

Unidades de magnitudes físicas

Autor: Dra. Estela González

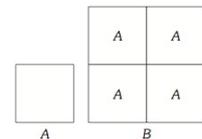
Los conceptos que se describen en este resumen no son necesariamente principios de la física, pero nos ayudan a formular y comunicar ideas y observaciones físicas. En todo el curso utilizaremos los conceptos de unidades y magnitudes.

1. Magnitud física

Una *magnitud física* es un atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente; es decir, es un atributo susceptible de ser medido. Ejemplos de magnitudes son la longitud, la masa, el tiempo, la potencia, la velocidad, etc.

La operación de *medir* define la magnitud. Al pretender definir una magnitud en particular se recurre a una definición operacional. Estas propiedades se cuantifican por comparación con un patrón o con partes del mismo. En otras palabras, *medir* es comparar dos magnitudes de la misma especie, una de las cuales se toma como unidad de medida.

Ejemplo 1.1: Si A y B son magnitudes de la misma especie, y se toma A como unidad, el número de unidades A que se necesitan para hacer una magnitud igual a B expresa la medida de B: $B = 4 A$.



A la magnitud de un *objeto* específico, que es de interés medir, se llama *cantidad*. En otras palabras, una *cantidad* es el número, vector o matriz que permite comparar cualitativamente respecto de la que se tomó como unidad de la magnitud. Es decir, la *cantidad de una magnitud* es el número de unidades a que es equivalente dicha magnitud.

Ejemplo 1.2: Si interesa medir la longitud de una barra, esa longitud específica será la cantidad.

Ejemplo 1.3: El tiempo es una magnitud; siete años es una cantidad.

1.1 Magnitudes fundamentales

Son *magnitudes fundamentales* aquellas cuyas unidades se eligen arbitrariamente tomándose como base de los sistemas de unidades y no tienen una ecuación que las defina.

Como los fenómenos físicos se realizan en el espacio mientras transcurre el tiempo; la Naturaleza nos impone, así, dos magnitudes fundamentales: *longitud* (L) y *tiempo* (T), sin definición precisa, cuya existencia conocemos desde que se inicia nuestra razón.

En la parte de la Física llamada Mecánica, es necesaria una tercera magnitud fundamental definida por nuestra propia intuición que, con las dos anteriores, permita definir de una manera coherente las demás magnitudes que intervienen en los fenómenos mecánicos; tal magnitud se elige arbitrariamente: en Física teórica se usa la *masa* (M) y en la técnica la *fuerza* (F).

Con la intención de llegar a establecer en su día unidades únicas adoptadas universalmente para las *magnitudes fundamentales*, y siempre con la idea de elegir conveniente el término adecuado para la extensión de la cantidad a medir, los organismos de carácter internacional [La Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) y la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (UIFPA)] recomiendan prefijos, símbolos y valores correspondientes a las unidades simples de los diferentes sistemas de unidades, como por ejemplo para el Sistema Internacional (SI) son “m” para el metro y “s” para el segundo.

Un proceder unánime en esta línea, nos proporcionaría un mejor entendimiento y una mayor fluidez en el lenguaje científico, además de una mejor comprensión en el orden de la magnitud de la cantidad a medir. La pluralidad de formas para expresar lo mismo puede desconcertar a algún interlocutor y le dificulta el «darse cuenta» de la cantidad expresada.

2. Unidades

Los científicos (físicos, ingenieros, etc.) han establecido reglas lógicas sobre la manera de comunicar entre ellos información cuantitativa. Por ejemplo, si quiere reportar el resultado de una medición de la distancia entre dos ciudades, su propio peso o la duración de una conferencia, tiene que especificar este resultado en múltiplos de una unidad estándar. Por lo tanto, una medición es la combinación de un número y una unidad. Pero que significa unidad?

Unidad es una cantidad arbitraria que se adopta para comparar con ella cantidades de su misma especie. En la elección de una *unidad* influye la extensión de la cantidad a medir.

Ejemplos: Para la medida de la distancia de la Tierra a una estrella de las llamadas lejanas se escoge el año luz, para la distancia entre dos ciudades el kilómetro, en la venta de un cable el metro y en la medida del espesor de una lámina el milímetro. No es necesario que sean éstas las *unidades* empleadas; siempre que sea conveniente se puede tomar como unidad cualquier cantidad arbitraria, como puede verse en el ejemplo 1.1 donde se ha medido B adoptando A como unidad.

La expresión de una medida es un número concreto, es decir, un número (veces que la cantidad contiene a la unidad) seguido del nombre o expresión de la unidad empleada en la medida (500 kilómetros; 26 metros; 2 milímetros).

