Unidades del Sistema Internacional en biomecánica: magnitudes y conversiones

Autoría: EDUFISICA
Publicación: 2026-10-11
Revisión editorial: 2026-10-15
Lectura estimada: 30 minutos

https://edufisica.com/biomecanica/sistema-internacional-unidades-y-conversiones/

Resumen

Explica el uso del Sistema Internacional en biomecánica mediante la identificación de magnitudes, unidades y referencias de medición. Presenta unidades base y derivadas, prefijos decimales y conversiones por factores, con atención a áreas, volúmenes, kilogramo-fuerza y unidades angulares. Los ejemplos hipotéticos comparan masa y peso, fuerza neta y fuerzas particulares, torque y trabajo, impulso, potencia, presión y esfuerzo. También desarrolla frecuencia de adquisición, relación entre muestras e intervalos y normalización de la fuerza por masa o peso corporal. Describe el análisis dimensional como una comprobación que no basta para validar un modelo. Incluye pautas para escribir tablas y ejes, conservar valores originales y documentar conversiones, junto con actividades docentes para detectar errores de escala, unidades o interpretación.

Palabras clave: Sistema Internacional; unidades de medida; conversiones de unidades; análisis dimensional; magnitudes mecánicas; masa y peso; grados y radianes; normalización de fuerzas

Una magnitud necesita algo más que un número

Un registro de 300 puede describir milímetros, newtons o milisegundos. Sin identificar la magnitud y la unidad, esas cifras no permiten interpretar un movimiento. Las unidades forman parte de la información: indican qué se midió y permiten relacionar observaciones que llegan desde instrumentos, documentos o situaciones de enseñanza diferentes.

La magnitud es la propiedad que interesa cuantificar: una longitud, una duración, una masa o una fuerza. La unidad proporciona la referencia con la que se expresa su valor. El número comunica cuántas veces corresponde esa referencia. Una separación de 0,25 m y otra de 250 mm representan la misma longitud; cambia el número porque cambia la unidad, no porque el objeto se haya acercado.

También debemos nombrar el objeto de la medición. «Longitud de 0,25 m» deja abierta la pregunta de qué longitud se trata. Puede ser la distancia entre dos marcas, un desplazamiento

horizontal o un brazo perpendicular. Aunque sus unidades coincidan, esos valores desempeñan funciones distintas en una ecuación. El significado no queda resuelto al escribir metros.

En un informe, una identificación útil reúne magnitud, sistema, dirección o definición cuando corresponde y unidad. Por ejemplo, «desplazamiento horizontal del objeto, respecto al origen elegido, en metros» permite revisar una operación posterior. Esta forma de escribir vincula el cálculo con la pregunta biomecánica, en vez de convertir las unidades en una lista memorizada al margen del problema.

Los fundamentos mecánicos distinguen propiedades y relaciones entre ellas; el SI aporta una expresión compartida de sus valores. Ambas capas se complementan. Entender qué estudia la biomecánica ayuda a elegir la magnitud, mientras que trabajar correctamente con unidades permite comunicarla y calcular con ella. Pérez Ruiz et al. (2021, pp. 55-60) desarrollan esta base del sistema de unidades.

El Sistema Internacional y las unidades que más usamos

En biomecánica del movimiento aparecen continuamente el metro, el segundo y el kilogramo. A partir de ellos se expresan muchas magnitudes mecánicas. Sin embargo, reducir el SI a esas tres unidades dejaría fuera otras dimensiones necesarias cuando estudiamos señales eléctricas, temperatura o relaciones con procesos fisiológicos y materiales biológicos.

Las siete unidades base se denominan segundo, metro, kilogramo, amperio, kelvin, mol y candela, con símbolos s, m, kg, A, K, mol y cd. La definición actual del SI se apoya en valores fijados de constantes físicas. La novena edición de la publicación del BIPM, actualizada en 2026, documenta ese sistema; no se trata de definir todas las mediciones mediante un objeto material conservado en un laboratorio. BIPM (2026).

Para resolver un problema introductorio de mecánica suelen bastar tres dimensiones: masa, longitud y tiempo. Las letras M, L y T pueden emplearse para representarlas en un análisis dimensional. No son nombres de unidades ni cantidades numéricas. La dimensión de una velocidad es longitud dividida por tiempo, independientemente de que el dato inicial llegue en metros por segundo o kilómetros por hora.

Una unidad derivada aparece al combinar las unidades de acuerdo con la relación física. Si una aceleración relaciona un cambio de velocidad con un intervalo temporal, su unidad coherente es m/s^2. Si una fuerza relaciona masa y aceleración, resulta $kg·m/s^2$. Esa última combinación tiene un nombre específico, newton, que acorta la escritura sin cambiar el contenido dimensional.

La coherencia resulta práctica: con masas en kilogramos, longitudes en metros y duraciones en segundos, numerosas ecuaciones mecánicas funcionan directamente, sin factores adicionales de conversión. No significa que todas las observaciones deban capturarse originalmente en esas unidades. Una cámara puede entregar posiciones en milímetros; el cálculo debe conservar esa información y convertirla cuando la relación elegida lo requiera.

Masa en kilogramos y peso en newtons

La expresión cotidiana «pesa doce kilos» puede funcionar en una conversación, pero exige una precisión cuando se calcula una fuerza. El kilogramo expresa masa. El peso es la fuerza gravitatoria ejercida sobre el objeto y se expresa en newtons. Relacionarlos requiere especificar la aceleración gravitatoria utilizada en el modelo.

En un ejemplo hipotético, una masa de 12 kg permanece cerca de la superficie terrestre. Para el cálculo se adopta g = 9,81 m/s² como aproximación. La magnitud del peso se obtiene mediante:

