

## EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)<sup>1</sup>

Víctor Hugo Alvarez V.<sup>2</sup> y Gustavo Adolfo M. Alvarez<sup>3</sup>

La utilización de sistemas de unidades diferentes dificulta la comercialización de productos y el intercambio del conocimiento entre personas de distintas regiones o de diferentes pueblos.

En Francia, en un esfuerzo para resolver estos problemas, la Asamblea Legislativa (1791-1792) instalada después de la revolución francesa (1789) y el gobierno de la primera república (1792-1804) solicitaron a la Academia Francesa de Ciencias la creación de un sistema único de medidas, teniendo como base una constante natural, de modo que el sistema pudiera ser reproducido con exactitud en cualquier lugar y en cualquier momento. De este esfuerzo surgió la definición de metro, unidad fundamental del Sistema Métrico Decimal y de los sistemas CGS (centímetro - gramo - segundo) y MKSA (metro - kilogramo - segundo - amperio), y en la actualidad del Sistema Internacional de Unidades (SI).

El Sistema Métrico Decimal inicialmente adoptó tres unidades de medida: metro, litro y kilogramo. El sistema CGS incluyó otra dimensión, el tiempo, por lo que las unidades básicas pasaron a ser centímetro, gramo y segundo. En el sistema MKSA, las unidades básicas se modificaron a metro, kilogramo, segundo y amperio. Las siglas CGS y MKSA se refieren, por tanto, a las primeras letras de las unidades patrones establecidas.

El desarrollo técnico-científico de la humanidad, acelerado por la revolución industrial, pasó a exigir un mayor número de medidas, cada vez más exactas y reproducibles. Por esto, el Sistema Métrico Decimal y sus distintas aproximaciones y perfeccionamientos fueron sustituidos por el SI, sistema aprobado en 1960, en París, por la 11<sup>era</sup> Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM) por medio de la resolución No 12 del Buró Internacional de Pesos y Medidas (BIPM). El SI fue adoptado por Brasil en 1962 y ratificado el 12 de Octubre de 1988 por la resolución No 11 del Consejo Nacional de Metrología, Normalización y Calidad Industrial (INMETRO). Esta resolución volvió al SI de uso obligatorio y exclusivo en todo el territorio nacional mediante el decreto que ordena lo siguiente: “Adóptense en Brasil, obligatoria y exclusivamente, las unidades basadas en el SI, aprobadas por el CGPM” (INMETRO, 2007a). Desde 1967, para el INMETRO, el SI es por fuerza de ley el único sistema de unidades legales para Brasil, para todas las actividades y relaciones humanas,

especialmente las comerciales. Esto implica que toda publicidad, documento o propaganda deben traer información utilizando únicamente el SI. La Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo (SBCS), en el XXIV Congreso Brasileiro de la Ciencia del Suelo de 1993, en Goiânia, adoptó y oficializó el SI para sus eventos y publicaciones.

En el SI se escogieron siete magnitudes, denominadas magnitudes base, que se pueden definir independientemente, de acuerdo a un fenómeno físico, con gran rigor y exactitud. Para estas magnitudes, la CGPM fijó las respectivas siete unidades base, siendo las dos primeras el metro y el kilogramo, aprobadas en 1889. La 1<sup>era</sup> CGPM creó éstas en forma de dos prototipos internacionales.

Las demás magnitudes fueron designadas como magnitudes derivadas, es decir, variables que resultan de la combinación de las magnitudes base. El conjunto de unidades organizadas de esta forma caracteriza a un sistema de unidades como el SI.

Una magnitud base se caracteriza por tener una dimensión única (**Tabla 1**). Entre las magnitudes base están la masa y la cantidad de materia de gran interés en Química y Fertilidad de Suelos.

