kgf/cm^2 = 1 kp/cm^2 = 1 at = 98,1 kPa$

1 atm (atmósfera normal) = 101 kPa

1 bar = 100 kPa

1 Torr 1 mmHg 133 Pa

1 lbf/in² (libra fuerza pro pulgada cuadrada, psi) 6,89 kPa

D.11.6.10 Viscosidad dinámica, n

pascal segundo, Pa·s; $1 Pa = 1 kg/(m \cdot s)$

Submúltiplo usual: mPa·s

Factores de conversión.

$$1 \text{ P (poise)} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ cP (centipoise)} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

D.11.6.11 Viscosidad cinemática, ν

metro cuadrado por segundo, m^2/s

Submúltiplo usual: mm^2/s

Factores de conversión.

$$1 \text{ St (stokes)} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cSt (centistokes)} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

D.11.6.12 Segundo axial momento de área, I_a y segundo polar momento de área, I_p

metro a la cuarta potencia, m^4

Se debe evitar los submúltiplos cm^4 y mm^4 , usados antiguamente.

Factores de conversión.

$$1 \text{ mm}^4 = 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$1 \text{ cm}^4 = 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$1 \text{ in}^4 = 416 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

D.11.6.13 Sección modulus, Z , W

metro cúbico, m^3

Se debe evitar los submúltiplos cm^3 y mm^3 , usados antiguamente.

Factores de conversión.

$$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 16,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

D.11.6.14 Fuerza normal, \acute{o}

metro cúbico, m^3

Se debe evitar los submúltiplos cm^3 y mm^3 , usados antiguamente.

Factores de conversión.

$$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 16,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

D.11.6.15 Fuerza de rompimiento, T

Modulus de elasticidad, E y modulus de rigidez, G

pascal, Pa; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^2)$

Múltiplos usuales: GPa, MPa, kPa

Factores de conversión.

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 1 \text{ kp/mm}^2 = 9,81 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ kp/cm}^2 = 98,1 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ lbf/in}^2 \text{ (libra fuerza por pulgada cuadrada, psi)} = 6,89 \text{ kPa}$$

D.11.7 Calor.

D.11.7.1 Temperatura termodinámica, T

kelvin, K

submúltiplos usuales, mK

D.11.7.2 Temperatura Celsius, t

grado Celsius, $^{\circ}\text{C}$

def

La temperatura Celsius está dada por $t = T -$

def

T_0 , en donde $T_0 = 273,15 \text{ K}$. El grado Celsius es un nombre especial dado al kelvin para usar un valor dado de temperatura Celsius.

Para la temperatura Fahrenheit y su unidad el grado Fahrenheit, $^{\circ}\text{F}$.

Debe evitarse el uso de la temperatura Fahrenheit.

Factores de conversión.

$$1\text{ }^{\circ}\text{F} = (5/9)\text{ }^{\circ}\text{C} = (5/9)\text{ K} = 0,556\text{ K}$$

watt por metro kelvin, $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; $1\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) = 1\text{ kg}\cdot\text{m}/(\text{s}^3\cdot\text{K})$

Factores de conversión.

$$1\text{ kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{K})\ 1,16\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{s})$$

$$1\text{ Btu}/(\text{ft}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F})\ 1,73\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{s})$$

D.11.7.4 Coeficiente de transferencia de calor, K y coeficiente de superficie de transferencia de calor, h

watt por metro cuadrado kelvin, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; $1\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) = 1\text{ kg}/(\text{s}^3\cdot\text{K})$

En la tecnología de la construcción esta unidad se conoce a menudo como transmitancia térmica, con símbolo U . Esta práctica no debe ser usada fuera de este ámbito.

Factores de conversión.

$$1\text{ kcal}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{K})\ 1,16\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$$

$$1\text{ Btu}/(\text{ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F})\ 5,68\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$$

D.11.7.5 Aislamiento térmico, M

metro cuadrado kelvin por watt, $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$; $1\text{ (m}^2\cdot\text{K})/\text{W} = 1\text{ s}^3\cdot\text{K}/\text{kg}$

En la tecnología de la construcción esta unidad se conoce a menudo como resistencia térmica, con símbolo R . Esta práctica no debe ser usada fuera de este ámbito.