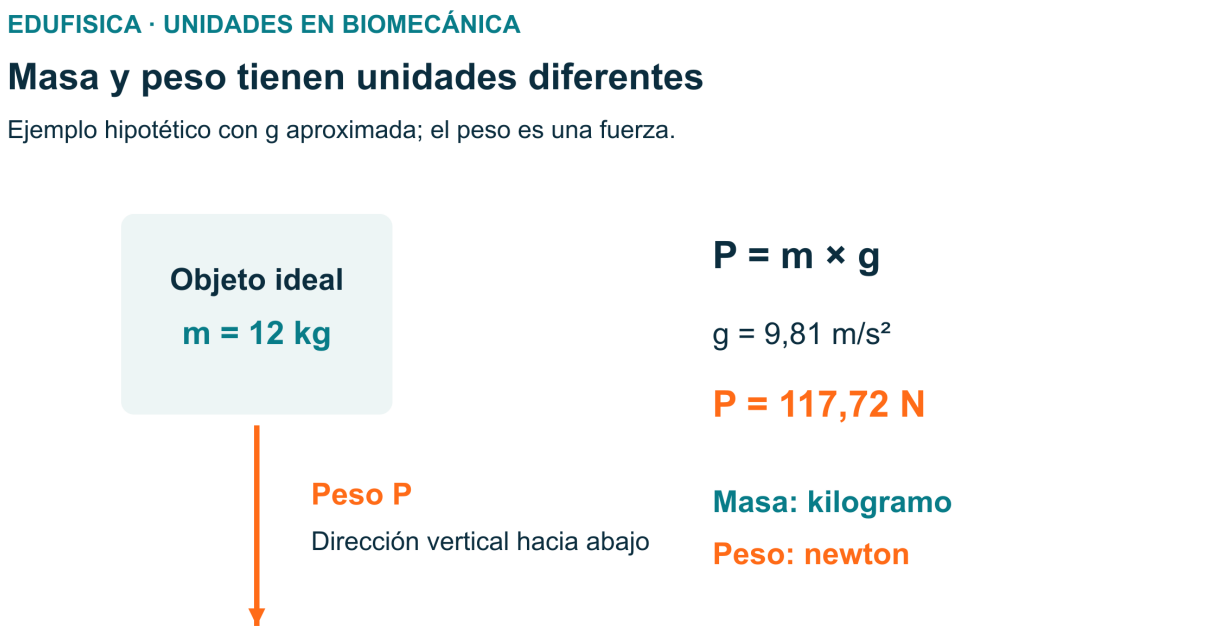
$$P=mg=(12\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)=117.72\ \text{N}.$$

Aquí P representa la magnitud del peso, m la masa y g la magnitud de la aceleración gravitatoria. El valor elegido de g es una aproximación del ejemplo, no una medición local. La dirección del peso debe añadirse en un diagrama vectorial: apunta hacia abajo en el sistema vertical que habitualmente usamos cerca de la Tierra.

Una báscula calibrada para presentar kilogramos puede utilizar una señal relacionada con fuerza y convertirla a una estimación de masa bajo sus condiciones de funcionamiento. Su pantalla no autoriza a sustituir kg por N en cualquier archivo. Antes de interpretar la columna exportada necesitamos conocer qué variable informa el instrumento y cómo la calcula.

En una situación ideal de reposo, el apoyo de un objeto puede equilibrar su peso. Cuando el objeto acelera, la fuerza de apoyo ya no tiene por qué coincidir con mg. Para una masa de 12 kg con aceleración vertical ascendente de 2 m/s², la suma de fuerzas exige un apoyo de 12 × (9,81 + 2) = 141,72 N. La masa continúa siendo 12 kg.

Esta distinción evita confundir la masa de un implemento con una fuerza de contacto durante su movimiento. Hall presenta masa, peso y otras magnitudes cinéticas como conceptos relacionados, con unidades propias. El ejemplo anterior es un cálculo didáctico original, no un registro de una tarea deportiva ni una carga prescrita. Hall (2015, cap. 3).



Ejemplo hipotético original: P = mg. La unidad de masa no sustituye la de fuerza; no informa la fuerza de apoyo en cualquier movimiento.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Qué significa un newton en una ecuación

Una fuerza se identifica por su magnitud, dirección y sentido; en determinados problemas también importa su punto de aplicación. El newton expresa la magnitud en el SI. Comprender su composición ayuda a revisar ecuaciones y a distinguir una fuerza neta de las fuerzas particulares que actúan sobre un cuerpo.

La relación de unidades procede de la segunda ley de Newton para un sistema de masa constante:

$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$, $1\ \text{N} = 1\ \text{kg m/s}^2$.

La suma vectorial incluye las fuerzas externas del sistema delimitado. No representa automáticamente la fuerza de un músculo ni una sola lectura de un sensor. Si se estudia el movimiento vertical de un objeto apoyado, la fuerza del apoyo y la gravedad intervienen en la resultante. Ambas se expresan en newtons, aunque sus sentidos sean opuestos.

Un cálculo hipotético sirve para comprobarlo. Si un objeto de 2 kg tiene una aceleración horizontal de 3 m/s² y se consideran adecuadamente las interacciones horizontales, su fuerza neta horizontal es 6 N. No puede deducirse que una persona aplicó exactamente 6 N si existe otra fuerza horizontal desconocida, como una resistencia por rozamiento.

En la representación por componentes, Fx, Fy y Fz comparten unidad. Sus signos corresponden a ejes previamente definidos. Un valor negativo no significa una «fuerza negativa» como propiedad física defectuosa: indica sentido contrario al positivo elegido. La magnitud del vector completo se calcula con sus componentes, sin sumar simplemente todos los números con sus signos.

Las unidades permiten detectar una suma imposible, por ejemplo añadir una fuerza de 6 N a una masa de 2 kg. No detectan por sí solas una suma vectorial mal planteada. Una expresión puede terminar en newtons y omitir una fuerza relevante. Por ello, primero se representa el sistema y después se realizan las operaciones.

Milímetros, milisegundos y prefijos decimales

Las distancias pequeñas y los acontecimientos breves se expresan con frecuencia mediante prefijos. Un prefijo cambia la escala de la unidad, no la naturaleza de la magnitud. La dificultad habitual aparece cuando se conserva el número original y se cambia la etiqueta, como si milímetros y metros fueran intercambiables.

Para las tareas mecánicas básicas conviene dominar centi, mili, micro y kilo. El centímetro equivale a una centésima de metro; el milímetro, a una milésima. El milisegundo equivale a una milésima de segundo. Una fuerza de 1 kN equivale a 1000 N. Estos factores pueden escribirse como potencias de diez y operarse sin depender de una regla informal de «mover la coma».

