



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**i**ngeniería  
y **d**iseño  
**industrial**

# Sistema Internacional de Unidades



## Magnitud

- Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede expresarse **cuantitativamente** mediante un número y una referencia (normalmente, una unidad de medida).
- Puede ser:
  - Escalar, Vectorial, Tensorial
  - Física, Química, Biológica
  - Básica, Derivada
  - **General** (longitud, tiempo, masa, temperatura), **Particular** (longitud de una pieza, resistencia eléctrica de un componente electrónico, volumen de un matraz aforado).



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Sistema de magnitudes

- Conjunto de magnitudes relacionadas entre sí mediante ecuaciones no contradictorias

### Magnitud Básica

magnitud de un subconjunto elegido **por convenio**, dentro de un sistema de magnitudes dado, de tal manera que ninguna magnitud del subconjunto pueda ser expresada en función de las otras.

Las magnitudes básicas se consideran independientes entre sí, dado que una magnitud básica no puede expresarse mediante un producto de potencias de otras magnitudes básicas (Ej.: L, M y T en el campo de la mecánica)(7 en el SI)

### Magnitud Derivada

magnitud, dentro de un sistema de magnitudes, definida en función de las magnitudes básicas de ese sistema (Ej.: velocidad).



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Sistema de Unidades

- Conjunto de unidades básicas, derivadas, múltiplos y submúltiplos, definidos conforme a reglas dadas, en un sistema de magnitudes dado. (Ejs.: Sistemas CGS, MKS, SI)

### Unidad de medida

Magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número

### Símbolo de la unidad

**Signo convencional** que designa a la unidad de medida (Ejs.: m, A, K)



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Unidad de medida derivada coherente

- Unidad derivada que, para un sistema de magnitudes y un conjunto de unidades básicas dados, es producto de potencias de unidades básicas con factor de proporcionalidad 1.

(NOTA: Una unidad puede ser coherente en un Sistema y no serlo en otro)

### Sistema coherente de unidades de medida

Sistema de unidades basado en un sistema de magnitudes determinado, en el que la unidad de medida de cada magnitud derivada es una unidad derivada coherente.

(Ejs.: m, kg, s, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, Hz = s<sup>-1</sup>, m·s<sup>-1</sup>, m·s<sup>-2</sup>, kg·m<sup>-3</sup>,  
Pa = kg·m<sup>-1</sup>·s<sup>-2</sup>, J = kg·m<sup>2</sup>·s<sup>-2</sup>, W = kg·m<sup>2</sup>·s<sup>-3</sup>)



## Sistema Internacional de Unidades (SI)

- Para establecer un sistema de unidades, tal como el Sistema Internacional de Unidades, es necesario en primer lugar establecer un sistema de magnitudes, que incluya una serie de ecuaciones que definan las relaciones entre estas magnitudes.
  - *La magnitud velocidad  $v$ , puede expresarse en función de las magnitudes distancia ( $x$ ), y tiempo ( $t$ ) por medio de la ecuación  $v = dx/dt$ .*
- El sistema de magnitudes a utilizar con el SI, incluyendo las ecuaciones que relacionan las magnitudes, esta formado, en realidad, por las magnitudes y ecuaciones de la física, bien conocidas por los científicos, técnicos e ingenieros.
  - *Muchas de las magnitudes, sus nombres y símbolos recomendados y las ecuaciones que las relacionan, están recogidas en las normas internacionales ISO 31 y CEI 60027.*



## Sistema Internacional de Unidades (SI)

- La 9ª CGPM (1948) encargó al CIPM: "Hacer recomendaciones sobre el establecimiento de un **sistema práctico de unidades de medida**, susceptible de ser adoptado por todos los países firmantes de la Convención del Metro (1.875).
- La 10ª CGPM (1954) adoptaron como unidades básicas las unidades de las siete magnitudes siguientes: **longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa**.
- La 11ª CGPM (1960) adoptó el nombre de **Sistema Internacional de Unidades, con la abreviatura internacional SI** y estableció las reglas para los prefijos, las unidades derivadas, las antiguas unidades suplementarias y otras cuestiones, estableciendo, una **reglamentación exhaustiva para las unidades de medida**.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Sistema Internacional de Unidades (SI)

- Sistema de unidades basado en el Sistema Internacional de Magnitudes, con nombres y símbolos de unidades, prefijos con nombres y símbolos, y reglas de utilización, adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM)

### Sistema legal de medida en España:

**Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre**

**Ley 32/2014, de 22/12, de Metrología**

**Real Decreto 244/2016, de 3 de junio**



## Sistema Internacional de Unidades (SI)

Unidad Básica SI		
Magnitud básica	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad eléctrica	amperio	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd



## Ejemplos de unidades SI derivadas

Magnitud derivada		Unidad SI derivada coherente	
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
área, superficie	$A$	metro cuadrado	$m^2$
volumen	$V$	metro cúbico	$m^3$
velocidad	$v$	metro por segundo	$m/s$
aceleración	$a$	metro por segundo cuadrado	$m/s^2$
número de ondas	$\sigma, \tilde{\nu}$	metro a la potencia menos uno	$m^{-1}$
densidad, masa en volumen	$\rho$	kilogramo por metro cúbico	$kg/m^3$
densidad superficial	$\rho_A$	kilogramo por metro cuadrado	$kg/m^2$
volumen específico	$v$	metro cúbico por kilogramo	$m^3/kg$
densidad de corriente	$j$	amperio por metro cuadrado	$A/m^2$
campo magnético	$H$	amperio por metro	$A/m$
concentración de cantidad de sustancia <sup>(a)</sup> , concentración	$c$	mol por metro cúbico	$mol/m^3$
concentración másica	$\rho, \gamma$	kilogramo por metro cúbico	$kg/m^3$
luminancia	$L_v$	candela por metro cuadrado	$cd/m^2$
índice de refracción <sup>(b)</sup>	$n$	uno	1
permeabilidad relativa <sup>(b)</sup>	$\mu_r$	uno	1



## Ejemplos de unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales

Magnitud derivada	Unidad SI derivada coherente <sup>(a)</sup>			
	Nombre	Símbolo	Expresión mediante otras unidades SI	Expresión en unidades SI básicas
ángulo plano	radián <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
ángulo sólido	estereorradián <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
frecuencia	hercio <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
fuerza	newton	N		m kg s <sup>-2</sup>
presión, tensión	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
energía, trabajo, cantidad de calor	julio	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
potencia, flujo energético	vatio	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
carga eléctrica, cantidad de electricidad	culombio	C		s A
diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz	voltio	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
capacidad eléctrica	faradio	F	C/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
resistencia eléctrica	ohmio	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
conductancia eléctrica	siemens	S	A/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
flujo magnético <sup>(h)</sup>	weber	Wb	V s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
densidad de flujo magnético <sup>(i)</sup>	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
inductancia	henrio	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
temperatura Celsius	grado Celsius <sup>(e)</sup>	°C		K



## Ejemplos de unidades derivadas, a partir de las que tienen nombre especiales

Magnitud derivada	Unidad SI derivada coherente		
	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI básicas
viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa s	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-1}$
momento de una fuerza	newton metro	N m	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
tensión superficial	newton por metro	N/m	$\text{kg s}^{-2}$
velocidad angular	radián por segundo	rad/s	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
aceleración angular	radián por segundo cuadrado	rad/s <sup>2</sup>	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
densidad superficial de flujo térmico irradiancia	watio por metro cuadrado	W/m <sup>2</sup>	$\text{kg s}^{-3}$
capacidad térmica, entropía	julio por kelvin	J/K	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$
capacidad térmica másica, entropía másica	julio por kilogramo y kelvin	J/(kg K)	$\text{m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$
energía másica	julio por kilogramo	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
conductividad térmica	watio por metro y kelvin	W/(m K)	$\text{m kg s}^{-3} \text{K}^{-1}$
densidad de energía	julio por metro cúbico	J/m <sup>3</sup>	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
campo eléctrico	voltio por metro	V/m	$\text{m kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
densidad de carga eléctrica	culombio por metro cúbico	C/m <sup>3</sup>	$\text{m}^{-3} \text{s A}$
densidad superficial de carga eléctrica	culombio por metro cuadrado	C/m <sup>2</sup>	$\text{m}^{-2} \text{s A}$



## Múltiplos y submúltiplos decimales

<b>Factor</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Factor</b>	<b>Prefijo</b>	<b>Símbolo</b>
$10^{24}$	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	μ
$10^{12}$	tera	T	$10^{-9}$	nano	n
$10^9$	giga	G	$10^{-12}$	pico	p
$10^6$	mega	M	$10^{-15}$	femto	f
$10^3$	kilo	k	$10^{-18}$	atto	a
$10^2$	hecto	h	$10^{-21}$	zepto	z
$10^1$	deca	da	$10^{-24}$	yocto	y



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Escritura de símbolos, nombres y números

- Los **símbolos** de las unidades SI se expresan en caracteres tipo romano, en minúsculas. Cuando dichos símbolos corresponden a unidades derivadas de nombres propios, su letra inicial es mayúscula.
- Los **símbolos** no van seguidos de punto, ni toman la s para el plural.
- El **símbolo** de la unidad sigue al símbolo del prefijo, sin espacio.
- El producto de los **símbolos** de dos o más unidades se indica preferentemente por medio de un punto, como símbolo de multiplicación.