Factores de conversión.

$$1\text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{K}/\text{kcal}\ 0,862\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$1\text{ ft}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F}/\text{Btu}\ 0,176\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

D.11.7.6 Capacidad calórica específica y capacidad calórica másica, c

joule por kilogramo kelvin, $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $1\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K}) = 1\text{ m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{K})$

Múltiplos usuales; $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

D.11.8 Electricidad y magnetismo.

D.11.8.1 Corriente eléctrica, I

ampère, A

Múltiplos y submúltiplos usuales: kA, mA, μ A

D.11.8.2 Carga eléctrica, Q

coulomb, C $1\text{ C} = 1\text{ As}$

Para el almacenamiento en baterías la unidad compuesta A·h es de uso común.

Factores de conversión.

$1\text{ A}\cdot\text{h} = 3,6\text{ kC}$

D.11.8.3 Potencial eléctrico, V y tensión eléctrica, U

volt, V; $1\text{ V} = 1\text{ W/A} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^3\cdot\text{A})$

Múltiplos y submúltiplos usuales: kV, mV, μ V

El término no sistemático de «voltaje» debe evitarse para la tensión eléctrica y la diferencia de potencial eléctrico.

D.11.8.4 Capacitancia, C

farad, F; $1\text{ F} = 1\text{ C/V} = 1\text{ s}^4\cdot\text{A}^2/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$

Múltiplos usuales: μ F, nF, pF

Resistencia, R

D.11.8.5 Inductancia, L

henry, H; $1\text{ H} = 1\text{ Vs/A} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$

Submúltiplos usuales: mH, μ H

D.11.8.6 Densidad del flujo magnético, B

tesla, T; $1\text{ T} = 1\text{ V}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 1\text{ kg}/(\text{s}^2\cdot\text{A})$

Submúltiplos usuales: mT, μ T

D.11.8.7 Potencia activa, P

watt, W; $1\text{ W} = 1\text{ J/s} = 1\text{ V}\cdot\text{A} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

Múltiplos usuales: MV·A, kV·A

D.11.8.8 Potencia reactiva, Q

volt ampère, V·A; $1 \text{ V}\cdot\text{A} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

La IEC ha adoptado el nombre de var, var (potencia reactiva volt ampère), para la unidad coherente SI volt ampère para la potencia reactiva.

Factores de conversión.

$1 \text{ var} = 1 \text{ V}\cdot\text{A}$

D.11.8.9 Potencia aparente, S

volt ampère, V·A; $1 \text{ V}\cdot\text{A} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

Múltiplos usuales: MV·A, kV·A

D.11.9 Luz.

D.11.9.1 Intensidad luminosa, I

candela, cd

lumen, lm; $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd}/\text{sr}$

D.11.9.3 Luminancia, E

lux, lx; $1 \text{ lx} = \text{lm}/\text{m}^2 = 1 \text{ cd}/(\text{sr m}^2)$

D.11.9.4 Exposición a la luz, H

lux segundo, lx s; $1 \text{ lx s} = 1 \text{ s cd}/(\text{sr m}^2)$

D.11.19 Acústica.

D.11.19.1 Nivel de presión sónica, L_p

neper, Np; $1 \text{ Np} = 1$

$L_p = \ln(p/p_0)$, en donde p es el presión sónica y $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

Neper, Np, es el nombre especial para la unidad coherente SI para la presión sónica adoptada por CIPM.

La unidad bel, B, es una unidad adicional. Su submúltiplo decibel, dB, es usual.

En general: $L_p = \ln(p/p_0)\text{Np} = 2 \lg(p/p_0)\text{B} = 20 \lg(p/p_0)\text{dB}$.

Factores de conversión

1 B 1,15 Np

1 dB 0,115 Np

D.11.19.2 Nivel de potencia sónica, L_w

neper, Np; 1 Np = 1

$L_w = (1/2)\ln(P/P_o)$, en donde P es la potencia sónica y $P_o = 1 \text{ pW}$

Neper, Np, es el nombre especial para la unidad coherente SI para el nivel de potencia sónica adoptada por CIPM.

La unidad bel, B, es una unidad adicional. Su submúltiplo decibel, dB, es usual.

En general: $L_w = \ln(P/P_o)N_p = \lg(P/P_o)B = 10 \lg(p/p_o)\text{dB}$.

Factores de conversión

1 B 1,15 Np

1 dB 0,115 Np

D.11.20 Físicoquímica.