El 19 de marzo de 1791, la Academia Francesa de Ciencias propuso el sistema decimal para pesos, medidas y monedas, recomendando que las unidades de longitud se relacionen con un cuarto del meridiano terrestre. Posteriormente, el 30 de marzo de 1791, se decidió que el metro (del griego *metron* = medida), sea la unidad de longitud y que equivalga a 1/10 000 000 del

**Tabla 1. Las siete magnitudes del Sistema Internacional de Unidades con sus dimensiones y unidades base (Brasil, 2002; BIPM, 2006; Franco García, 2007).**

Magnitud	Dimensión	Unidad SI	Símbolo
Longitud	L	metro	m
Masa	M	kilogramo	kg
Tiempo	T	segundo	s
Corriente eléctrica	I	amperio	A
Temperatura termodinámica	$\theta$	kelvin	K
Cantidad de materia	N	mol	mol
Intensidad luminosa	J	candela	cd

<sup>1</sup> Extraído del libro *Dimensões, Unidades (SI) e Constantes Utilizadas em Química e Fertilidade do Solo*, escrito por los autores de este artículo.

<sup>2</sup> Profesor titular del Departamento de Suelos, Universidad Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. Bolsista 1C do CNPq. Correo electrónico: vhav@ufv.br.

<sup>3</sup> Profesor del Centro Universitario UNIRADIAL, São Paulo, SP, Brasil.

cuadrante del meridiano terrestre (distancia del Polo Norte al Ecuador), medido en París. La consecuencia práctica y fundamental para la humanidad, y para el conocimiento científico moderno, fue la introducción del concepto del metro.

Tomando en cuenta que la longitud del cuadrante de un meridiano puede variar de acuerdo al lugar de medición y por errores en la medida, se decidió estandarizar la longitud del metro utilizando un prototipo consistente en una barra hecha con una aleación de platino-iridio (10 % Iridio). Este prototipo fue aprobado por la 1<sup>era</sup> Conferencia General de Pasos y Medidas (1<sup>era</sup> CGPM de 1889) y conservado por el BIPM, en Sévres, Francia.

En 1960, la 11<sup>era</sup> CGPM sustituyó la definición de metro patrón (1889) basándose en la comparación con la longitud de onda en el vacío de la energía radiante correspondiente a la transición de un electrón entre los niveles  $2p^{10}$  y  $5d^5$  del átomo de  $^{86}\text{Kr}$ , definiendo al metro patrón como  $1\ 650\ 763.73$  veces la longitud de onda de emisión de los fotones rojo-anaranjados de átomos de  $^{86}\text{Kr}$  (Franco García, 2007).

Para aumentar la exactitud de la medida de la longitud del metro patrón y facilitar su determinación, la 17<sup>a</sup> CGPM, en 1983, sustituyó nuevamente la definición de metro por la longitud del trayecto de la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de  $1/299\ 792\ 458$  s.

El metro es la principal unidad de medida de la cual se derivan los diferentes sistemas de unidades posteriormente aceptados y constituye el fundamento para la definición de las magnitudes, dimensiones y unidades base, como las que forman el SI (**Tabla 1**), pues las otras unidades se derivan o relacionan directamente con el metro, a excepción del kelvin para la temperatura termodinámica.

Del metro se derivan el  $\text{m}^2$ ,  $\text{m}^3$ ,  $\text{cm}$  y  $\text{cm}^3$ , el que da origen al concepto de gramo (g) en razón de que la masa volumétrica de agua pura, a presión atmosférica normal ( $101.325\ \text{kN m}^{-2}$ ) y a una temperatura de  $4.44\ ^\circ\text{C}$  (masa volumétrica máxima de agua) es igual a  $1.0\ \text{g cm}^{-3}$ . Entonces, por convención, se tiene que  $1.0\ \text{cm}^3$  de agua en esas condiciones corresponde a  $1.0\ \text{g}$ .

Con el uso del cm, g y s surgió el sistema de unidades CGS, en el cual la cantidad de materia [g o equivalente (Eq) o mol] de una muestra analizada se expresa en g,  $\text{cm}^3$  o mL de la muestra, de acuerdo a su estado físico (sólido, líquido o gaseoso) o de la forma de medición (masa o volumen). Es bueno recordar este detalle porque, por analogía, en el SI la cantidad de materia (kg o mol) se expresa en kg,  $\text{dm}^3$  o L de muestra.