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Escritura de símbolos, nombres y números

- Cuando una unidad derivada sea el cociente de otras dos, puede utilizarse la barra oblicua (/), la barra horizontal, o bien potencias negativas, para evitar el denominador
- Los **nombres** de las unidades debidos a nombres propios de científicos eminentes deben escribirse con idéntica ortografía que el nombre de éstos, pero con minúscula inicial, aunque se siguen aceptando sus denominaciones castellanizadas(\*) de uso habitual, siempre que estén reconocidas por la Real Academia Española (ej: amperio, julio, ohmio)
- Los **nombres** de las unidades toman una s (o es) en el plural, salvo que terminen en s, x o z (ej: 10 newtons).



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Escritura de símbolos, nombres y números

(\*)

En 1972 ... en el CIPM ... se discutió una cuestión que afectaba directamente a España y, por tanto, a Otero. Al parecer, tras aprobarse el folleto que recogía el Sistema Internacional de Unidades (SI), se había procedido a su traducción a varias lenguas, entre ellas al español. Algunos miembros del Comité Consultivo de Unidades habían realizado objeciones al folleto español, pues no coincidía la traducción española con la internacional; por ejemplo, en España se hablaba de "voltio" cuando se debería escribir "volt". Otero, conocedor del asunto, señaló que ésta había sido una cuestión muy debatida en el seno de la academia española correspondiente; que se intentaría en un futuro no modificar los nombres adoptados a nivel internacional, pero que para los que ya venían utilizándose desde hacía tiempo, y estaban consagrados por la tradición popular, la rectificación iba ser poco menos que imposible.

De "José María Otero Navascués: Fundador de la metrología española en el siglo XX", Carlos Pérez Fernández- Turégano, e-medida, Revista española de metrología, nº 2, julio 2012.



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de longitud: El metro (m)**

La definición del metro de 1889 basada en el prototipo internacional de platino iridiado fue reemplazada durante la 17ª CGPM (1983) que estableció la definición actual:

**El metro es la longitud de la trayectoria recorrida en el vacío por la luz durante un tiempo de 1/299 792 458 de segundo.**

De aquí resulta que la velocidad de la luz en el vacío es igual a 299 792 458 metros por segundo exactamente,  $c_0 = 299\,792\,458$  m/s.

El prototipo internacional del metro original, que se aprobó en la 1ª CGPM en 1889 (CR, 34-38), sigue conservándose en el BIPM, en las condiciones establecidas en 1889.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

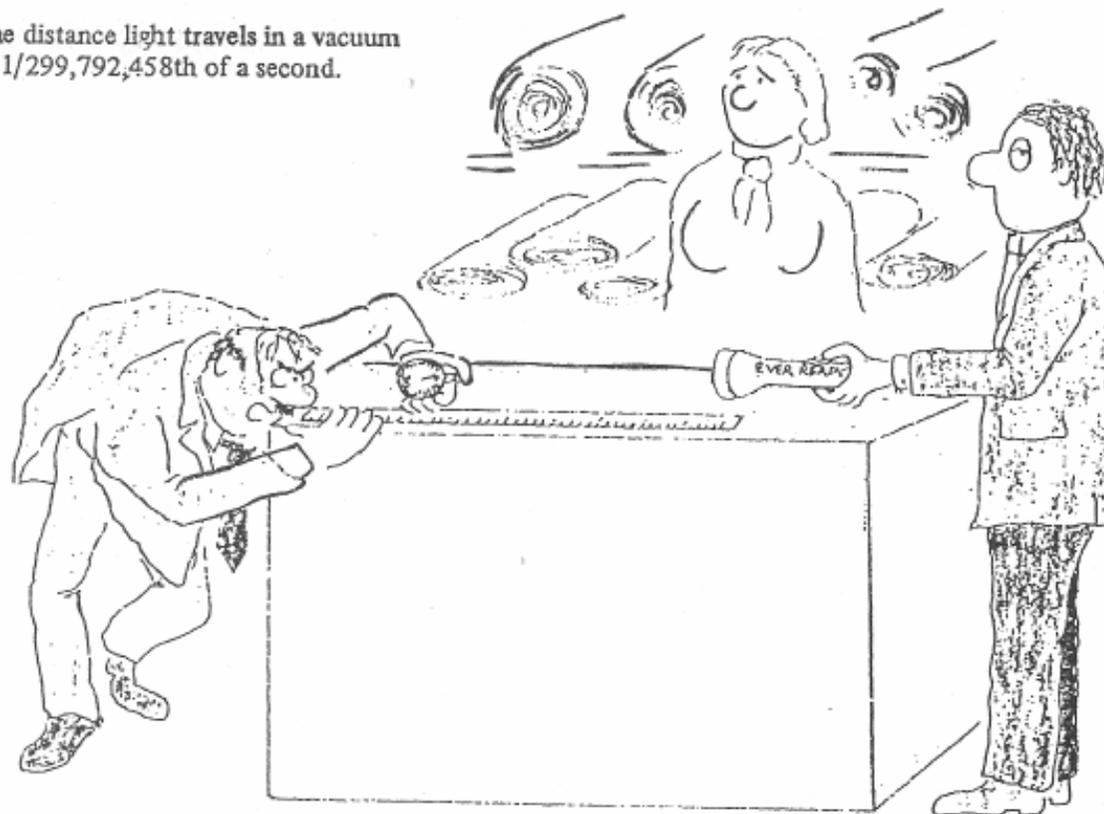
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

THE METRE: The distance light travels in a vacuum  
in  $1/299,792,458$ th of a second.



"OK LAD, WHEN I SAY GO, SWITCH ON!"



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de longitud: El metro (m)**

El Comité Internacional de Pesas y Medidas recomendó (Rec. 1, CI-1983) realizar esta definición, de forma práctica, empleando uno de los siguientes métodos:

*por medio de una de las radiaciones de una larga lista (la cual se ha ido ampliando a lo largo del tiempo), pudiendo utilizar tanto las longitudes de onda en el vacío como las frecuencias de emisión, siempre que se siguieran en cada caso una serie de especificaciones y buenas prácticas recomendadas;*



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de longitud: El metro (m)**

*El patrón nacional de Longitud, mantenido, conservado y custodiado por el Centro Español de Metrología, consiste en una radiación monocromática de luz coherente cuyo valor de frecuencia ha sido establecido por el Comité Internacional de Pesas y Medidas, considerándose para la velocidad de la luz en el vacío el valor de 299.792.458 m/s, según Resolución de la XVII Conferencia General de Pesas y Medidas.*

*La conservación del patrón se realiza mediante láseres de helio-neón estabilizados sobre una componente de la estructura hiperfina de la transición 11-5 R (127) de la molécula del iodo 127, cuya longitud de onda en el vacío tiene una incertidumbre típica relativa de 2,5 por  $10^{-11}$  según la Recomendación 3 (CI-1992) del Comité Internacional de Pesas y Medidas. Estos láseres se comparan periódicamente con el patrón internacional conservado por el Bureau Internacional de Pesas y Medidas.*



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Definición de las unidades básicas del SI

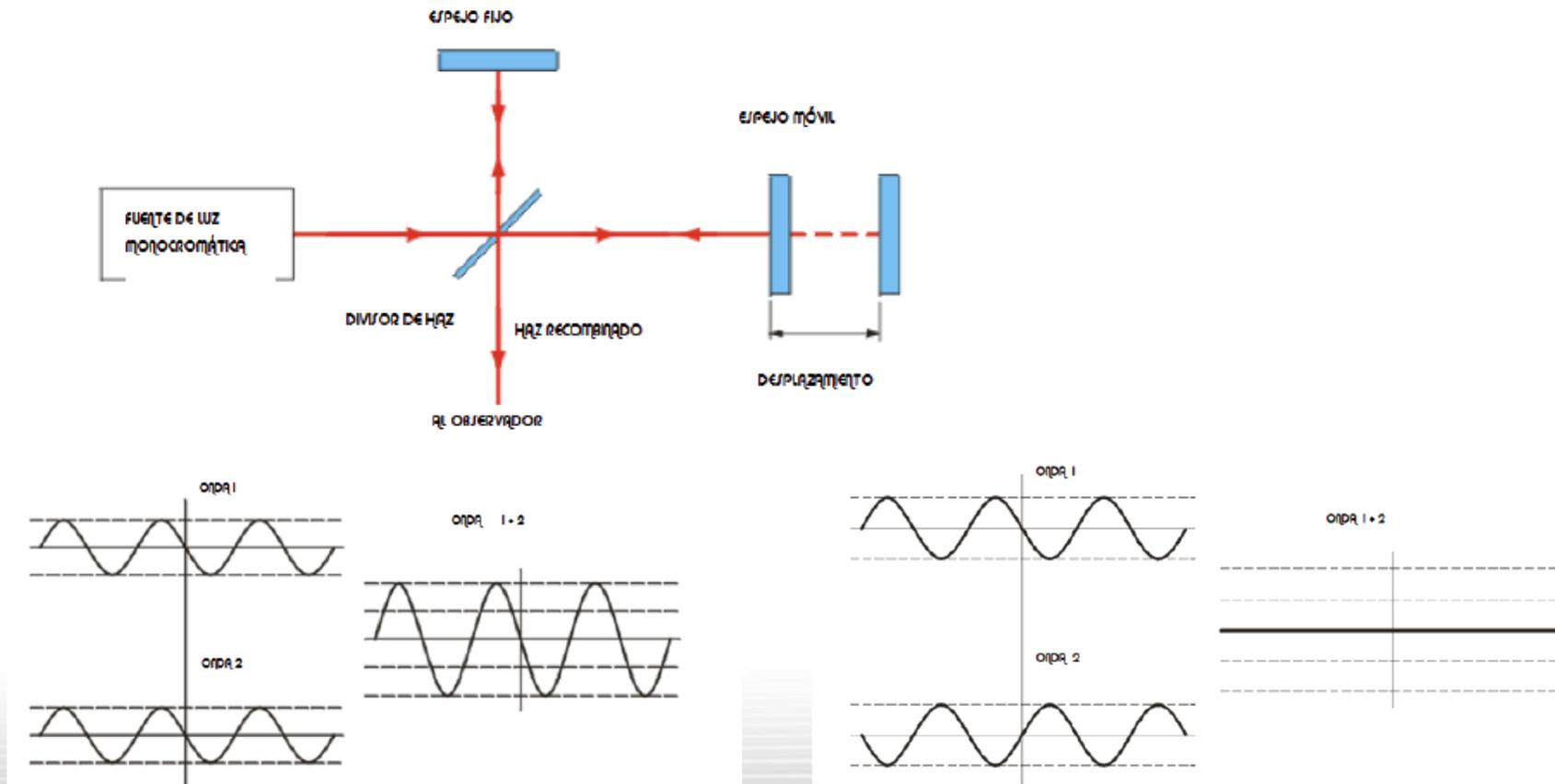
- **Unidad de longitud: El metro (m)**





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de longitud: El metro (m)**





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de masa: El kilogramo (kg)**

El prototipo internacional del kilogramo, un patrón materializado fabricado en platino iridiado, se conserva en el BIPM en las condiciones establecidas por la 1ª CGPM en 1889 (CR, 34-38).