D.11.20.1 Cantidad de materia, n

mole, mol;

D.11.20.1 Masa atómica relativa, A_r y masa molecular relativa, M_r

uno, 1

D.11.20.2 Concentración de cantidad de materia de B, C_B

mole por metro cúbico, mol/m^3

Múltiplos usuales: mol/dm^3

Factores de conversión

1 mol/l (= 1 mol/L) = 1000 mol/m³

1 mmol/l (= 1 mmol/L) = 1 mol/m³

D.11.20.3 Molalidad de B, b_B , m_B

mole por kilogramo, mol/kg

D.11.20.4 Fracción de cantidad de materia de B, x_B

uno, 1

Esta cantidad es a menudo expresada como porcentaje, %. La expresión «% (n/n)» no debe usarse.

Factores de conversión

$$1 \% = 0,01$$

$$1 \text{ mol/L} = 1000 \text{ mol/m}^3$$

D.11.20.5 Fracción de volumen de B, x_B

uno, 1

Esta cantidad es a menudo expresada como porcentaje, %. La expresión «% (v/v)» no debe usarse.

Factores de conversión

$$1 \% = 0,01$$

D.11.20.6 Fracción de masa de B, x_B

uno, 1

Esta cantidad es a menudo expresada como porcentaje, %. La expresión «% (m/m)» no debe usarse.

Factores de conversión

$$1 \% = 0,01$$

D.11.21 Física atómica y nuclear.

D.11.21.1 Actividad, A

becquerel, Bq; $1 \text{ Bq} = \text{s}^{-1}$

Múltiplos usuales: MBq, kBq

Factores de conversión

$$1 \text{ Ci (curie)} = 37 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

D.11.21.2 Actividad másica, actividad específica, a

Becquerel por kilogramo, Bq/kg; $1 \text{ Bq/kg} = \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Múltiplos usuales: MBq/kg, kBq/kg

D.11.21.3 Actividad volúmica, actividad de concentración, CA

Becquerel por metro cúbico, Bq/m³; $1 \text{ Bq/m}^3 = \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$

Múltiplos usuales: kBq/m³

D.11.22 Radiaciones ionizantes.

D.11.22.1 Dosis absorbida, *D*

gray; Gy; 1 Gy = 1 J/kg = 1 m²/s²

Submúltiplos usuales: mGy

Factores de conversión

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

D.11.22.2 Dosis equivalente, *H*

sievert, Sv; 1 Sv = 1 J/kg = 1 m²/s²

Submúltiplos usuales: mSv

Factores de conversión

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

D.11.22.3 Exposición, *X*

Coulomb por kilogramo, C/kg; 1 C/kg = 1 A·s/kg

Submúltiplos usuales: mC/kg

Factores de conversión

$$1 \text{ R (röntgen)} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

D.11.23 Números característicos.

La unidad coherente para cualquier cantidad de dimensión uno es el número uno, 1. Cuando el valor de tal cantidad es expresado por la unidad 1 generalmente no se escribe explícitamente.

Ejemplo. Factor de fricción $\lambda = 0,6 \cdot 1 = 0,6$

No deben usar prefijos para formar múltiplos y submúltiplos de la unidad. En su lugar deben usarse potencias de diez.

Ejemplo. Número de reynolds, $Re = 1,32 \cdot 10^3$

En algunos casos el símbolo % (porcentaje) es usado para el número 0,01. Como estos submúltiplos de la unidad 1 son números, es sin sentido hablar de «porcentaje en masa», «porcentaje en volumen», etc. No se debe aportar información adicional sobre la unidad 1 como «% (m/m)» o «% (V/V)».

Ejemplo. «La fracción de masa es 0,67», o «la fracción de masa es 67 %».

Las abreviaturas ppm y ppb no deben ser usadas.

D.12 Tablas de conversión.