La unidad que mide la cantidad de materia es la mol y

se utiliza cuando se determina la materia de una sustancia formada por una única entidad química o física. Indica el número de individuos o entidades de la sustancia (partículas, electrones, iones, átomos o moléculas). En fertilidad de suelos se determina el número de cargas negativas en las superficies de los coloides o de otro tipo de superficies de intercambio, el número de cargas positivas de los iones de un determinado catión y la suma de cargas positivas de un conjunto de cationes (suma de bases, SB).

El concepto de mol está íntimamente ligado al número de Avogadro. Una mol es la cantidad de materia de una sustancia o sistema que contiene tantas (en número) entidades elementales como átomos contenidos en exactamente  $12\ \text{g}$  de  $^{12}\text{C}$  (Brasil, 2002; BIPM, 2006). En esta definición se entiende que los átomos de  $^{12}\text{C}$  no están unidos y se encuentran en reposo en su estado elemental. Este es el número de Avogadro que corresponde aproximadamente a  $6.022\ 141\ 79 \times 10^{23}$ . Por extensión, el número de Avogadro se define como el número de entidades elementales de una mol.

Cuando se utiliza la mol como unidad, debe especificarse cual es la entidad elemental en cuestión. Por eso, cuando se determina en los análisis de suelo la concentración de Mg intercambiable (iones  $\text{Mg}^{2+}$ ), el resultado debe expresarse en  $\text{mol}_c$  (moles de carga). El atraso de la SBSCS en la oficialización del SI se debió al uso de la unidad  $\text{meq (100 cm}^3)^{-1}$  en los análisis de formas intercambiables de cationes. El Eq fue eliminado del SI y no había en la literatura un concepto y unidad que la sustituya hasta que surgió la  $\text{mol}_c$ .

Cuando se analizan tejidos vegetales, no se debe expresar el contenido de un nutriente en moles de átomos, pues no se tiene una entidad o forma única del elemento, sino un conjunto numeroso, con concentraciones diferentes de muchas sustancias que incluyen ese nutriente. Por esta razón, en los análisis de materia seca de los tejidos vegetales, la cantidad de nutrientes debe expresarse en forma de masa ( $\text{dag kg}^{-1}$  o  $\text{g kg}^{-1}$ ). La unidad mol, como medida de la cantidad de una sustancia fue ratificada por la 14<sup>a</sup> CGPM, en 1971 (Brasil, 2002).

Para evitar la utilización de muchos dígitos en las unidades se recomienda el uso de prefijos. Los prefijos oficializados en el SI fueron adoptados en la 11<sup>era</sup> CGPM en 1960 y fueron incrementados en las 12<sup>nda</sup> (1964), 15<sup>a</sup> (1979) y 19<sup>a</sup> CGPM (1991) para expresar las magnitudes de múltiplos o submúltiplos de unidades base o de las unidades derivadas (Brasil, 2002; BIPM, 2006). Para los múltiplos y submúltiplos se utilizan nombres y símbolos específicos (**Tabla 2**).

A partir de las unidades base se obtienen también unidades derivadas, que siguen algebraicamente las mismas relaciones de las unidades base. Las unidades derivadas se obtienen directa o indirectamente de las unidades base por medio de definiciones que relacionan entre si las magnitudes a ser medidas, formando expresiones algebraicas que utilizan los símbolos de multiplicación y división (Tabla 3) y que pueden ser utilizadas, sin restricciones, con cualquier prefijo de múltiplo o submúltiplo.

El SI tiene otras unidades derivadas, pero con nombres y símbolos especiales (Tabla 4). Además de las unidades derivadas, existen también unidades que no pertenecen al SI, pero su uso es aceptado junto con las del SI (Tabla 5).

En 1969, el BIPM reconoció y aceptó que a pesar de que ciertas unidades no pertenecen al SI, por su amplia aceptación y conocimiento público, desempeñan funciones muy importantes para la vida diaria y deberían, en consecuencia, mantenerse sin restricción de plazo para usarse conjuntamente con las unidades del SI.

El litro (L) corresponde a un  $dm^3$  de gas, líquido o sólido, pero se prefiere usarlo para líquidos. Por su origen en el sistema métrico, 1 L debería tener exactamente la masa de 1  $dm^3$  de  $H_2O$  a 4.44 °C (kg). Sin embargo, al realizarse nuevas mediciones, se encontró que 1 kg representa un volumen de 1.000 028  $dm^3$ . Por esta razón, en 1964, la 12<sup>nda</sup> CGPM redefinió el valor de 1 L como igual a 1  $dm^3$ . El múltiplo del kg más utilizado es la tonelada (t).