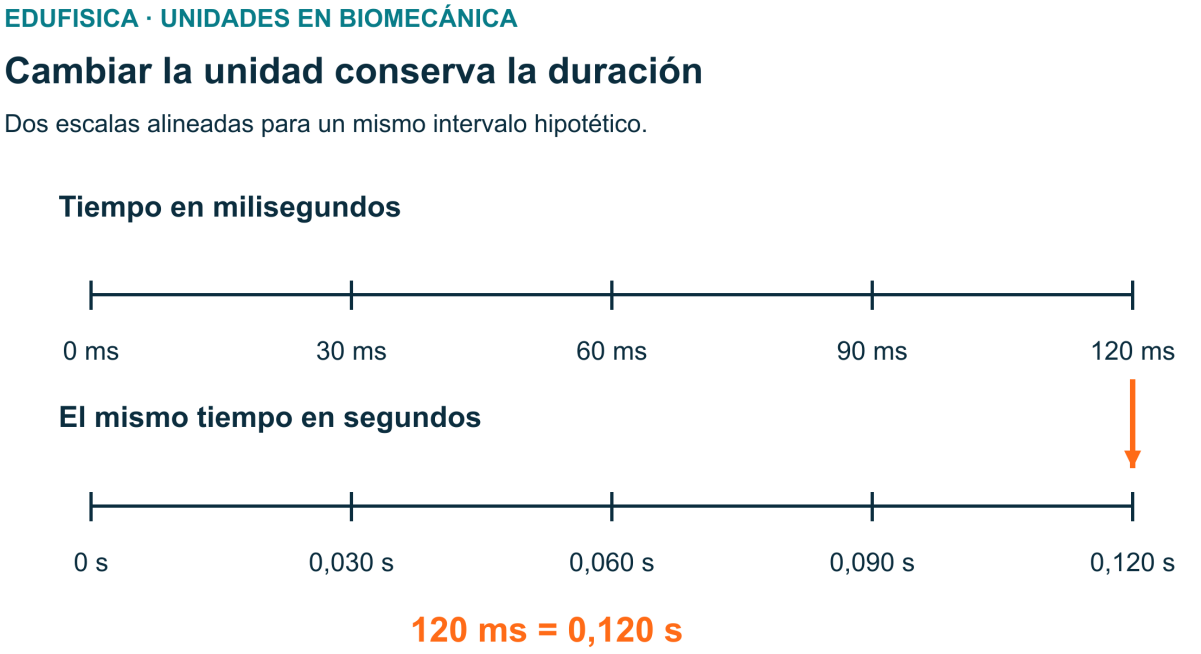
Consideremos dos datos hipotéticos de un desplazamiento: 250 mm y 120 ms. Antes de calcular una rapidez media en m/s, convertimos ambos:

$$250\ \text{mm} = 0.250\ \text{m},\quad 120\ \text{ms} = 0.120\ \text{s}.$$

La división proporciona aproximadamente 2,083 m/s. Si se interpreta erróneamente 120 ms como 120 s, aparece una rapidez mil veces menor. En cambio, si dividimos 250 mm entre 120 ms, la unidad final es mm/ms, cuyo factor respecto a m/s es uno. El número coincide en ese caso concreto porque los dos factores de mil se compensan.

Esa compensación accidental no debe transformarse en un procedimiento general. Si el numerador está en centímetros y el denominador en milisegundos, la relación cambia. El objetivo es seguir las unidades en cada operación, no reconocer una combinación que a veces deja intacto el número.

Los símbolos distinguen escalas: mN significa milinewton y MN significa meganewton. Entre ambos existe un factor de mil millones. La diferencia de mayúscula tiene consecuencias numéricas, aunque la pantalla permita leer las dos expresiones con facilidad. En los datos biomecánicos, una revisión de símbolos puede localizar un error antes de que llegue al gráfico final. Pérez Ruiz et al. (2021, pp. 56-60).



Escalas originales de un intervalo hipotético. Las posiciones coinciden porque representan el mismo tiempo con unidades diferentes.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Convertir mediante factores que conservan la magnitud

Una conversión cambia la forma de expresar un valor, mientras mantiene la magnitud representada. El método de factores hace visible esa conservación. Se multiplica por relaciones equivalentes a uno y se orientan las fracciones para cancelar las unidades iniciales. Así puede revisarse tanto el resultado como el camino seguido.

Para convertir una rapidez hipotética de 18 km/h a m/s, utilizamos las equivalencias 1 km = 1000 m y 1 h = 3600 s:

$$18\ (\text{km})/(\text{h}) \times (1000\ \text{m})/(1\ \text{km}) \times (1\ \text{h})/(3600\ \text{s}) = 5\ \text{m/s}.$$

Los kilómetros se cancelan entre numerador y denominador; lo mismo ocurre con las horas. Quedan metros por segundo. La conversión inversa multiplica 5 m/s por 3600 s/h y por 1 km/1000 m. Se recuperan 18 km/h, una comprobación sencilla para identificar un factor invertido.

Otra operación frecuente consiste en expresar una duración de 2 min y 30 s en segundos. Dos minutos aportan 120 s y se añaden los 30 s restantes: 150 s. No corresponde escribir 2,30 min como sustituto; 2,30 minutos equivalen a 138 segundos. La notación decimal y la presentación de minutos y segundos siguen reglas distintas.

En datos de varios participantes, la conversión debe aplicarse a toda la columna según una unidad de origen comprobada. Si algunos registros ya están en segundos y otros llegan en milisegundos, multiplicar todos por el mismo factor produce una mezcla difícil de detectar. Es preferible separar temporalmente los grupos de origen y documentar la transformación antes de unirlos.

Un resultado final debe llevar la unidad de destino, pero también conservar el dato original en el registro de trabajo. La trazabilidad de una conversión permite revisar un análisis posterior sin reconstruir de memoria por qué una duración cambió de 120 a 0,120. Esta organización sirve tanto en una práctica escolar como en un informe profesional.

Las unidades cuadradas y cúbicas cambian el factor

Convertir una longitud no es lo mismo que convertir un área. Cuando una unidad está elevada a una potencia, su factor de conversión también debe elevarse. Esta relación tiene consecuencias grandes al calcular presión, volumen o densidad, porque una conversión lineal incorrectamente aplicada puede alterar el resultado varios órdenes de magnitud.