**El kilogramo es la unidad de masa; es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo.**

De aquí resulta que la masa del prototipo internacional del kilogramo es siempre igual a 1 kilogramo exactamente. Debido a la inevitable acumulación de partículas sobre sus superficies, el prototipo internacional está sujeto a una contaminación superficial reversible del orden de 1  $\mu\text{g}$  de masa por año.

La masa de referencia del prototipo internacional es la que posee inmediatamente después de una limpieza y lavado según un método específico. La masa de referencia así definida se emplea para calibrar los patrones nacionales de platino iridiado



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de masa: El kilogramo (kg)**

El Patrón Nacional de Masa, declarado como tal en el Real Decreto 648/1994 de 15 de abril, mantenido, conservado y custodiado por el CEM, es la copia nº 24 del Prototipo Internacional del Kilogramo y fue construido en 1889, en la aleación de platino–iridio (90/10). Los prototipos nacionales se envían al BIPM para efectuar verificaciones periódicas con copias del IPK, para obtener su trazabilidad al patrón internacional.

Fue construido en 1889 en aleación de platinoiridio, al 10 por 100 de iridio. Lleva grabado sobre su superficie, a los dos tercios de altura, el número 24. Está conservado y mantenido según los criterios indicados por el Comité Internacional de Pesas y Medidas. La masa del patrón nacional es de 0,999 999 890 kg, con una incertidumbre combinada (para  $K = 1$ ) asociada de 2,3  $\mu\text{g}$ . Este valor ha sido determinado con dos prototipos de platino-iridio del Bureau Internacional de Pesas y Medidas durante la 3ª Comparación Internacional que finalizó en mayo de 1993



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

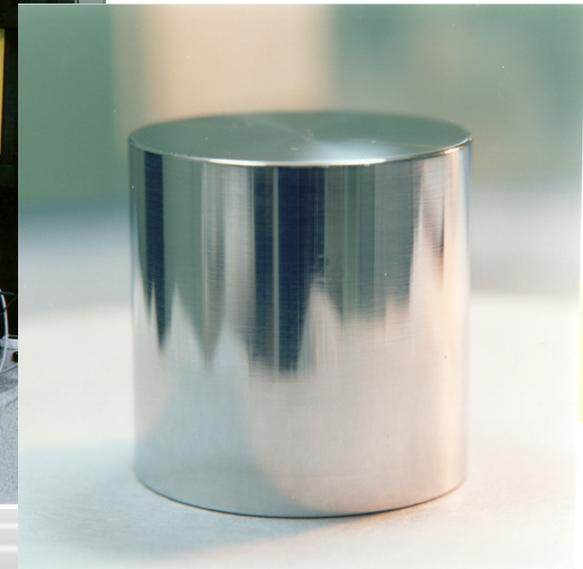
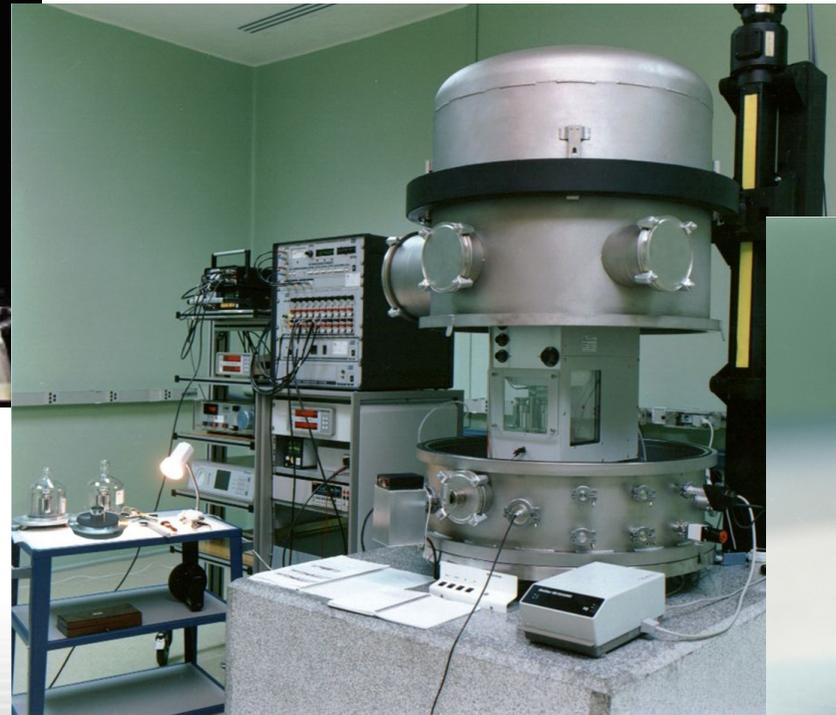
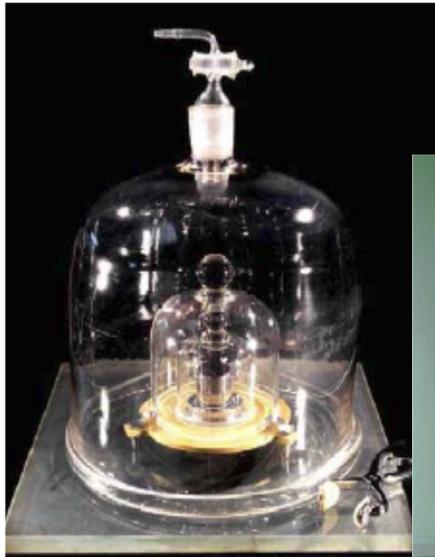
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de masa: El kilogramo (kg)**





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de tiempo: El segundo (s)**

Considerando que para la ciencia y la tecnología era indispensable una definición muy precisa de la unidad de tiempo, la 13<sup>a</sup> CGPM (1967/68) definió el segundo como sigue:

**El segundo es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.**

De aquí resulta que la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental del átomo de cesio es igual a 9 192 631 770 Hz. En su reunión de 1997, el CIPM confirmó que esta definición se refiere a un átomo de cesio en reposo, a una temperatura de 0 K.



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de tiempo: El segundo (s)**

El Patrón nacional de Tiempo, conservado, mantenido y custodiado, bajo la supervisión y coordinación del Centro Español de Metrología, por el Laboratorio de la Sección de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (ROA), es realizado por medio de un conjunto de osciladores (7 relojes atómicos de cesio) referidos permanentemente a la frecuencia de la transición cuántica del átomo de cesio, establecida en la XIII Conferencia General de Pesas y Medidas (1967) para la definición del segundo.

Está conservado mediante un conjunto de relojes atómicos de cesio con una incertidumbre relativa estimada de  $10^{-13}$  en un tiempo de integración superior a  $10^5$ s.



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

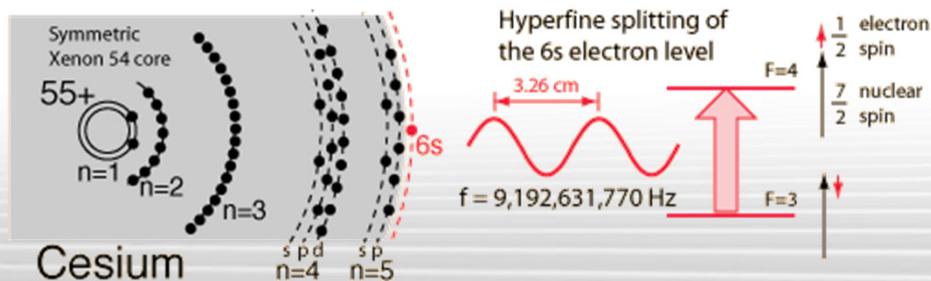
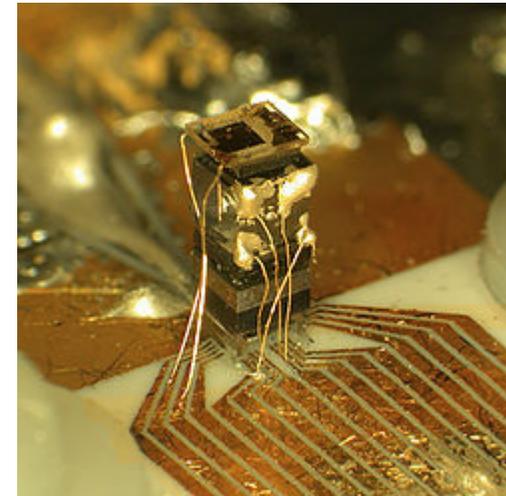
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- Unidad de tiempo: El segundo (s)





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad de corriente eléctrica: El Amperio (A)**

La 9ª CGPM (1948) que adoptó el amperio como unidad de intensidad de corriente eléctrica, de acuerdo con la definición siguiente:

**El amperio es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de 1 metro uno del otro, en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de longitud.**

De aquí resulta que la constante magnética,  $\mu_0$ , también conocida como permeabilidad del vacío, es exactamente igual a  $4\pi \times 10^{-7}$  henrio por metro,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m.