También se aceptaron, sin restricción de plazo, para su uso conjunto con el SI, las unidades que poseen relación con las unidades del SI y cuyos valores fueron obtenidos

**Tabla 2. Prefijos utilizados en el Sistema Internacional de Unidades (Brasil, 2002; BIPM, 2006; Franco García, 2007).**

----- Múltiplo -----			----- Submúltiplo -----		
Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-1}$	deci	d
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-2}$	centi	c
$10^{18}$	exa	E	$10^{-3}$	mili	m
$10^{15}$	peta	P	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{12}$	tera	T	$10^{-9}$	nano	n
$10^9$	giga	G	$10^{-12}$	pico	p
$10^6$	mega	M	$10^{-15}$	femto	f
$10^3$	quilo	k	$10^{-18}$	atto	a
$10^2$	hecto	h	$10^{-21}$	zepto	z
$10^1$	deca	da	$10^{-24}$	yocto	y

experimentalmente, como el electrón-voltio (eV), la unidad de masa atómica (u) o el Dalton (Da).

Existen ciertas unidades de medida (Tabla 6) que, por su popularidad en algunos países y en ciertas áreas del conocimiento, continúan siendo utilizadas en conjunto con las unidades del SI en forma temporal, hasta cuando su empleo no sea necesario. Sin embargo, de acuerdo al Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM), estas unidades no deben ser adoptadas por aquellos que ya utilizan el sistema oficial de medidas.

La gran mayoría de mediciones y de análisis se realizan en rocas, suelos, sedimentos, plantas y soluciones, en los que la cantidad de materia se expresa en magnitud masa, cuya unidad base es el kg, o con magnitud derivada, como volumen, de dimensiones  $L^3$  y unidad  $m^3$  o  $dm^3$ .

Haciendo una analogía con el sistema CGS, en el cual la materia en estudio se expresaba en g,  $cm^3$  o ml, las unidades que pasaron a sustituirlas en el SI son kg,  $dm^3$  o L y su uso depende del estado de la materia de análisis, ya sea sólido, kg o  $dm^3$ , o gas,  $dm^3$  o líquido, L.

**Tabla 3. Ejemplos de unidades derivadas utilizadas por el Sistema Internacional de Unidades.**

Magnitud	Nombre*	Símbolo
Area	metro(s) cuadrado(s)	$m^2$
Volumen	metro(s) cúbico(s)	$m^3$
Velocidad	metro(s) por segundo	$m s^{-1}$
Aceleración	metro(s) por segundo por segundo	$m s^{-2}$
Masa volumétrica**	kilogramo(s) por metro cúbico	$kg m^{-3}$
Superficie específica	metro(s) cuadrado(s) por kilogramo	$m^2 kg^{-1}$
Volumen específico	metro(s) cúbicos por kilogramo	$m^3 kg^{-1}$
Caudal	metro(s) cúbico(s) por segundo	$m^3 s^{-1}$
Flujo	metro(s) cúbico(s) por metro cuadrado por segundo	$m^3 m^{-2} s^{-1}$

\* (s) usado para plural.

\*\* Esta unidad contradice las unidades básicas, de acuerdo con la forma de medida de las muestras, que en el SI son kg,  $dm^3$  y L. Por tanto, la unidad debería ser  $kg dm^{-3}$ .