Un cuadrado de un centímetro de lado tiene un área de 1 cm². Como cada lado mide 0,01 m, su área es 0,01 × 0,01 m²:

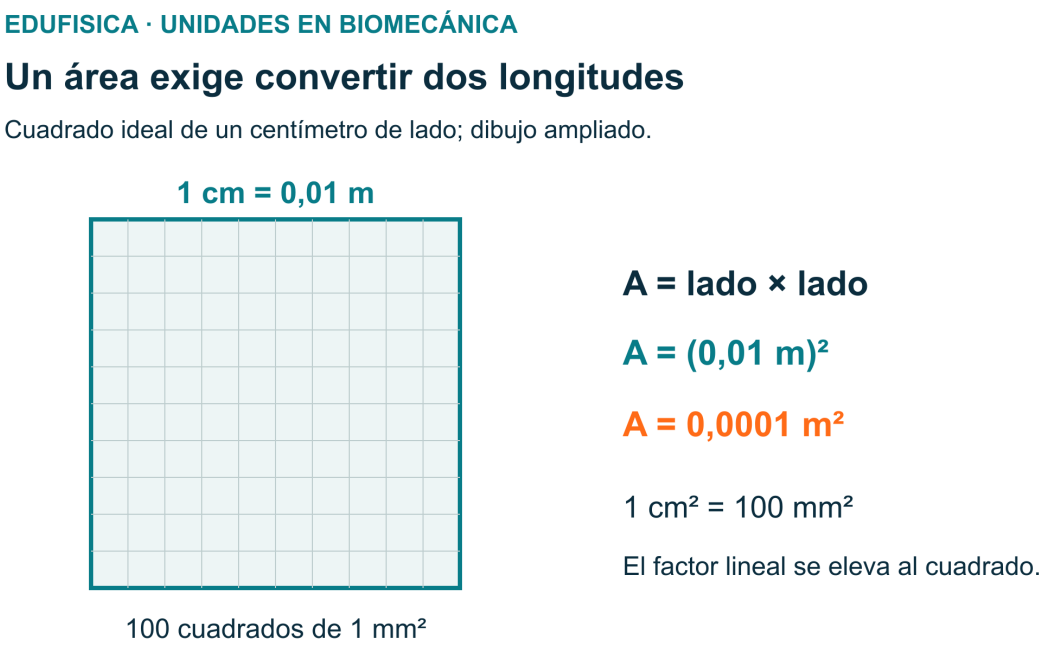
$$1\ \text{cm}^2 = (10^{-2}\ \text{m})^2 = 10^{-4}\ \text{m}^2.$$

En milímetros cuadrados, el mismo cuadrado contiene 100 mm² porque cada lado mide 10 mm. Ambas conversiones describen la misma superficie. Multiplicar 1 cm² por 0,01 y escribir 0,01 m² confundiría el factor de longitud con el de área y aumentaría cien veces el valor correcto.

Para un volumen, el factor aparece tres veces. Un cubo de un centímetro de lado tiene 1 cm³, equivalente a 10^{-6} m³. Si una ficha informa una densidad en g/cm³, convertir a kg/m³ exige transformar tanto la masa como el volumen. Una densidad hipotética de 1 g/cm³ equivale a 1000 kg/m³: el numerador disminuye por mil y el denominador por un millón.

Los radios requieren una atención semejante. Para un disco ideal de radio 20 mm, primero se convierte r = 0,020 m y después se calcula A = πr². El área resulta aproximadamente 0,00125664 m². Introducir 20 en una ecuación que espera metros produciría un área un millón de veces mayor.

Estos ejemplos no describen el contacto real de un pie o una distribución de presión corporal. Son geometrías ideales para comprobar la conversión. En una superficie irregular, determinar el área efectiva de contacto es una tarea adicional. Hall relaciona presión y densidad con área y volumen, respectivamente; el factor decimal no sustituye la definición de esas magnitudes. Hall (2015, pp. 65-66).



Geometría original ampliada, sin dimensiones físicas de pantalla a escala. Las conversiones se calculan a partir de los dos lados.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Kilogramo-fuerza: una unidad distinta del kilogramo

Algunas tablas e instrumentos expresan fuerzas mediante kilogramo-fuerza. Esa denominación conserva una relación histórica con el peso, pero no convierte la fuerza en masa. Para interpretar el registro debemos distinguir el símbolo kgf del símbolo kg y comprobar que la documentación del instrumento realmente informa una unidad de fuerza.

El kilogramo-fuerza se relaciona con la aceleración convencional de gravedad. El factor recogido por el NIST es 1 kgf = 9,80665 N. Una fuerza hipotética de 25 kgf equivale, por tanto, a 245,16625 N. La conversión inversa divide los newtons por 9,80665. NIST, apéndice B.9, apartado de fuerza.

Ese factor no afirma que la aceleración gravitatoria medida en cualquier lugar sea exactamente 9,80665 m/s². Se utiliza para definir la equivalencia de la unidad convencional. Por esa razón, convertir 25 kgf en newtons es una conversión de fuerza, mientras que calcular el peso de una masa de 25 kg requiere elegir o conocer g para el problema.

Si un archivo contiene solamente una columna denominada «kg», no puede decidirse por apariencia que se trata de kilogramo-fuerza. Podría informar masa, una estimación de masa, una etiqueta comercial imprecisa o una fuerza escalada. Consultar el manual resulta indispensable para no transformar una variable distinta de la que se cree analizar.

Una auditoría práctica puede conservar tres columnas: valor exportado, unidad documentada y valor convertido en N. La columna convertida debe contener una fórmula visible o un procedimiento reproducible. Si la unidad original es desconocida, el dato queda pendiente de aclaración; multiplicarlo por una cifra conocida no resuelve esa falta de información.

Esta diferencia también alcanza al momento de una fuerza. Un valor en kgf·m se convierte a N·m aplicando el mismo factor sobre la parte de fuerza. No equivale a un momento de inercia en kg·m². Los nombres pueden parecer próximos, pero representan magnitudes y relaciones físicas diferentes.

Torque y trabajo: dimensiones compartidas, significados distintos

El torque y el trabajo mecánico incluyen una fuerza y una longitud, pero combinan esas cantidades de maneras diferentes. Ambos comparten dimensiones mecánicas, lo que puede inducir a confusión. Para distinguirlos debemos revisar la geometría, la operación matemática y la pregunta física que responde cada cálculo, además de la unidad.

El torque respecto a un punto se obtiene mediante un producto vectorial entre el vector de posición y la fuerza. En un caso plano, su magnitud puede expresarse como F multiplicada por la distancia perpendicular d a la línea de acción:

$\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$, $|\tau| = Fd$.

Se expresa en N·m. Si una fuerza de 40 N actúa con brazo perpendicular de 0,15 m, el momento es 6 N·m. El valor depende del punto elegido y de la línea de acción. Escribir N/m describiría una relación fuerza por longitud distinta, como una rigidez ideal, y no el momento de fuerza.

El trabajo de una fuerza constante, en cambio, relaciona su componente en la dirección del desplazamiento con ese desplazamiento. Para un recorrido rectilíneo:

$W = \mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{r} = F\,\Delta r \cos\theta$.