En toda unidad de medida se debe poder determinar la igualdad y la suma. El criterio de suma es el que nos lleva a establecer múltiplos y nos da como consecuencia la posibilidad de conseguir submúltiplos o divisores de la unidad, pues si el km se puede dividir en 1 000 partes iguales (metro), el metro goza necesariamente de la misma propiedad, obteniéndose fracciones de la unidad que, a su vez, nos sirven como unidad cuando pueda interesarnos. En el ANEXO se lista la serie de prefijos para armar múltiplos y submúltiplos.

Existen en la naturaleza cantidades de una magnitud sin posibilidad de poderse encontrar divisores de ella, a tal cantidad la llamamos *unidad natural* de la magnitud; existen múltiplos enteros de ella pero nunca una fracción.

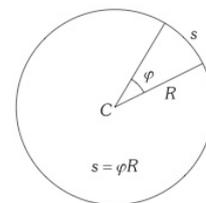
Las unidades fundamentales o básicas son aquellas que se convienen cómo independientes desde el punto de vista dimensional (por ejemplo metro, kilo, segundo).

Las unidades derivadas son aquellas unidades que pueden formarse combinando las unidades básicas según relaciones algebraicas escogidas que ligen las magnitudes correspondientes, como por ejemplo: velocidad, aceleración, fuerza, potencia, volumen.

La unidad de la magnitud suplementaria ángulo plano es el radián (rad). El ángulo plano es una magnitud puramente geométrica y definida como la porción de plano limitada por dos semirrectas que parten de un mismo punto; a este punto se le llama vértice y a las semirrectas lados del ángulo. La unidad suplementaria rad es adimensional. En efecto, si se considera el caso del ángulo infinitesimal de la figura inserta a la derecha, éste se puede medir considerando φ como el cociente entre dos magnitudes s y R :

$$\varphi = s/R.$$

Pero tanto el arco s como el radio R se miden en unidades de longitud y ambas tienen la dimensión L ; luego: $[\varphi] = [L]/[L] = 1$ y la unidad del ángulo plano $\varphi = 1$ rad es la unidad de una magnitud adimensional. Radián y grado no son unidades reales, sino descripciones del modo en que se miden el ángulo plano.



2.1. Unidades patrones

Los diferentes Congresos Científicos Internacionales fijaron las llamadas unidades patrones, cuyas definiciones han ido variando con las exigencias de superior precisión en las técnicas metrológicas, y que se exponen a continuación.

- La unidad de *longitud* es el *metro* (m): Debido a las constantes exigencias de superior precisión, en octubre de 1986 la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) celebrada en París, redefine el metro como la longitud recorrida en el vacío por las ondas electromagnéticas durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo (lo que nos indica que la velocidad de estas ondas es $299\,792\,458\text{ m/s}^1$).
- La unidad de *masa* es el *kilogramo* (kg), es la masa del prototipo de platino iridiado sancionado por la CGPM en 1901 y depositado en el pabellón de Breteuil de Sèvres. Este prototipo tiene forma cilíndrica, contiene aproximadamente el 90% de platino y el 10% de iridio, y su masa es muy aproximada a la de un litro de agua destilada a cuatro grados centígrados. Actualmente se define en función de la masa de los átomos.
- La unidad de *tiempo* es el *segundo* (s): Se necesitaba de un patrón material comparable a los prototipos metro patrón y kilogramo patrón, por lo que la XIII CGPM de 1967-68, adoptó para el *segundo* el patrón atómico de frecuencia definido como la duración de $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

2.2. Sistemas de unidades

Llamamos *sistema de unidades* al conjunto de éstas que resulta de escoger determinadas unidades simples.

La elección del sistema de unidades no se hace, en general, atendiendo a las magnitudes fundamentales, sino que se eligen unidades simples que tienen con las fundamentales una dependencia funcional. Así, por ejemplo, elegimos en el sistema técnico como unidad por su dependencia con la masa, la magnitud fuerza. Esta unidad es el **KILOPONDIO** o **KILOGRAMO-FUERZA**; el cual es la fuerza con que el kilogramo patrón es solicitado hacia la Tierra, al nivel del mar y 45° de latitud. En este sistema la unidad de masa es una unidad derivada y se llama **UNIDAD TÉCNICA DE MASA**.

Hoy por hoy la conveniencia de tomar universalmente un único sistema de unidades es una cuestión de adaptación y tránsito por lo que el lenguaje científico no está sujeto a las normas dadas por las CGPM, teniendo el lector que adquirir cierta flexibilidad en el empleo de sistemas de unidades y resultar, por decirlo así, «políglota», lo cual le facilitará la comunicación entre gentes cuyos intereses particulares están situadas en diversos campos.

En Mecánica se emplean los siguientes sistemas:

- **SISTEMA CEGESIMAL (CGS)**: sus unidades simples son el centímetro de longitud, el gramo de masa y el segundo de tiempo.
- **SISTEMA TÉCNICO**: el metro, el kilopondio o kilogramo fuerza y el segundo.
- **SISTEMA INTERNACIONAL (SI) o MKS**: sus unidades simples son el metro de longitud, el kilogramo de masa y el segundo de tiempo.