Longitud

Metro pulgada Pie Yarda Milla milla

m in Ft Yd náutica

1 39,370 3,280 8 1,093 6 0,621 37·10⁻³ 0,539 96·10⁻³
25,4·10⁻³ 1 83,333·10⁻³ 27,778·10⁻³ 15,783·10⁻⁶ 13,715·10⁻⁶
0,304 8 122 1 0,333 33 0,189 39·10⁻³ 0,164 58·10⁻³
0,914 4 36 3 1 0,568 18·10⁻³ 0,493 74·10⁻³
1,609 3·10³ 63,36·10³ 5,28·10³ 1,76·10³ 1 0,868 98
1,852·10³ 72,913·10³ 6,076 1·10³ 2,025 4·10³ 1,150 8 1

Área

milla

m² in² ft² Yd² Acre cuadrada

1 1,550 0·10³ 10,764 1,196 0 0,247 10·10⁻³ 0,368 10·10⁻⁶
0,645 1 6,944 4·10⁻³ 0,771 61·10⁻³ 0,159 42·10⁻⁶ 0,249 10·10⁻⁹
92,903·10⁻³ 144 1 0,111 11 22,957·10⁻⁶ 35,870·10⁻⁹
0,836 13 1,296·10³ 9 1 0,206 61·10⁻³ 0,322 83·10⁻⁶
4,046 9·10³ 6,272 6·10⁶ 43,56·10³ 4,84·10³ 1 1,562 5·10⁻³
2,590 0·10⁶ 4,014 5·10⁹ 27,878·10⁶ 3,097 6·10⁶ 640 1

Volumen

m³ in³ ft³ Yd³ galón (UK) galón (US)

1 61,024·10³ 35,315 1,308 219,97 264,17
16,387·10⁻⁶ 1 0,578 70·10⁻³ 21,434·10⁻⁶ 3,064 6·10⁻³ 4,329 0·10⁻³
28,317·10⁻³ 1,728·10³ 1 37,037·10⁻³ 6,228 8 7,480 5
0,764 56 46,656·10³ 27 1 168,18 201,97
4,546·10⁻³ 277,42 0,160 54 5,946 1·10⁻³ 1 1,201 0

3,785 4·10⁻³ 231 0,133 68 4,951 1·10⁻³ 0,832 68 1

Velocidad Densidad

m/s km/h ft/s milla por hora Nudo kg/m³ g/cm³ lb/in³ lb/ft³

1 3,6 3,280 8 2,236 9 1,943 8 1 10⁻³ 36,127·10⁻⁶ 62,428·10⁻³

0,277 78 1 0,911 34 0,621 37 0,539 96 103 1 36,127·10⁻³ 62,428

0,304 8 1,097 3 1 0,681 82 0,592 48 27,680·10³ 27,680 1 1,728·10⁻³

0,447 04 1,609 3 1,466 7 1 0,868 98 16,019 16,019·10⁻³ 0,578 70·10⁻³ 1

0,514 44 1,852 1,150 8 1,150 8 1

Masa

libra onza

kg lb oz

1 2,204 6 35,724

0,453 59 1 16

28,350·10⁻³ 62,5·10⁻³ 1

Fuerza Momento de fuerza

N dina kilogramo- libra-fuerza N·m kp·m lbf·in lbf·ft

fuerza lbf

kgf, kp

1 0,1·106 0,101 97 0,224 81 1 0,101 97 8,850 8 0,737 56

10·10⁻⁶ 1 1,019 7 2,248 1 9,806 6 1 86,796 7,233 0

9,806 6 0,980 66·106 1 2,204 6 0,112 99 11,521·10⁻³ 1 83,333·10⁻³

4,448 2 0,4444 82·106 0,453 59 1 1,355 8 0,138 26 12 1

Energía

kilogramo Unidad térmica

joule kilowat-hora fuerza metro kilocaloría caballo métrico pie libra fuerza británica

J kW·h kgf·m Kcal hora ft·lbf BTU

1 0,277 78 0,101 97 0,238 85·10⁻³ 0,377 67·10⁻⁶ 0,737 56 0,947 82·10⁻³

3,6·10⁶ 1 0,367 10·10⁻⁶ 859,85 1,359 6 2,655 2·10⁶ 3,412 1·10³
9,806 6 2,724 1·10⁻⁶ 1 2,242 3·10⁻³ 3,703 7·10⁻⁶ 7,233 0 9,294 9·10⁻³
4,186 8·10³ 1,163·10⁻³ 426,94 1 1,581 2·10⁻³ 3,088 0·10³ 3,968 3
2,647 8·10⁶ 0,735 50 0,27·10⁶ 632,42 1 1,952 9·10⁶ 2,509 6·10³
1,355 8 0,376 62·10⁻⁶ 0,138 26 0,323 83 ·10⁻³ 0,512 06·10⁻⁶ 1 1,285 1·10⁻³
1,055 1·10³ 0,296 07·10⁻³ 107,59 0,252 00 0,398 47·10⁻³ 778,17 1