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad de corriente eléctrica: El Amperio (A)**

El patrón nacional de Intensidad de corriente eléctrica queda establecido a partir de los patrones nacionales de Tensión eléctrica y de Resistencia eléctrica.

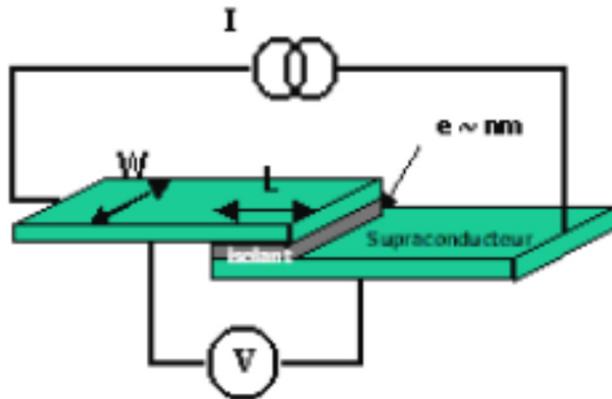
El patrón nacional de Tensión eléctrica es mantenido, conservado y custodiado por el Centro Español de Metrología de acuerdo con la Recomendación 1 (CI-1988) del Comité Internacional de Pesas y Medidas, que adopta, por convención para la constante Josephson, el valor de  $K_{j-90} = 483.597,9 \text{ GHz/V}$ .

Se materializa mediante un grupo de patrones de fuerza electromotriz basados en el efecto Josephson, con una incertidumbre relativa de medida de 2 por  $10^{-8}$ , que ha sido debidamente comparada con otros Institutos Metrológicos Nacionales de países europeos.

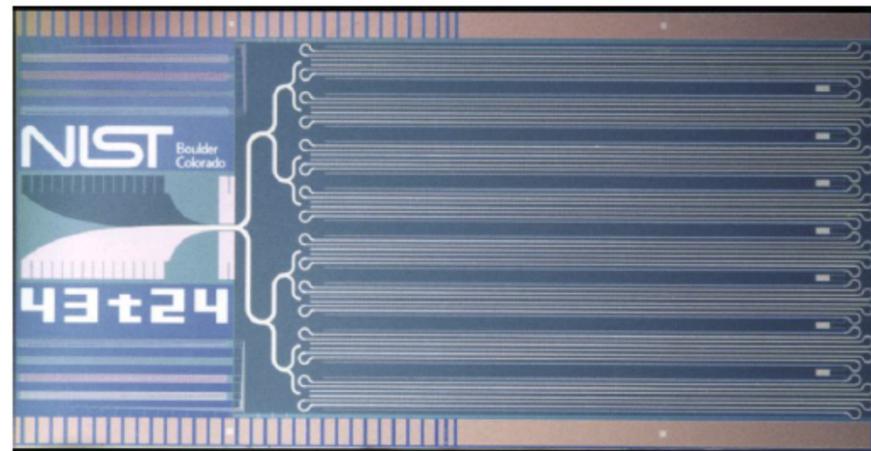


## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad de corriente eléctrica: El Amperio (A)**



$$V = \frac{nh}{2e} f$$





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad de corriente eléctrica: El Amperio (A)**

El patrón nacional de Intensidad de corriente eléctrica queda establecido a partir de los patrones nacionales de Tensión eléctrica y de Resistencia eléctrica.

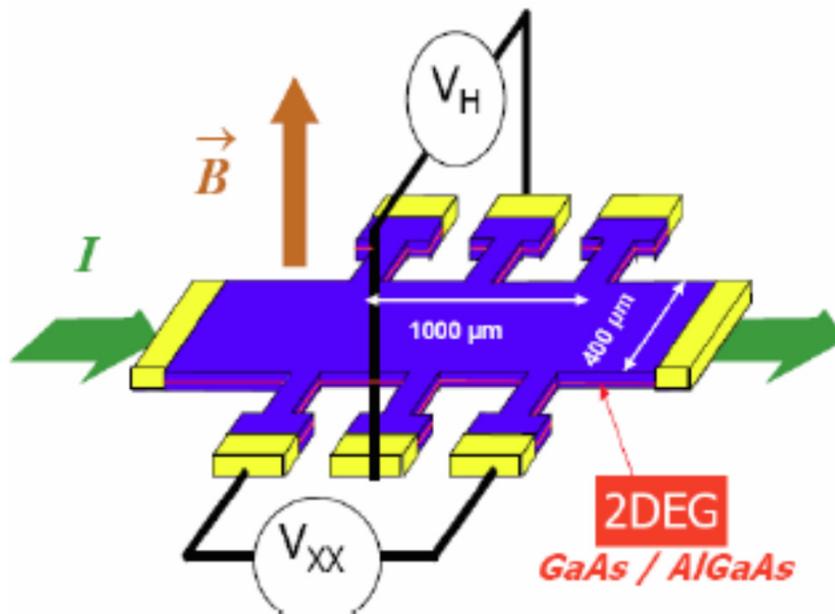
El patrón nacional de Resistencia eléctrica es mantenido, conservado y custodiado por el Centro Español de Metrología de acuerdo con la Recomendación 2 (CI-1988) del Comité Internacional de Pesas y Medidas, que adopta, por convención para la restante de von Klitzing, el valor de  $R_{k-90} = 25.812,807 \Omega$ .

Se materializa mediante un grupo de resistencias patrón basadas en el efecto Hall, con una incertidumbre relativa de medida de 1 por  $10^{-7}$ , que ha sido debidamente comparada con otros Institutos Metrológicos Nacionales de países europeos.



## Definición de las unidades básicas del SI

- Unidad de intensidad de corriente eléctrica: El Amperio (A)



$$\sigma = \nu \frac{e^2}{h}$$





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)**

La definición de la unidad de temperatura termodinámica fue establecida por la 10ª CGPM (1954) que eligió el punto triple del agua como punto fijo fundamental, asignándole la temperatura de 273,16 K por definición.

La 13ª CGPM (1967/68) adoptó el nombre "kelvin", símbolo K, en lugar de "grado Kelvin", símbolo °K y definió la unidad de temperatura termodinámica del siguiente modo:

**El kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.**

De aquí resulta que la temperatura termodinámica del punto triple del agua es igual a 273,16 kelvin exactamente,  $T_{\text{tpw}} = 273,16 \text{ K}$ .



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)**

Esta definición se refiere a un **agua de una composición isotópica definida** por las siguientes relaciones de cantidad de sustancia: 155,76  $\mu\text{mol}$  de  $^2\text{H}$  por mol de  $^1\text{H}$ , 379,9  $\mu\text{mol}$  de  $^{17}\text{O}$  por mol de  $^{16}\text{O}$  y 5,2  $\mu\text{mol}$  de  $^{18}\text{O}$  por mol de  $^{16}\text{O}$ .

La unidad kelvin y su símbolo K se utilizan también para expresar un intervalo o diferencia de temperatura.

Además de la temperatura termodinámica (símbolo  $T$ ), expresada en kelvin, también se utiliza la **temperatura Celsius** (símbolo  $t$ ), definida como  $t = T - T_0$ , donde  $T_0 = 273,15$  K por definición.

Para expresar la temperatura Celsius se utiliza la unidad "**grado Celsius**" que es igual a la unidad "kelvin". Un intervalo o una diferencia de temperatura Celsius pueden expresarse tanto en kelvin como en grados Celsius.



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)**

El patrón nacional de Temperatura termodinámica es mantenido, conservado y custodiado por el Centro Español de Metrología, por medio de la Escala Internacional de Temperatura 1990 (EIT- 90), según la Recomendación 5 (CI-1989) del Comité Internacional de Pesas y Medidas, y que está debidamente comparada con la de otros Institutos Metrológicos Nacionales de países europeos. Está materializado mediante:

1. Puntos fijos de temperatura.
2. Termómetros de resistencia de platino para temperaturas hasta 1.235 K.
3. Termómetros de radiación y lámparas para temperaturas superiores.