También es importante la medición en el **SISTEMA INGLÉS**, utilizado en los países de habla inglesa, donde las unidades simples son: el pie de longitud (ft), la libra masa (lbm) y el segundo de tiempo.

2.3. Equivalencias entre unidades

Ejemplos:

1 km = 1000 m	1 cm = 10 mm	1 kg = 1000 g	1 m ² = 10 ⁴ cm ²
1 m = 100 cm	1 mm = 0,1 cm	1 g = 0,001 kg	1 m ³ = 10 ⁶ cm ³
1 min = 60 s	1 h = 60 min = 3600 s	1 d = 24 hs = 1440 min	1 d = 86400 s

¹ Obsérvese que la tendencia en la búsqueda de un patrón internacional es que su definición sea de naturaleza universal, y no basada en ningún artificio artificial susceptible de variaciones temporales.

2.4. Cambio de unidades

Ejemplos:

$$a) 1 \frac{km}{h} = 1 \left(\frac{km}{h} \right) \times \left(\frac{1h}{3600s} \right) \times \left(\frac{1000m}{1km} \right) = \frac{1000m}{3600s} = \frac{10m}{36s} \approx 0,28 \frac{m}{s}$$

$$b) 1 \text{ in} = 1 \text{ pulgada} = 1'' \quad \text{donde } 1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$\text{Método 1: } 5 \text{ in} = 5 \text{ in} \times \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \right) = 5 \times 2,54 \text{ cm} = 12,7 \text{ cm}$$

$$\text{Método 2: } 5 \text{ in} = 5 \times \underbrace{(2,54 \text{ cm})}_{1 \text{ in}} = 12,7 \text{ cm}$$

3. Homogeneidad de las fórmulas físicas

Para que la fórmula representativa de una ley que nos relaciona diversas magnitudes físicas sea correcta, debe ser homogénea; es decir: las ecuaciones dimensionales de sus dos miembros deben ser idénticas.

Ejemplo:

$$x(t) = v \cdot t \quad \Rightarrow [m] = \left[\frac{m}{s} \right] \cdot [s] = [m] \quad \therefore [m] = [m]$$

4. Unidades derivadas con nombre propio en el SI

Magnitud	Unidad	Símbolo		En unidades básicas
Fuerza	Newton	N		kg m s^{-2}
Frecuencia	Hertz	Hz		s^{-1}
Presión	Pascal	Pa	N/m^2	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$
Energía, Trabajo, Calor	Joule (Julio)	J	N m	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
Potencia, flujo energético	Watts (Vatio)	W	J/s	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$

5. Unidades aceptadas por el SI debido a su uso muy diversificado

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

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ kg}/(\text{m s}^2)$$

$$1 \text{ Pa s} = 1 \text{ N s} / \text{m}^2 = 1 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-1} = 10 \text{ Poise} \quad (1 \text{ Poise} = 1 \text{ P} = 1 \text{ g s}^{-1} \text{ cm}^{-1})$$

$$1 \text{ Joule (J)} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 (\text{kg m/s}^2) \text{ m} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

6. Conversiones útiles

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

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ d} = 24 \text{ hs} = 1440 \text{ min} = 86400 \text{ s}$$

$$1 \text{ año} = 365 \text{ d} = 3,156 \cdot 10^7 \text{ s}$$

Longitud

1 in. = 2.54 cm (definición)
 1 cm = 0.3937 in.
 1 ft = 30.48 cm
 1 m = 39.37 in. = 3.281 ft
 1 mi = 5280 ft = 1.609 km
 1 km = 0.6214 mi
 1 milla náutica (E.U.A.) = 1.151 mi = 6076 ft = 1.852 km
 1 fermi = 1 femtómetro (fm) = 10^{-15} m
 1 angstrom (Å) = 10^{-10} m = 0.1 nm
 1 año-luz (a-l) (ly) = 9.461×10^{15} m
 1 parsec = 3.26 ly = 3.09×10^{16} m

Rapidez

1 mi/h = 1.4667 ft/s = 1.6093 km/h = 0.4470 m/s
 1 km/h = 0.2778 m/s = 0.6214 mi/h
 1 ft/s = 0.3048 m/s (exacta) = 0.6818 mi/h = 1.0973 km/h
 1 m/s = 3.281 ft/s = 3.600 km/h = 2.237 mi/h
 1 knot = 1.151 mi/h = 0.5144 m/s

FUERZA	N	dina	kp
N	1	10^5	1 / 9,8
dyna = dina	10^{-5}	1	$(1 / 9,8) \cdot 10^{-5}$
kp	9,8	$9,8 \cdot 10^{-5}$	1