Se expresa en joules, J. Una fuerza de 40 N paralela a un desplazamiento de 0,15 m realiza 6 J de trabajo sobre el objeto. El número coincide con el ejemplo de torque, pero no describe la misma relación. Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento instantáneo, su contribución al trabajo en ese instante es cero, aunque pueda tener momento respecto a un punto.

La diferencia explica por qué la coincidencia dimensional no basta para intercambiar variables. Un momento articular no se convierte en energía cambiando N·m por J. Para estudiar trabajo angular hace falta integrar el momento en relación con el desplazamiento angular correspondiente. El artículo sobre torque y brazo de momento desarrolla la geometría con mayor detalle. Hall (2015, pp. 66-67).



Geometrías conceptuales originales basadas en las definiciones mecánicas. El esquema distingue producto escalar y vectorial; no representa un experimento.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Impulso: por qué N·s no equivale a energía

Multiplicar fuerza por tiempo produce una magnitud diferente de multiplicar fuerza por distancia. El impulso relaciona la acción de una fuerza durante un intervalo con un cambio de cantidad de movimiento. Su unidad, N·s, conserva esa relación temporal y no debe presentarse como joules ni como una fuerza instantánea.

Para una fuerza neta constante, el impulso se escribe $J_{imp} = F_{net}\Delta t$. Aquí utilizamos el subíndice para distinguir la variable de impulso del símbolo J de la unidad joule. En una dimensión, con masa constante, la relación es:

$$J_{imp} = F_{net}\Delta t = \Delta p = m(v_f - v_i).$$

Una fuerza neta hipotética de 400 N mantenida durante 0,15 s aporta 60 N·s. Para un objeto de masa 30 kg, ese impulso corresponde a un cambio de velocidad de 2 m/s en el eje estudiado. Si la fuerza de 400 N fuera solamente una fuerza de contacto vertical, habría que incorporar el peso antes de considerarla fuerza neta.

La equivalencia de unidades comprueba la relación: N·s = kg·m/s. Por ello, el impulso puede compararse con el cambio de cantidad de movimiento. La fuerza media de un intervalo se obtiene

al dividir el impulso por su duración, pero no reconstruye los máximos ni la forma temporal de la señal.

Cuando la fuerza varía, el impulso corresponde a una integral temporal. En un gráfico fuerza-tiempo es un área con unidades N·s. Una altura gráfica de 400 N no permite obtener esa área sin conocer la duración y la evolución de la fuerza. Confundir la altura con el área transforma una magnitud en otra.

En enseñanza, conviene escribir las unidades de ambos ejes y del área calculada. Un estudiante puede identificar correctamente un rectángulo y equivocarse al etiquetar su resultado como N. Hall incluye impulso entre las magnitudes cinéticas; el caso numérico anterior permite observar cómo aparecen sus unidades a partir de una relación mecánica explícita. Hall (2015, p. 67).

Potencia mecánica en watts y energía en joules

Realizar la misma cantidad de trabajo en tiempos diferentes cambia la potencia media. La unidad watt expresa esa relación entre energía y duración. En biomecánica debemos especificar de qué trabajo se trata y sobre qué sistema se calcula, porque una cifra en watts puede proceder de mediciones y modelos distintos.

La potencia media asociada a un trabajo W realizado durante un intervalo Δt es W/Δt. Para evitar confundir la variable con el símbolo de unidad, escribimos explícitamente «trabajo» en la interpretación y reservamos Pmec para potencia:

$P_{mec,media}=(W)/(\Delta t)$, 1 W=1 J/s.

En un ejemplo ideal, 120 J de trabajo realizados durante 2 s corresponden a 60 W de potencia media. Si se realizan durante 3 s, la media es 40 W. Nada en esos cocientes permite afirmar que la potencia fue constante dentro del intervalo. Dos movimientos pueden compartir la media y presentar distribuciones temporales diferentes.

Para una fuerza y una velocidad instantáneas del punto donde actúa, la potencia mecánica se relaciona con su producto escalar. Una fuerza de 400 N paralela a una velocidad de 0,5 m/s aporta 200 W en ese modelo. Una componente de fuerza perpendicular a la velocidad no contribuye a ese producto.

El cálculo fuerza por rapidez solo es válido cuando se ha especificado la alineación correspondiente. Multiplicar la magnitud de cualquier fuerza por la rapidez de otro punto corporal puede producir watts y, aun así, representar una operación físicamente incorrecta. La relación entre punto de aplicación y velocidad forma parte del modelo.

La potencia mecánica tampoco equivale directamente al consumo energético metabólico. Expresar ambos procesos mediante unidades compatibles de energía por tiempo facilita algunas comparaciones, pero no los hace idénticos. Una potencia estimada sobre una barra o un segmento tiene un alcance delimitado. Identificar ese alcance es tan necesario como conservar la unidad final.

Presión y esfuerzo: fuerza distribuida por área

Una fuerza de contacto y una presión no son la misma magnitud. La presión relaciona una componente normal de fuerza con un área. Por ello, interpretar una cifra requiere saber si informa una fuerza total, una presión media o una distribución espacial, y cómo se definió la superficie de contacto.

En una idealización de fuerza normal uniforme, la presión media se calcula como F/A y se expresa en pascales, Pa, equivalentes a N/m². Una fuerza de 200 N distribuida sobre 0,002 m² produce una media de 100 000 Pa, es decir, 100 kPa. El área hipotética equivale a 20 cm².

Si la misma fuerza se distribuye sobre 0,004 m², la media ideal disminuye a 50 kPa. No cambiamos la fuerza total, sino la relación con la superficie. Tampoco puede deducirse a partir de esa media el valor máximo que existiría en un contacto real no uniforme.

En una tabla de sensores, sumar presiones sin considerar el área asociada no proporciona una fuerza total. Cada contribución de fuerza requiere multiplicar la presión correspondiente por su área, con una definición compatible de componente normal. En un modelo discreto, la suma de esas contribuciones puede aproximar la integral espacial.

El esfuerzo mecánico de un material también se expresa mediante fuerza por área, pero necesita precisar el plano y la componente analizada. Compartir pascales no convierte cualquier presión de interfaz en un esfuerzo interno de un tejido. El sistema y la localización vuelven a intervenir en el significado del valor.

Este ejemplo sirve para estudiar unidades y distribución ideal; no determina tolerancia tisular ni una recomendación clínica. Su utilidad pedagógica consiste en separar tres decisiones: medir o suponer una fuerza, delimitar un área y elegir qué resumen de la distribución se informa. Hall presenta presión como una magnitud derivada de fuerza y área. Hall (2015, pp. 64-65).