La incertidumbre de medida está comprendida entre 0,1 mK y 10 mK para temperaturas de 83,8 a 1.235 K, y entre 0,25 y 3,7 K para temperaturas de 1.235 a 2.500 K.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

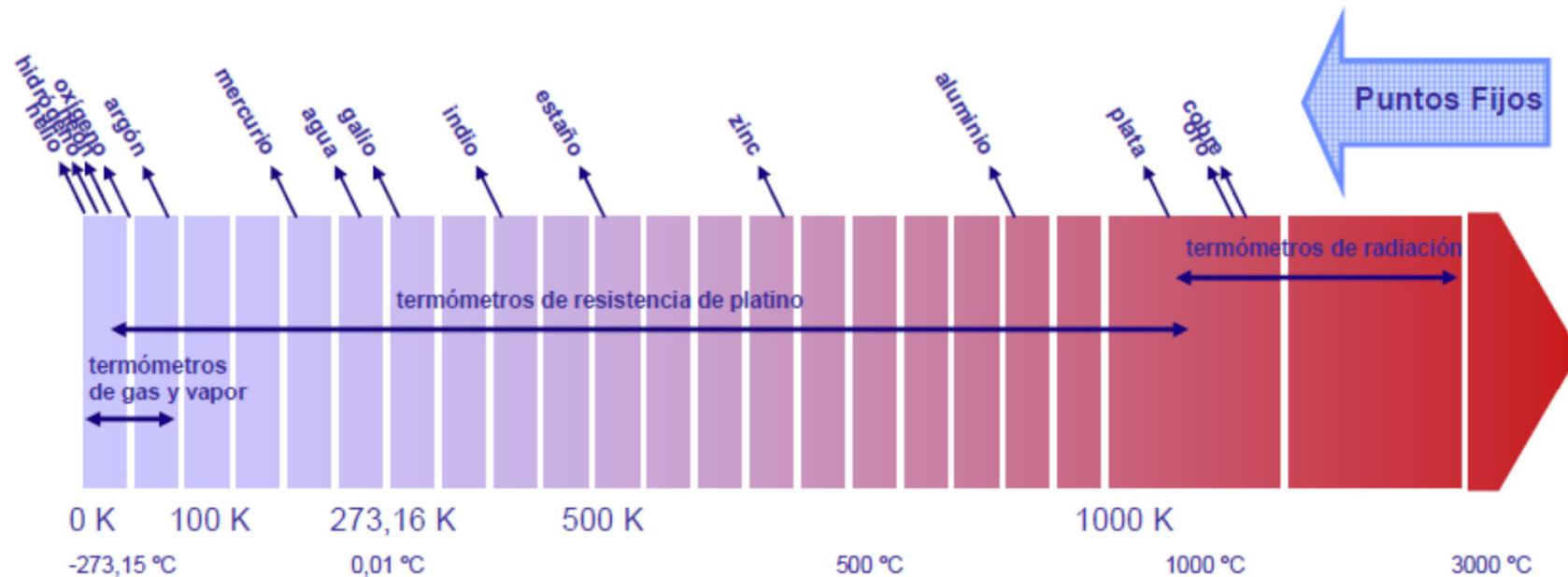
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)



+ Ecuaciones de Interpolación



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

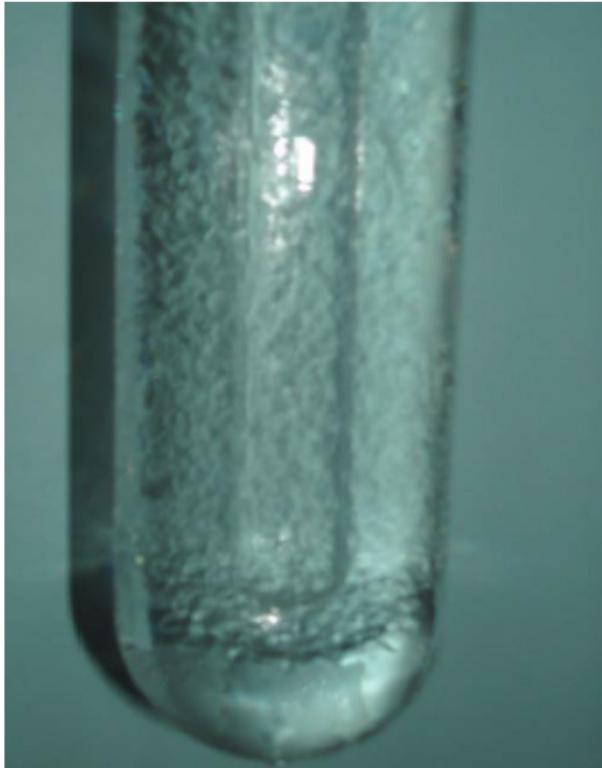
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)**





**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

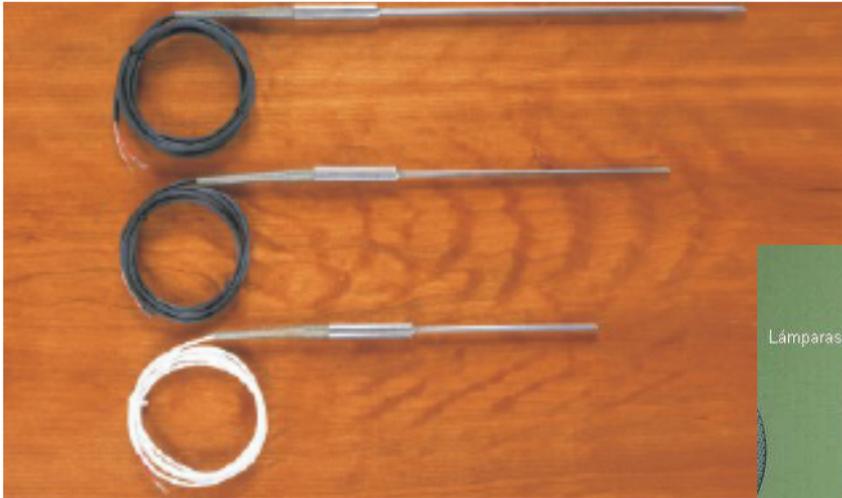
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial**

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de temperatura termodinámica: El kelvin (K)**





## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de cantidad de sustancia: El mol (mol)**

Siguiendo las propuestas de la IUPAP, la IUPAC y la ISO, el CIPM dio una definición del mol que fue adoptada finalmente por la 14<sup>a</sup> CGPM (1971):

1. **El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es "mol".**
2. **Cuando se emplee el mol, deben especificarse las entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas.**

De aquí resulta que la masa molar del carbono 12 es igual a 12 g por mol, exactamente,  
 $M_{(12C)} = 12 \text{ g/mol}$ .



## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad luminosa. La candela (cd)**

La 16ª CGPM (1979) adoptó la siguiente definición de la candela:

**La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  hercios y cuya intensidad energética en dicha dirección de 1/683 vatios por estereorradián.**

De aquí resulta que la eficacia luminosa espectral de una radiación monocromática de frecuencia igual a  $540 \times 10^{12}$  hercio es igual a 683 lúmenes por vatio, exactamente,  $K = 683 \text{ lm/W} = 683 \text{ cd}\cdot\text{sr/W}$ .



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad luminosa. La candela (cd)**

El patrón nacional de Intensidad luminosa es conservado, mantenido y custodiado, bajo la supervisión y coordinación del Centro Español de Metrología, por el Laboratorio de Radiometría y Fotometría del Instituto de Óptica «Daza de Valdés», dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Se realiza por medio de un radiómetro absoluto de sustitución eléctrica que permite medir potencia radiante en voltios. La derivación de la Intensidad luminosa es inmediata a partir de la escala espectrorradiométrica absoluta, aplicando la definición de la candela aprobada por la Conferencia General de Pesas y Medidas en 1979.

La incertidumbre reconocida respecto del valor asignado a la candela en el Sistema Internacional es de 0,2 por 100.



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

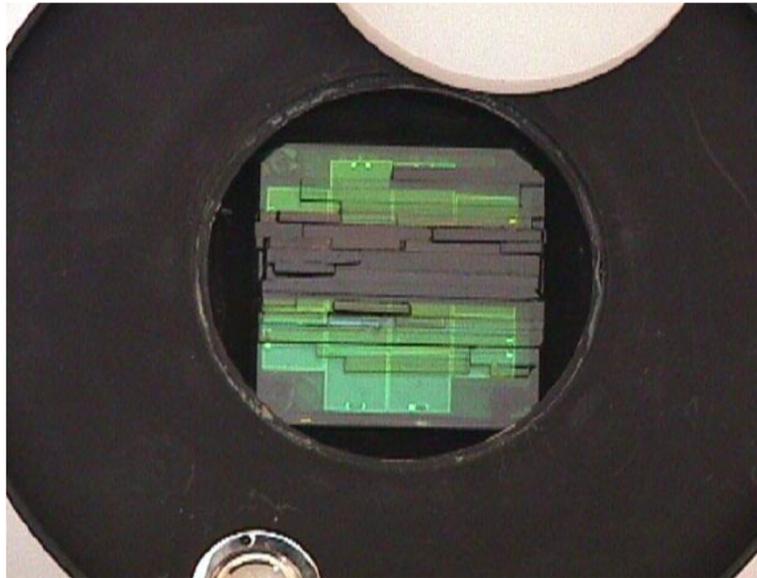
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

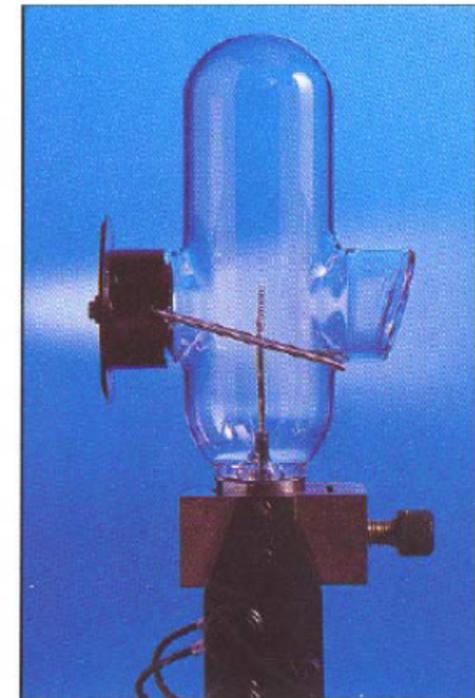
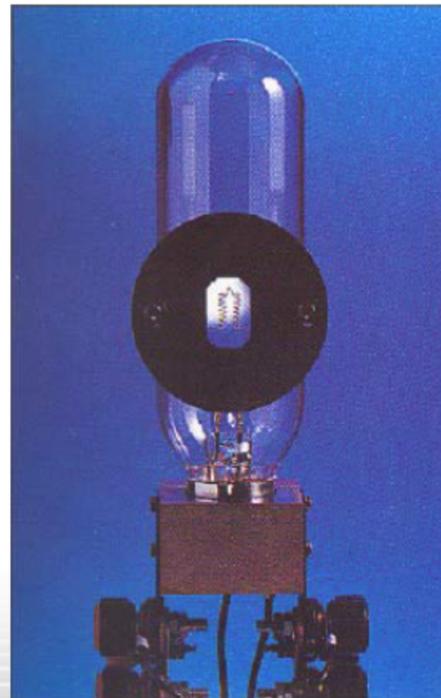
escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Definición de las unidades básicas del SI