**Tabla 4. Principales unidades derivadas, con sus nombres y símbolos especiales, utilizadas por el Sistema Internacional de Unidades (Brasil, 2002; BIPM, 2006; Franco García, 2007; INMETRO, 2007b).**

Magnitud	----- Unidad -----		----- Expresión equivalente -----	
	Nombre*	Símbolo	En otras unidades SI	En unidades SI básicas
Frecuencia	hertz	Hz		s <sup>-1</sup>
Actividad de un radio nucleído	becquerel(s)	Bq		s <sup>-1</sup>
Actividad catalítica	katal(s)	kat		mol s <sup>-1</sup>
Fuerza	newton(s)	N		m kg s <sup>-2</sup>
Presión	pascal(s)	Pa	N m <sup>-2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule(s)	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
Potencia, flujo de energía	watt(s)	W	J s <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
Carga eléctrica (cantidad de electricidad)	coulomb(s)	C		A s
Potencial eléctrico, tensión, fuerza electromotriz	volt(s)	V	W A <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
Resistencia eléctrica	ohm(s)	Ω	V A <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
Conductancia eléctrica	siemens	S	Ω <sup>-1</sup> = A V <sup>-1</sup>	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
Capacitancia eléctrica	farad(s)	F	C V <sup>-1</sup>	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
Flujo magnético	weber(s)	Wb	V s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
Flujo luminoso	lumen(s)	lm	cd sr	cd m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>
Iluminancia	lux	lx	lm m <sup>-2</sup>	cd m <sup>-2</sup>
Inducción magnética	tesla(s)	T	Wb m <sup>-2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
Inductancia	henry(s)	H	Wb A <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
Temperatura Celsius	grado(s) Celsius	°C		K

\* (s) usado para plural.

**Tabla 5. Unidades aceptadas para su uso con el Sistema Internacional de Unidades, sin restricciones de plazo (Brasil, 2002; BIPM, 2006; Franco García, 2007; INMETRO, 2007b).**

Magnitud	----- Unidad -----		Relación con el SI
	Nombre*	Símbolo	
Volumen	litro(s)	l o L	1 dm <sup>3</sup>
Masa	tonelada(s)	t	Mg
Angulo plano	vuelta(s)		2 π rad
	grado(s)	°	(π/180) rad
	minuto(s)	'	(π/10 800) rad
	segundo(s)	"	(π/648 000) rad
Velocidad angular	Revolución(es) por minuto	rpm	(π/30) rad s <sup>-1</sup>
Tiempo	minuto(s)	min	60 s
	hora(s)	h	3 600 s
	día(s)	d	86 400 s

\* (s) usado para plural.

**Tabla 6. Unidades temporalmente aceptadas por el Sistema Internacional de Unidades (Brasil, 2002; BIPM, 2006, 2007).**

Magnitud	----- Unidad -----		Relación con el SI
	Nombre*	Símbolo	
Longitud	angstrom(s)	Å	10 <sup>-10</sup> m
Area	are(s)	a	10 m x 10 m = 100 m <sup>2</sup>
Area	hectárea(s)	ha	10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> = hm <sup>2</sup>
Presión	bar(s)	bar	1.0 x 10 <sup>5</sup> Pa = 100 kPa
Presión	mm de mercurio	mmHg	133.322 Pa
Actividad	curie(s)	Ci	3.7 x 10 <sup>10</sup> Bq = 37 GBq

\* (s) usado para plural.

Para la materia sólida se usa kg cuando la muestra es medida en masa, y  $\text{dm}^3$  cuando es medida en volumen. La masa es una magnitud que mide una sustancia, compuesto o materia definida. Por lo tanto, la masa no es seca, no es fresca y mucho menos viva (biomasa) o muerta (necromasa) o metálica (metalomasa).

El BIPM, en las Conferencias Generales de Pesos y Medidas, además de definir las magnitudes, dimensiones y unidades, aprobó una serie de normas para el uso adecuado del SI. Algunas de estas normas son:

- Los nombres de las unidades son seguidas de la letra s cuando están en plural, salvo aquellas que terminan en s, x ó z.
- Los símbolos representativos de las magnitudes (variables) deben representarse por letras del alfabeto latino o griego, impresas en tipo itálica.
- Las dimensiones deben representarse por caracteres de tipo romano vertical.
- Para armonizar el valor numérico con las unidades, estas deben estar precedidas (sin espacio) por el prefijo que permita indicar valores entre 0.1 y 999 en la unidad del numerador. En la unidad del denominador se debe utilizar la que indique la magnitud unitaria de la muestra, así, para experimentos y levantamientos en el campo se utiliza generalmente la hectárea (ha), en laboratorio, para medidas de masa se utiliza el kg (unidad base para masa), y para mantener concordancia con kg se recomienda que en muestras medidas en volumen de sólido o de gas se use el  $\text{dm}^3$  y para volumen de líquidos el L.
- Se debe tener mucho cuidado con el uso de prefijos porque, junto a la unidad base, estos afectan los resultados de las operaciones algebraicas. Por ejemplo:  $\text{hm}^2 = (100 \text{ m})^2 = 10\,000 \text{ m}^2$ .
- Los autores pueden escoger la manera de escribir las unidades de entre las siguientes formas: kg/kg o  $\text{kg kg}^{-1}$ .
- Siempre debe dejarse un espacio entre el valor numérico y el símbolo de la unidad. Esto es válido para todas las unidades, incluyendo % y  $^{\circ}\text{C}$ .
- En la presentación de valores numéricos no debe utilizarse dígitos y letras. Por ejemplo, la expresión de superficie cultivada de 800 millones de hectáreas, debe presentarse como 800 000 000 hectáreas u 800 000 000 ha o mejor 800 Mha.
- En la notación numérica se debe dejar un espacio entre grupos de tres dígitos, tanto a la izquierda como a la derecha de la separación de decimales. En números con cuatro decimales, se puede o no omitir este espacio en el extremo a la izquierda o derecha. Por ejemplo: 2008; 1325; 12 500; 160 012.12; 10 125.143 63; 18.149 652 2347; 2 450.133 3467.

- Por ejemplo, cuando un investigador dice que se muestreó una capa de suelo de 0.000 a 0.025 m, se puede observar que:
  - ~ No se cumple la recomendación de que el valor esté entre 0.1 y 999.
  - ~ Se desconoce la existencia y la importancia de c (centi), pues es más simple y coloquial el indicar de 0.0 a 2.5 cm.
  - ~ No se cumple con la responsabilidad social de divulgar completamente el sistema de unidades que debe ser de uso común por parte de toda la población.

Cuando un autor dice que la producción de maíz fue de  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , viene la pregunta: porqué no utilizar  $\text{t ha}^{-1}$ , si t es una unidad de uso aceptado en el SI, sin limitación de plazo, y ha es una unidad temporalmente aceptada para el uso con el SI? Para ser purista en el uso del SI, se debería utilizar  $\text{Mg hm}^{-2}$ . Sin embargo puede imaginarse a alguien pidiendo que le vendan 5 Mg de arena de construcción?

Por compromiso con los lectores y por respeto a las resoluciones de organismos nacionales, tenemos la responsabilidad de captar la información de la literatura, expresada en sistemas de unidades exógenos y, o, discontinuados y transmitirla en el SI.

A parte de esto, tenemos la responsabilidad de integrar la comunidad científica con la sociedad civil por medio del uso de un lenguaje simple, claro y directo, de acuerdo con el SI, colaborando además para su divulgación.

## Bibliografía

- BIPM, 2006. Bureau International de Poids et Mesures. Sistema Internacional de Unidades - SI. Última modificación: 11/01/2007. Resumen de la publicación del BIPM. Actualizado en Feb. 2006. Disponible en: [www.bipm.org/en/si](http://www.bipm.org/en/si). Consultado el 11/02/2007
- BIPM, 2007. Bureau International de Poids et Mesures. Non-SI units accepted for use with the SI, and units based on fundamental constants. Última modificación: 11/01/2007. Disponible en: [www.bipm.org](http://www.bipm.org) Consultado el 19/01/2007
- Brasil, N.I. 2002. Sistema internacional de unidades: grandezas físicas e físico-químicas; recomendação das normas ISO para terminología e símbolos. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda. 125 p.
- Franco García, A. 2007. Sistema internacional de unidades. Disponible en: [www.sc.edu.es](http://www.sc.edu.es) Consultado el: 29/01/2007.
- INMETRO, 2007a. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Metrologia Legal. Resolução nº 11, de 12 de outubro de 1988. Disponible en: [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br). Consultado el: 6/01/2007a.
- INMETRO, 2007b. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Unidades legais de medida: o sistema internacional de unidades - SI. Disponible en: [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br). Consultado el: 16/01/2007b.\*