Grados y radianes en el movimiento angular

Los grados permiten comunicar posiciones angulares de forma familiar. El radián resulta especialmente útil al relacionar una rotación con el arco recorrido. Pasar de una representación a otra conserva el ángulo, pero algunas ecuaciones y funciones matemáticas esperan radianes. Introducir grados sin convertirlos puede producir una respuesta numérica completamente distinta.

En una circunferencia, el ángulo expresado en radianes corresponde a la razón entre longitud del arco y radio. Una vuelta completa equivale a 2π rad y a 360°. Por tanto, la conversión utiliza π rad/180°. El radián es la unidad del SI para ángulo plano. BIPM (2026).

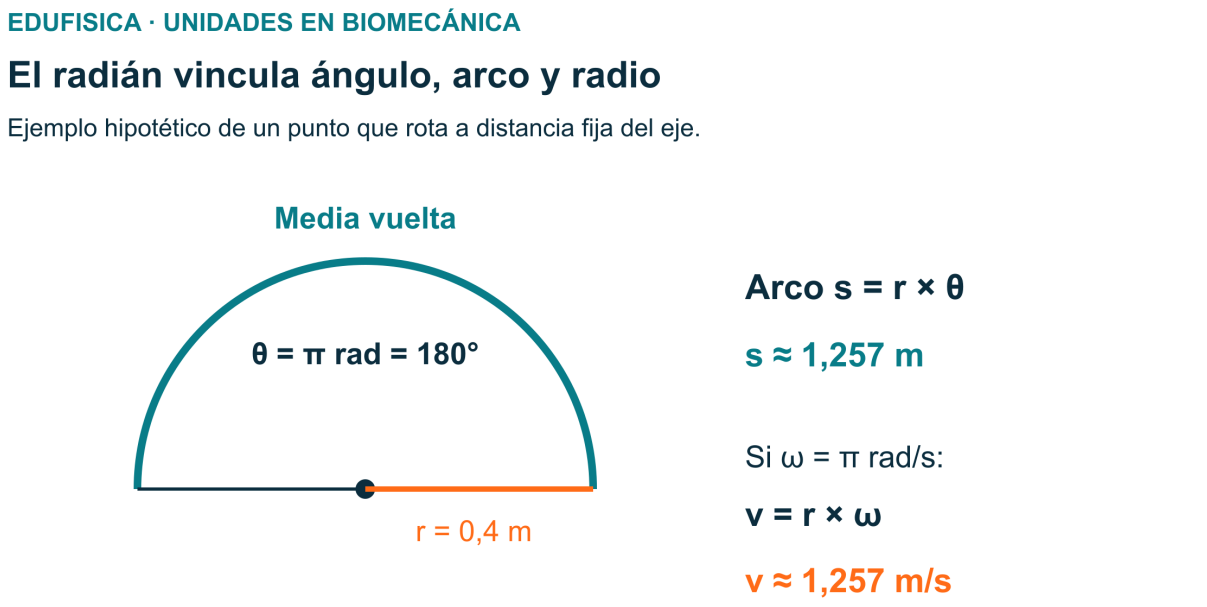
Un ángulo hipotético de 60° equivale a π/3 rad, aproximadamente 1,0472 rad. Escribir solamente 1,0472 en una columna sin definición angular puede confundirlo con un valor en grados. Aunque

el ángulo en radianes sea una razón de longitudes, conservar rad en los datos ayuda a identificar la magnitud.

Para un punto que gira a distancia fija r de un eje, la longitud del arco es s = rθ cuando θ está en radianes. Con r = 0,4 m y θ = π rad, el arco mide aproximadamente 1,25664 m. Introducir 180 como si fuera el valor en radianes daría 72 m, un resultado incompatible con esa media vuelta.

La velocidad tangencial se relaciona del mismo modo con la velocidad angular: v = rω, con ω en rad/s. Si la rotación alcanza 180°/s, equivale a π rad/s. Para r = 0,4 m, la rapidez tangencial instantánea es aproximadamente 1,25664 m/s. Esta ecuación describe rotación respecto al eje definido, no todos los movimientos posibles de un segmento.

El manual de Sanz Arazuri y Ponce de León Elizondo presenta la relación entre arco, radio y ángulo. Utilizamos esa relación con ejemplos propios y escribimos el símbolo temporal correcto, s. En una función informática de seno o coseno debe comprobarse la convención de entrada antes de calcular componentes. Sanz Arazuri y Ponce de León Elizondo (2023, p. 22).



Las relaciones s = rθ y v = rω utilizan ángulo en radianes y velocidad angular en rad/s.

Ejemplo hipotético original de rotación respecto a eje fijo. Las relaciones utilizan radianes y no sustituyen una trayectoria corporal medida.
EDUFISICA · Diagrama didáctico original.

Frecuencia, intervalos y tasa de adquisición

El hertz aparece al describir fenómenos periódicos y también como expresión habitual de tasas de adquisición. Indica ciclos o muestras por segundo según la variable especificada. La unidad debe acompañarse del significado: una frecuencia de movimiento y una frecuencia de registro pueden compartir el símbolo sin representar el mismo proceso.

Para una adquisición ideal con intervalos uniformes, una tasa de 1000 muestras por segundo corresponde a un intervalo de 0,001 s, equivalente a 1 ms. La relación es $\Delta t = 1/fs$, donde fs representa la frecuencia de muestreo. Con 200 muestras por segundo, el intervalo es 0,005 s.

El número de muestras debe distinguirse del tiempo entre la primera y la última. Si una serie uniforme contiene 101 muestras separadas por 0,01 s, entre sus extremos existen 100 intervalos. Su duración entre extremos es 1 s. Multiplicar 101 por 0,01 s daría 1,01 s y añadiría un intervalo que no corresponde a esa definición.

Al calcular una derivada a partir de posiciones sucesivas, el intervalo temporal entra en el denominador. Interpretar 5 ms como 5 s alteraría la escala del resultado. Una columna de marcas temporales permite comprobar el intervalo real, mientras que un valor configurado en el dispositivo informa la adquisición prevista.

La unidad de frecuencia no informa por sí sola la exactitud de un sistema. Dos dispositivos con la misma tasa pueden diferir en calibración, resolución, sincronización o procesamiento. Tampoco equivale automáticamente a la frecuencia máxima de una señal que pueda interpretarse sin otras consideraciones.