- Unidad de intensidad luminosa. La candela (cd)



$$I_v = \frac{K_m \cdot d^2 \cdot FI}{S(555)A}$$





**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

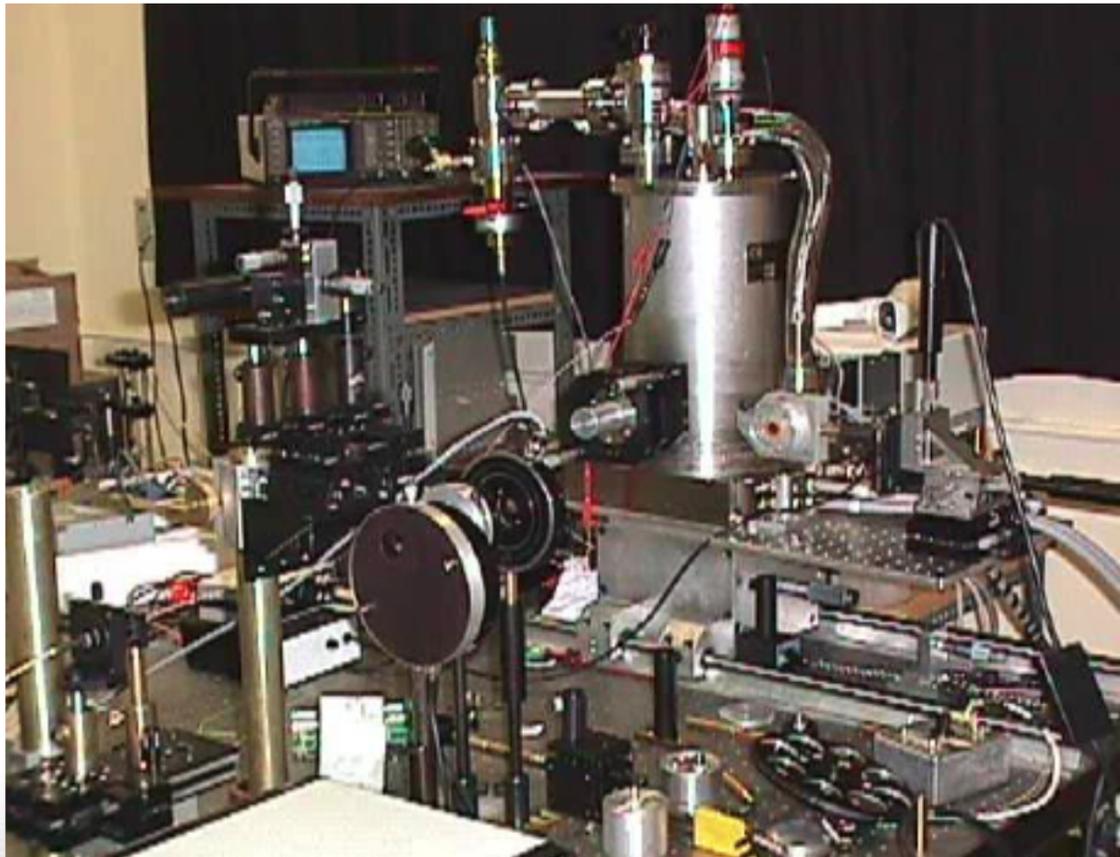
CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
**ingeniería**  
y **diseño**  
**industrial**

## Definición de las unidades básicas del SI

- **Unidad de intensidad luminosa. La candela (cd)**





## Nuevo Sistema Internacional de Unidades

- El actual SI está asentado sobre:
  1. la frecuencia del estado fundamental de la estructura hiperfina del átomo de cesio 133,  $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ , es exactamente 9 192 631 770 Hz;
  2. la velocidad de la luz en el vacío,  $c$ , es exactamente 299 792 458 m/s;
  3. la masa del prototipo internacional del kilogramo  $m(K)$  es exactamente 1 kg;
  4. la constante magnética  $\mu_0$  es exactamente  $4\pi \times 10^{-7}$  N/A<sup>2</sup>;
  5. el punto triple del agua  $T_{\text{TPW}}$  es exactamente 273,16 K;
  6. la masa molar del átomo de carbono 12  $M(^{12}\text{C})$  es exactamente 0,012 kg/mol;
  7. la eficacia luminosa  $K_{\text{cd}}$  de la radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  Hz es exactamente 683 lum/W



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades

- Dado el consenso internacional existente sobre la importancia y beneficios potenciales que tendría la redefinición de determinadas unidades del Sistema Internacional, el Comité Consultivo de Unidades (CCU) preparó un Borrador de Resolución, que fue presentado por el CIPM a aprobación de la 24<sup>a</sup> CGPM en su reunión del 17 al 21 de octubre de 2011, proponiendo la revisión a corto plazo del Sistema Internacional de Unidades (SI), basándolo en cuatro invariantes de la naturaleza:
  1. la constante de Planck,  $h$
  2. la carga elemental,  $e$
  3. la constante de Boltzmann,  $k$
  4. la constante de Avogadro,  $N_A$



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades



<i>Unit</i>		<i>Reference value used to define the unit</i>			
		<u><i>in current SI</i></u>		<u><i>in the new SI</i></u>	
	second, s	$\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$		$\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$	Cs hyperfine splitting
	metre, m	$c$		$c$	speed of light in vacuum
	kilogram, kg	$m(K)$		$h$	Planck constant
	ampere, A	$\mu_0$		$e$	elementary charge
	kelvin, K	$T_{\text{TPW}}$		$k$	Boltzmann constant
	mole, mol	$M(^{12}\text{C})$		$N_A$	Avogadro constant
	candela, cd	$K_{540}$		$K_{540}$	luminous intensity of specified source

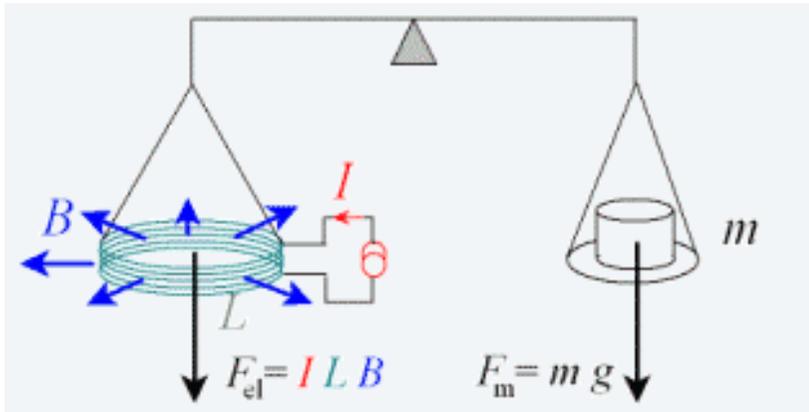


## Motivaciones para el nuevo SI

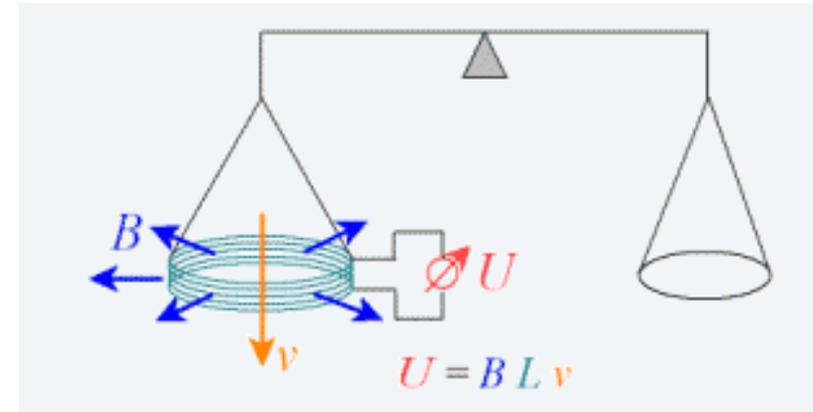
- Una **definición del kilogramo basada en un invariante de la naturaleza**, la constante de Planck, en lugar de en un patrón material, **asegura la estabilidad a largo plazo de la unidad SI de masa y de otras unidades mecánicas del SI**, y permite realizar la unidad SI de masa en cualquier tiempo y lugar, por cualquiera que lo desee;
- valores de  $h$  y  $e$  conocidos con exactitud dan lugar a valores exactos de las constantes de Josephson,  $K_J = 2e/h$ , y de von Klitzing,  $R_K = h/e^2$ , proporcionando así un medio, a través de los efectos Josephson y Hall cuántico, **de realizar el amperio, el voltio, el ohmio y otras unidades eléctricas con una exactitud sin precedentes**, acabando así con las unidades eléctricas convencionales, fuera del SI, del actual sistema;