Potencia

Caballo- caballo-

fuerza fuerza

W kgf·m/s kcal/s kca/h métrico hp ft·lbf/s BTU/h

1 0,101 97 0,238 85·10⁻³ 0,859 85 1,359 6·10⁻³ 1,341 0·10⁻³ 0,737 56 3,412 1
9,806 6 1 2,342 3·10⁻³ 8,432 2 13,333·10⁻³ 13,151·10⁻³ 7,233 0 33,462
4,186 8·10³ 426,94 1 3,6·10³ 5,692 5 5,614 6 3,088 0·10⁻³ 14,286·10³
1,163 0,118 59 0,277 78·10⁻³ 1 1,581 2·10⁻³ 1,559 6·10⁻³ 0,857 79 3,968 3
735,50 75 0,175 67 632,42 1 0,986 32 542,48 2,509 6·10³
745,70 76,040 0,178 11 641,19 1,013 9 1 550 2,544 4·10³
1,355 8 0,138 26 0,323 83·10⁻³ 1,165 8 1,843 4·10⁻³ 1,818 2·10⁻³ 1 4,626 2
0,293 07 29,885·10⁻³ 69,999·10⁻⁶ 0,252 00 0,398 47·10⁻³ 0,393 02·10⁻³ 0,216 16 1

Presión, tensión mecánica (fuerza)

Pa bar kgf/cm² kgf/mm² Torr lbf/in²

at (mmHg) Atm (psi)

1 10·10⁻⁶ 10,197·10⁻⁶ 0,101 97·10⁻⁶ 7,500 6·10⁻³ 9,869 2·10⁻⁶ 0,145 04·10⁻³
100·10³ 1 1,019 7 10,197·10⁻³ 750,06 0,986 92 14,504
98,066·10³ 0,980 66 1 10·10⁻³ 735,56 0,967 84 14,223
9,806 6·10⁶ 98,066 100 1 73,556·10⁻³ 96,784 1,422 3·10³
133,32 1,333 2·10⁻³ 1,359 5·10⁻³ 13,595·10⁻⁶ 1 1,315 8·10⁻³ 19,337·10⁻³
101,32·10³ 1,013 2 1,033 2 10,332·10⁻³ 760 1 14,696

6,894 8·10³ 68,948·10⁻³ 70,307·10⁻³ 0,703 07·10⁻³ 51,715 68,046·10⁻³ 1

Temperatura

Temperatura Temperatura Temperatura Temperatura Situación

Termodinámica Celsius Rankine Fahrenheit física

K °C °R °F

Valores de 0 -273,15 0 -459,67 Cero absoluto

temperatura 255,372 -17,778 459,67 0

correspondiente 273,15 0 491,67 32 Temperatura de congelamiento

del agua(*)

273,16 0,01 491,688 32,018 Punto triple del agua

373,15 100 671,67 212 Punto de ebullición del agua(*)

Diferencias de 1 1 1,8 1,8

temperatura

correspondiente 0,555 56 0,555 56 1 1

(*) bajo condiciones específicas

Valor en °C = (1/1,8)·(valor en °F-32)

[Ficha del artículo](#)

Artículo 2º—Será el Ministerio de Economía, Industria y Comercio el encargado de velar por el cumplimiento del presente Reglamento.

[Ficha del artículo](#)

Artículo 3º—A toda persona que haciendo uso de este documento, encuentre errores tipográficos, ortográficos, inexactitudes o ambigüedades, se le solicita notificarlo a la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida, sin demora, aportando, si es posible, la información correspondiente, para hacer las investigaciones necesarias y tomar las previsiones del caso.

[Ficha del artículo](#)

Artículo 4º—Serán sancionados de acuerdo con las leyes penales quienes incumplan con lo dispuesto en el presente Reglamento.

[Ficha del artículo](#)

Artículo 5º—Este Decreto deroga el Decreto Ejecutivo N° 23355-MEIC publicado en *La Gaceta* N° 114 del 15 de junio de 1994.

[Ficha del artículo](#)

Artículo 6º—Rige a partir de su publicación.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los dieciocho días del mes de abril del dos mil uno.

[Ficha del artículo](#)

[Ir al principio del documento](#)