En una práctica inicial basta con comprobar unidad, regularidad temporal y relación entre muestras e intervalos. Los criterios de adquisición para una tarea concreta requieren estudiar la señal y el equipo. Separar esas preguntas permite aprender el cálculo temporal sin convertir un ejemplo aritmético en una recomendación universal de muestreo.

Fuerza por masa y múltiplos del peso corporal

Normalizar un valor significa relacionarlo con una referencia definida, no quitarle automáticamente sus unidades. En biomecánica, dividir una fuerza por masa corporal y dividirla por peso corporal produce resultados distintos. La elección modifica el significado de la comparación y debe permanecer visible en tablas, gráficos y explicaciones del procedimiento.

Consideremos una fuerza hipotética de 1400 N y una masa de 70 kg. La fuerza por unidad de masa es 20 N/kg. Sus dimensiones corresponden a aceleración, aunque esa razón no debe identificarse sin más con la aceleración real del cuerpo: esta última necesita la fuerza neta del sistema.

Si se utiliza el peso corporal como referencia, con $g = 9{,}81\ m/s^2$, el peso es 686,7 N. La razón 1400/686,7 resulta aproximadamente 2,039. El cociente es adimensional porque se divide fuerza

entre fuerza. Puede describirse como 2,039 veces el peso corporal, conservando la definición de la referencia.

Así, 20 N/kg y 2,039 veces el peso corporal no constituyen dos etiquetas intercambiables para el mismo número. Ambas proceden del mismo dato de fuerza, pero usan denominadores distintos. Si un programa informa «fuerza relativa», necesitamos consultar cuál de esas operaciones, u otra, realizó.

Una normalización también puede cambiar la clasificación de varios resultados. Para un segundo caso hipotético de 1200 N y 50 kg, la fuerza absoluta es menor, pero la razón de 24 N/kg es mayor. Esa diferencia matemática no demuestra superioridad general de una persona. La interpretación depende de la tarea y de por qué se eligió la referencia.

La investigación sobre marcha muestra que elegir una normalización tiene consecuencias analíticas. Pierrynowski y Galea (2001) compararon ocho estrategias de escalado en datos de diez personas con estaturas y masas diferentes. Algunas redujeron más la variación entre individuos que otras. El estudio no convierte una razón específica en la opción correcta para cualquier tarea: muestra que el procedimiento debe justificarse según la comparación planteada.

Las comparaciones de capacidades físicas necesitan conservar criterios de prueba y contexto, además de unidades. Una tabla rigurosa muestra el valor absoluto y define el valor relativo. Ocultar el denominador detrás de una palabra breve dificulta revisar la comparación, incluso si el resultado fue calculado correctamente.

El análisis dimensional detecta incoherencias, no todos los errores

Las dimensiones permiten revisar una ecuación antes de introducir valores. Si un resultado pretende representar una longitud, la combinación de magnitudes debe terminar en longitud. Esa comprobación identifica ciertas incoherencias, pero no valida por sí sola el modelo, los signos, los factores numéricos o los datos utilizados para resolverlo.

Representamos masa con M, longitud con L y tiempo con T. Una velocidad tiene dimensión LT^{-1} y una aceleración LT^{-2}. La fuerza tiene MLT^{-2}. En la relación F = ma, multiplicar masa por aceleración produce precisamente la dimensión de fuerza.

Si alguien propone calcular una longitud mediante v/g, el resultado dimensional sería tiempo, porque $(LT^{-1})/(LT^{-2}) = T$. Esa propuesta no puede producir una longitud sin incorporar otra relación. En cambio, v^2/g sí termina en L. El análisis descarta la primera expresión para ese objetivo, pero no demuestra que la segunda resuelva cualquier problema de altura.

En el ascenso ideal bajo gravedad constante, sin resistencia y con velocidad inicial vertical v_0, la ganancia de altura se obtiene como $v_0^2/(2g)$. La expresión v_0^2/g comparte dimensión, pero omite el factor dos. Para un valor hipotético $v_0 = 3$ m/s y $g = 9{,}81$ m/s², las expresiones proporcionan aproximadamente 0,459 m y 0,917 m, respectivamente.

La coherencia dimensional tampoco distingue torque y trabajo, como ya vimos. Ambas magnitudes incluyen fuerza por longitud y exigen revisar operaciones diferentes. Por otro lado, sumar términos dentro de una ecuación requiere que todos compartan dimensiones compatibles: una posición inicial puede sumarse a velocidad por tiempo, porque ambas contribuciones tienen dimensión de longitud.

Una secuencia útil consiste en delimitar la pregunta, formular el modelo, revisar dimensiones, sustituir valores con unidades y comprobar la interpretación. El análisis de errores e incertidumbre añade otras comprobaciones sobre lo que realmente podemos conocer a partir de las mediciones.

Escribir tablas y ejes que permitan revisar el cálculo

Una presentación científica necesita permitir que otra persona identifique las variables sin reconstruir el procedimiento. Los encabezados, símbolos y unidades cumplen esa función. Una tabla ordenada puede contener cálculos correctos y seguir siendo ambigua si oculta el eje, la referencia temporal o el significado de una variable expresada mediante una sigla.

El BIPM distingue símbolos de magnitudes y símbolos de unidades. Estos últimos no se pluralizan; se deja un espacio entre valor y unidad y se respeta su escritura. N corresponde a newton y m a metro. El símbolo ms significa milisegundo; el producto m·s representa metro por segundo de tiempo multiplicado, no dividido. BIPM (2026).

En una tabla, un encabezado como «Fuerza vertical, Fy (N)» permite identificar componente y unidad. Si se informa fuerza neta, debe nombrarse así. «Fuerza» sin definición puede ocultar una diferencia entre contacto total, resultante o componente. El eje positivo se describe en el procedimiento para que el signo de las cifras sea interpretable.

Los valores numéricos pueden mantenerse sin símbolos dentro de las celdas cuando el encabezado conserva la unidad. Esto facilita cálculos y evita mezclar texto con datos. Una columna de tiempo en segundos no debe contener algunos valores en milisegundos escritos entre paréntesis. Esa mezcla exige una transformación previa explícita.

Para productos o cocientes complejos conviene utilizar paréntesis o exponentes. «N/kg/s» puede interpretarse con dificultad; N/(kg·s) o $N \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$ hacen visible el denominador. Los exponentes también evitan barras sucesivas que vuelven confusa una fórmula extensa.