## Motivaciones para el nuevo SI



$$I \cdot L \cdot B = m \cdot g$$



$$U = v \cdot L \cdot B$$

$$U \cdot I = m \cdot g \cdot v$$

$$m = \frac{u_1' u_2' f_{J,1} f_{J,2}}{r'} \frac{1}{g v} \frac{h}{4}$$



## Motivaciones para el nuevo SI

- Una **definición del kelvin basada en un verdadero invariante de la naturaleza**, la constante de Boltzmann, **permite su realización mediante una amplia variedad de experimentos**, en un amplio rango de temperaturas, frente a una propiedad del agua que solo permite su realización a una única temperatura y que depende del contenido en impurezas, la composición isotópica, etc.;
- la **nueva definición del mol**, independiente de la masa, **ayudará a eliminar el pobre conocimiento actual de la unidad SI básica "cantidad de sustancia"**, y su unidad mol servirá para contar el número de entidades. Ello reflejará también mejor las mediciones más exactas de la cantidad de sustancia, realizadas hoy día universalmente mediante espectrometría de masas y que, esencialmente, es una operación de conteo;



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Motivaciones para el nuevo SI

- Las definiciones de las siete unidades básicas SI, explicitando las constantes de las que derivan, aportarán **mayor simplicidad, uniformidad y fácil comprensión**;
- la **significativa mejora del conocimiento de los valores de las constantes fundamentales** supondrá un importante beneficio para muchos científicos, ingenieros y estudiantes que regularmente utilizan los valores de dichas constantes en su trabajo – no solo  $h$ ,  $e$ ,  $k$  y  $N_A$  serán exactamente conocidas, sino que **muchas otras constantes y factores de equivalencia energética serán también conocidos con exactitud o verán reducidas significativamente sus incertidumbres.**



## Nuevo Sistema Internacional de Unidades

<i>unit</i>	<i>constant used as reference</i>	<i>symbol</i>	<i>uncertainty in the current SI</i>		<i>uncertainty in the new SI</i>	
—	—	—	—	—	—	—
kg	mass of IPK	$m(\mathcal{K})$	exact	0	expt	$5.0 \times 10^{-8}$
	Planck const	$h$	expt	$5.0 \times 10^{-8}$	exact	0
A	magnetic const	$\mu_0$	exact	0	expt	$6.8 \times 10^{-10}$
	elementary charge	$e$	expt	$2.5 \times 10^{-8}$	exact	0
K	temp of TPW	$T_{TPW}$	exact	0	expt	$1.7 \times 10^{-6}$
	Boltzmann const	$k$	expt	$1.7 \times 10^{-6}$	exact	0
mol	molar mass $^{12}\text{C}$	$M(^{12}\text{C})$	exact	0	expt	$1.4 \times 10^{-9}$
	Avogadro const	$N_A$	expt	$5.0 \times 10^{-8}$	exact	0



## Nuevo Sistema Internacional de Unidades

**Relative standard uncertainties for a selection of fundamental constants multiplied by  $10^8$  (i.e. in parts per hundred million)**

constant	current SI	new SI
$m(K)$	0	<b>5.0</b>
$h$	5.0	<b>0</b>
$e$	2.5	<b>0</b>
$k_B$	170	<b>0</b>
$N_A$	5.0	<b>0</b>
$R$	170	<b>0</b>
$F$	2.5	<b>0</b>
$\sigma$	700	<b>0</b>
$m_e$	5.0	<b>0.14</b>
$m_u$	5.0	<b>0.14</b>
$m(^{12}C)$	5.0	<b>0.14</b>
$M(^{12}C)$	0	<b>0.14</b>

constant	current SI	new SI
$\alpha$	0.068	<b>0.068</b>
$K_J$	2.5	<b>0</b>
$R_K$	0.068	<b>0</b>
$\mu_0$	0	<b>0.068</b>
$\epsilon_0$	0	<b>0.068</b>
$Z_0$	0	<b>0.068</b>
$q_P$	2.5	<b>0.034</b>
$J \leftrightarrow kg$	0	<b>0</b>
$J \leftrightarrow m^{-1}$	5.0	<b>0</b>
$J \leftrightarrow Hz$	5.0	<b>0</b>
$J \leftrightarrow K$	170	<b>0</b>
$J \leftrightarrow eV$	2.5	<b>0</b>



## Nuevo Sistema Internacional de Unidades

- La 24ª CGPM aprobó la propuesta de revisión del SI presentada por el CIPM:  
El Sistema Internacional de unidades, SI, es el sistema de unidades dimensionado de forma que:
  1. La frecuencia del estado fundamental de la estructura hiperfina del átomo de cesio,  $133 \Delta\nu({}_{133}\text{Cs})_{h_{fs}}$ , es exactamente 9 192 631 770 Hz,
  1. la velocidad de la luz en el vacío,  $c$ , es exactamente 299 792 458 m/s,
  2. la constante de Planck,  $h$ , es exactamente  $6,626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$  J·s,
  3. La carga elemental,  $e$ , es exactamente  $1,602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$  C,
  4. La constante de Boltzmann,  $k$ , es exactamente  $1,380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$  J/K
  5. La constante de Avogadro,  $N_A$ , es exactamente  $6,022\ 14\text{X} \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>,
  6. La eficacia luminosa,  $K_{cd}$ , de la radiación monocromática de  $540 \times 10^{12}$  Hz es exactamente 683 lm/W.

X representa el dígito o dígitos a añadir al valor numérico precedente, tomados de las últimas determinaciones aprobadas por CODATA.



## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones

- El **kilogramo** continuará siendo la unidad de masa;  
su magnitud se obtendrá fijando el valor numérico de la constante de Planck como exactamente igual a  $6,626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$  cuando se expresa en unidades SI como  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , igual a  $\text{J} \cdot \text{s}$ .
- El **ampere** continuará siendo la unidad de corriente eléctrica;  
su magnitud se obtendrá fijando el valor numérico de la carga elemental como exactamente igual a  $1,602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$  cuando se expresa en unidades SI como  $\text{s} \cdot \text{A}$ , igual a  $\text{C}$ .
- El **kelvin** continuará siendo la unidad de temperatura termodinámica;  
su magnitud se obtendrá fijando el valor numérico de la constante de Boltzmann como exactamente igual a  $1,380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$  cuando se expresa en unidades SI como  $\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , igual a  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ .



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones

- El **mol** continuará siendo la unidad de cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada: átomo, molécula, ion, electrón o cualquier otra partícula o grupo especificado de partículas ;  
su magnitud se obtendrá fijando el valor numérico de la constante de Avogadro como exactamente igual a  $6,022\ 14 \times 10^{23}$  cuando se expresa en la unidad SI mol<sup>-1</sup>.
- El **segundo** es la unidad de tiempo;  
su magnitud se obtiene fijando el valor numérico de la frecuencia del estado fundamental de la estructura hiperfina del átomo de Cs 133 en reposo y a la temperatura 0 K, como exactamente igual a 9 192 631 770 cuando se expresa en la unidad SI s<sup>-1</sup>, igual a Hz.



POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones

- El **metro** es la unidad de longitud;  
su magnitud se obtiene fijando el valor numérico de la velocidad de la luz en el vacío como exactamente igual a 299 792 458 cuando se expresa en la unidad SI  $m \cdot s^{-1}$ .
- La **candela** es la unidad de intensidad luminosa;  
su magnitud se obtiene fijando el valor numérico de la eficacia luminosa de una radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  Hz como exactamente igual a 683 cuando se expresa en unidades SI como  $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot cd \cdot sr$ ,  
igual a  $lm \cdot W^{-1}$ .