PRESION	atm	dina/cm ²	mm Hg	N/m ²	kp/cm ²
atm	1	$1,013 \cdot 10^6$	760	$1,013 \cdot 10^5$	1,033
dina/cm ²	$9,872 \cdot 10^{-7}$	1	$7,501 \cdot 10^{-4}$	0,1	$0,102 \cdot 10^{-5}$
mm Hg	0,001316	$1,333 \cdot 10^3$	1	133,3	$1,36 \cdot 10^{-3}$
N/m ²	$9,872 \cdot 10^{-6}$	10	$7,501 \cdot 10^{-3}$	1	$0,102 \cdot 10^{-4}$
kp/cm ²	0,968	$9,81 \cdot 10^5$	736	$9,81 \cdot 10^4$	1
1 bar = 10^5 Pa		1 mm Hg = 1 torr		1 kp/cm² = 1 atm técnica	

ENERGIA	ergio	Joule	caloría	kW·h	eV
ergio	1	10^{-7}	$2,389 \cdot 10^{-8}$	$2,778 \cdot 10^{-14}$	1,033
Joule	10^7	1	0,2389	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$0,102 \cdot 10^{-5}$
caloría	$4,186 \cdot 10^{-7}$	4,186	1	$1,163 \cdot 10^{-6}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
kW·h	$3,6 \cdot 10^{13}$	$3,6 \cdot 10^6$	$8,601 \cdot 10^5$	1	$0,102 \cdot 10^{-4}$
eV ²	$1,602 \cdot 10^{-12}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$3,827 \cdot 10^{-20}$	$4,450 \cdot 10^{-26}$	1

Bibliografía

S. Burbano de Ercilla, E. Burbano García, C. Gracia Muñoz, *Física General*, Editorial Tébar, S.L. (2005).

W. Bauer, G. D. Westfall, *Física para Ingeniería y Ciencias*, Volumen 1. Editorial McGraw-Hill Educación (2011).

ANEXOS

➤ **Múltiplos y submúltiplos**

Para formar múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades del SI se han propuesto una serie de prefijos:

<u>MÚLTIPLOS:</u>			<u>SUBMÚLTIPLOS:</u>		
exa	E	10^{18}	deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}	centi	c	10^{-2}
Tera	T	10^{12}	Mili	m	10^{-3}
Giga	G	10^9	Micro	μ	10^{-6}
Mega	M	10^6	Nano	n	10^{-9}
Kilo	k	10^3	Pico	p	10^{-12}
hecto	h	10^2	Femto	f	10^{-15}
deca	da	10^1	Ato	a	10^{-18}

Sobre el uso de múltiplos y submúltiplos el sistema internacional recomienda las siguientes reglas:

- los símbolos y prefijos se representarán en caracteres rectos sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad.
- Si un símbolo que contiene un prefijo está afectado de un exponente, este indica que el múltiplo o submúltiplo de la unidad está elevado a la potencia que expresa el exponente.
- No se admiten prefijos compuestos formados por yuxtaposición de varios prefijos.

➤ **Análisis dimensional de las unidades**

MAGNITUD			UNIDAD	
NOMBRE	SÍMBOLO	DIMENSION	SI	CGS
Longitud	l	L	m	cm
Masa	m	M	kg	g
Tiempo	t	T	s	s
Superficie	S	L^2	m^2	cm^2
Volumen	V	L^3	m^3	cm^3
Densidad	ρ	ML^{-3}	kg/m^3	g/cm^3
Velocidad	v	LT^{-1}	m/s	cm/s
Aceleración	a	LT^{-2}	m/s^2	cm/s^2
Velocidad Angular	ω	T^{-1}	rad/s	rad/s
Aceleración Angular	α	T^{-2}	rad/s^2	rad/s^2
Fuerza	F	MLT^{-2}	$kg\ m/s^2$ (= N)	$g\ cm/s^2$ (= dyna)
Presión	P	$ML^{-1}T^{-2}$	N/m^2 (= Pa)	dyn/cm^2
Frecuencia	f	T^{-1}	Hz (= 1/s)	Hz (= 1/s)
Cantidad de movimiento	P	MLT^{-1}	kg m/s	g cm/s = dyn s
Impulso	I	MLT^{-1}	N s	dyn s
Energía mecánica	E	ML^2T^{-2}	J = N m	ergio = dyn cm
Trabajo mecánico	W	ML^2T^{-2}	J = N m	ergio = dyn cm
Potencia	P	ML^2T^{-3}	J/s = Watt	ergio/s
Momento Angular	L	ML^2T^{-1}	$kg\ m^2/s$ = J s	$g\ cm^2/s$
Momento de Inercia	I	ML^2	$kg\ m^2$	$g\ cm^2$
Momento de una fuerza	M	ML^2T^{-2}	m N	cm ergio