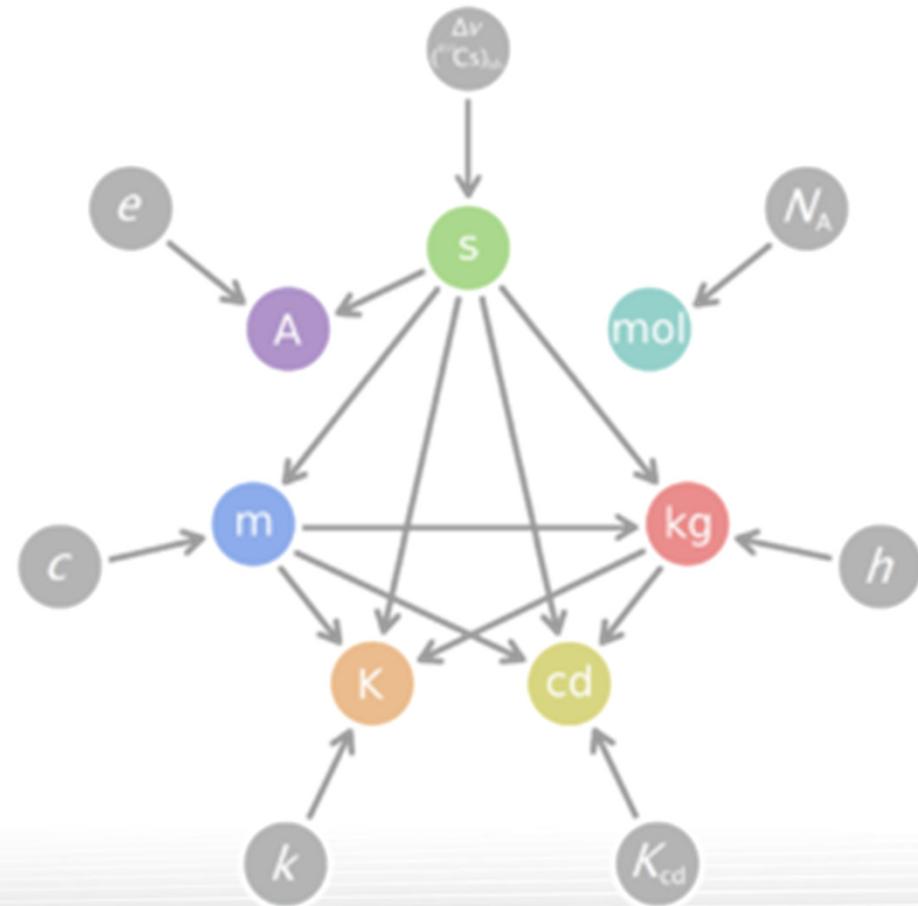
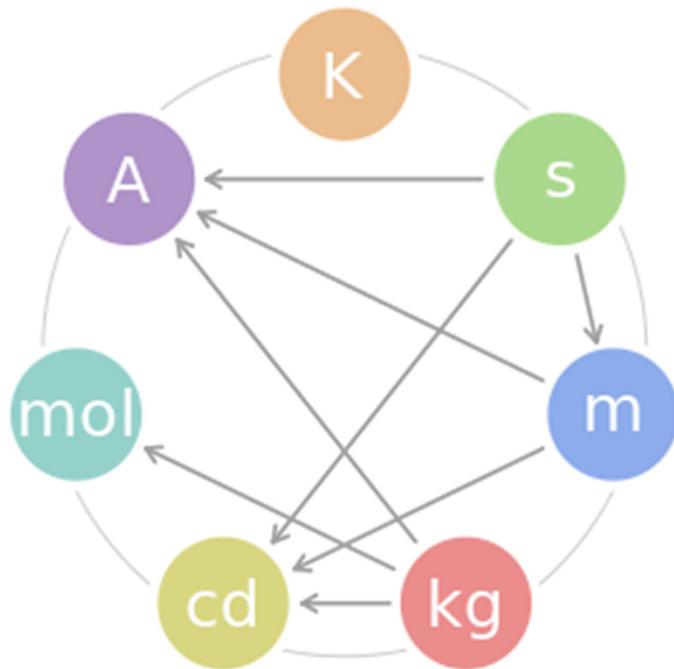
POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

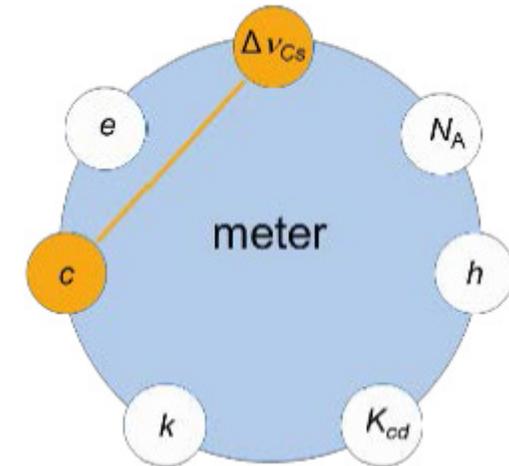
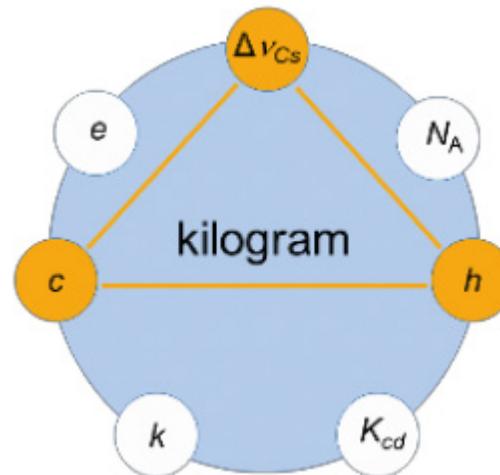
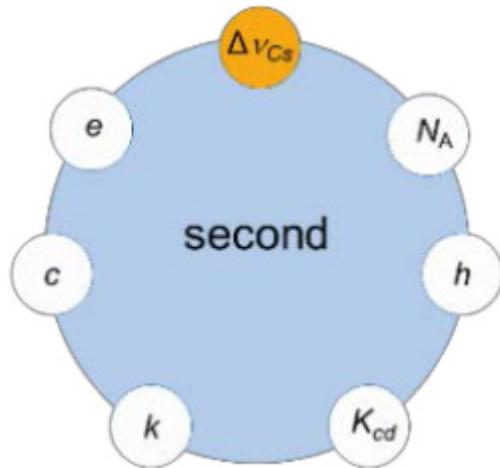
escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones



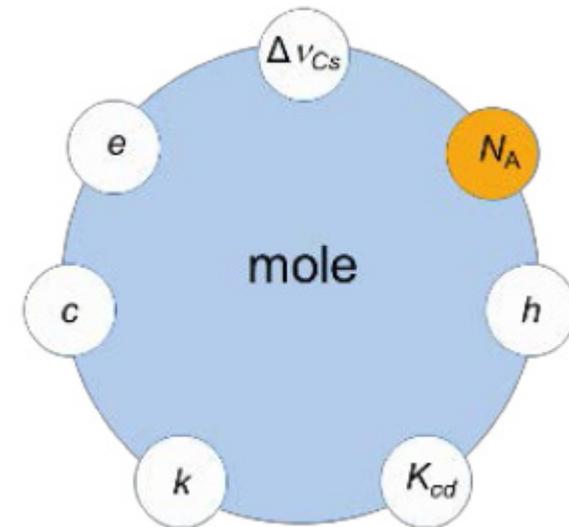
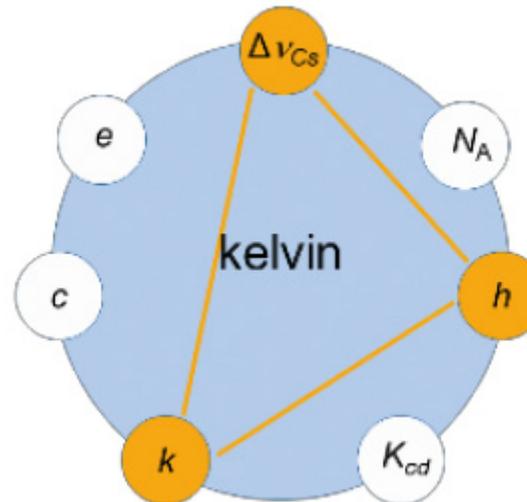
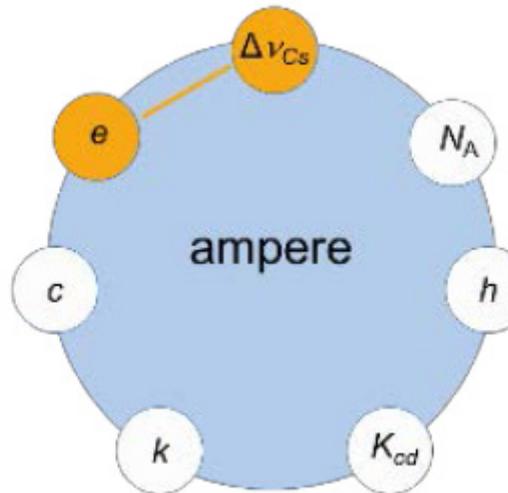


## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones





## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones





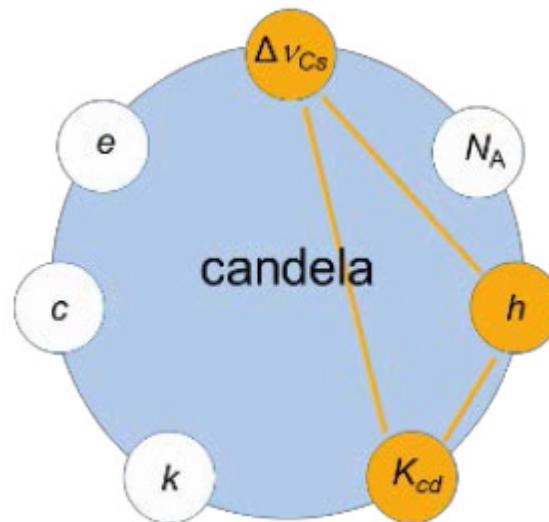
POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones





POLITÉCNICA  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingeniería  
y Diseño Industrial

escuela técnica superior de  
ingeniería  
y diseño  
industrial

## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Conclusiones

- Las siete unidades básicas quedarán pues definidas en base al conjunto de siete invariantes de la naturaleza ( constantes físicas fundamentales o propiedades de átomos).
- Las definiciones existentes anteriormente quedarán derogadas y los valores que se asuman para el kilogramo, la constante de permeabilidad magnética, la temperatura termodinámica del punto triple del agua y la masa molar del  $C^{12}$  tendrán una incertidumbre asociada.
- El CIPM debe preparar las "mises en pratique" para las nuevas definiciones del kilogramo, ampere, kelvin y mol.



## Nuevo Sistema Internacional de Unidades. Críticas

- Price ha argumentado que la nueva propuesta puede:
  - causar confusión debido a que las nuevas definiciones explícitas-constantas no relacionan las unidades a un ejemplo de su cantidad;
  - provocar el riesgo de dañar el avance de la ciencia debido a que la definición circular de las unidades hace imposible detectar cualquier cambio futuro en las constantes fundamentales.
  - causar daños económicos debido a los costos de transacción y a las barreras al comercio internacional.