La precisión de presentación necesita un criterio adicional. Mostrar seis decimales después de una conversión no significa haber medido con esa precisión. Conservamos suficientes cifras durante las operaciones y explicamos la resolución o incertidumbre de los datos cuando corresponda. La guía de cifras significativas desarrolla esa decisión sin confundirla con el cambio de unidad.

Un caso de revisión con datos hipotéticos

Una práctica de unidades resulta más útil cuando reproduce decisiones de un análisis, sin presentar cifras inventadas como observaciones reales. El siguiente caso utiliza un objeto ideal y datos definidos para el ejercicio. Su finalidad es revisar conversiones, operaciones y etiquetas, no estimar capacidades de una persona ni prescribir entrenamiento.

Supongamos que una ficha informa masa de 2 kg, desplazamiento rectilíneo de 300 mm y duración de 150 ms. Primero se aclara que el desplazamiento se mide sobre un eje definido y que la duración corresponde al mismo intervalo. Después se convierte a 0,300 m y 0,150 s. La velocidad media en ese eje resulta 2 m/s.

Si también se indica una fuerza constante de 15 N paralela al desplazamiento, su trabajo sobre el objeto es 4,5 J. La potencia media asociada a ese trabajo en el intervalo es 30 W. Esos resultados no permiten calcular la fuerza neta sin conocer las demás fuerzas que actúan sobre el sistema.

En otra situación del mismo ejercicio, la fuerza de 15 N tiene un brazo perpendicular de 80 mm respecto a un punto. Tras convertir a 0,080 m, el momento es 1,2 N·m. La unidad de longitud aparece en ambos cálculos, pero representa desplazamiento en uno y brazo perpendicular en el otro.

Un informe erróneo podría presentar 4500 J y 1200 N·m por conservar 300 y 80 como si fueran metros. Ambos resultados muestran el efecto de omitir la conversión. Otra ficha podría escribir 4,5 N o 1,2 J: los números serían los calculados previamente, pero las magnitudes quedarían mal identificadas.

Para corregir la ficha, el estudiante explica cada transformación y señala qué dato necesita para responder una pregunta adicional. Si se pide la aceleración, no basta con disponer de una fuerza aislada y la masa. Esta última parte permite evaluar comprensión mecánica, además de habilidad aritmética, sin usar un resultado numérico único como evidencia completa de aprendizaje.

Cómo enseñar unidades sin convertirlas en una lista

Las unidades se comprenden mejor cuando acompañan decisiones sobre movimiento y medición. Una secuencia didáctica puede comenzar con una misma longitud expresada de dos maneras y avanzar hacia relaciones entre magnitudes. El propósito es que el alumnado explique qué conserva y qué cambia al transformar un dato, además de obtener un número.

Una primera tarea hipotética utiliza una regla con centímetros y milímetros. El grupo registra la separación entre dos marcas, conserva la unidad de origen y expresa después el mismo valor en metros. Se compara la posición física, que permanece, con las cifras escritas, que cambian. La discusión se centra en la referencia utilizada.

Después puede construirse un cuadrado de papel con dimensiones conocidas y comparar conversión de lados y de área. El dibujo permite ver por qué el factor se aplica dos veces. Una

explicación verbal que diga «multipliqué ambas longitudes antes de obtener la superficie» aporta evidencia diferente de responder correctamente una tabla de equivalencias.

En un nivel posterior, dos equipos revisan un pequeño conjunto de datos hipotéticos con errores intencionales: duración sin unidad, torque en N/m o masa etiquetada como fuerza. Cada equipo localiza el problema, explica sus consecuencias y propone una corrección documentada. No necesita medir un gesto corporal para aprender esta parte del análisis.

La evaluación puede valorar identificación de magnitud, explicación de factor, coherencia de operación y claridad del informe. Si se utiliza una hoja de cálculo, conviene conservar columnas de origen y destino para que el proceso quede visible. Automatizar la conversión después de comprenderla permite revisar más datos sin ocultar la decisión.

Estas propuestas son ejemplos docentes originales adaptables a conocimientos previos y recursos disponibles. No constituyen resultados de una intervención investigada. Su utilidad depende de cómo se desarrollen y se evalúen. La progresión evita exigir todas las unidades mecánicas antes de que el estudiante pueda relacionarlas con una pregunta concreta.

Preguntas frecuentes sobre unidades en biomecánica

Las dudas sobre unidades suelen mostrar una diferencia conceptual que merece explicarse antes de calcular. Estas respuestas reúnen distinciones utilizadas en el texto y conservan el alcance de cada relación. Sirven para revisar una ficha o un informe, especialmente cuando un número parece correcto pero su etiqueta no permite interpretarlo.

¿Se pueden convertir kilogramos a newtons directamente?

No son unidades de la misma magnitud. El kilogramo expresa masa y el newton fuerza. Para calcular el peso de una masa se utiliza P = mg, indicando la aceleración gravitatoria. Convertir kilogramo-fuerza a newtons es otra operación: 1 kgf equivale a 9,80665 N según la unidad convencional.

¿Por qué el torque se expresa en N·m y no en N/m?

El momento de una fuerza combina fuerza con brazo perpendicular; su unidad resulta de un producto. N/m representa fuerza dividida por longitud. Además de conservar la unidad, el cálculo de torque requiere elegir el punto de referencia y la geometría de la línea de acción.

¿Un centímetro cuadrado equivale a 0,01 metros cuadrados?

No. Cada longitud se convierte mediante 1 cm = 0,01 m; en un área el factor aparece dos veces. Por ello, 1 cm² equivale a 0,0001 m². Usar solamente el factor lineal sobre el área produce una superficie cien veces mayor que la correcta.

¿Se usan grados o radianes para calcular v = rω?

En esa forma de la ecuación, ω se introduce en radianes por segundo. Una velocidad angular expresada en grados por segundo se convierte multiplicando por π/180. Deben especificarse el eje de giro y la distancia fija r del punto analizado respecto a ese eje.

¿Una ecuación dimensionalmente correcta demuestra que el cálculo es válido?

La coherencia dimensional es una comprobación necesaria, pero no suficiente. Puede mantenerse aunque se omita un factor numérico, se use una fuerza incompleta o se aplique un modelo fuera de sus supuestos. Deben revisarse también sistema, geometría, datos y significado del resultado.

Referencias

1. Hall, S. J. (2015). *Basic biomechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education. Consulta selectiva del capítulo 3, pp. 62-67. Registro bibliográfico.

2. Pérez Ruiz, O. A., Villegas Sáez, A. F., & Feito Gácita, A. (2021). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Editorial Universitaria. Consulta selectiva de pp. 55-60. Registro bibliográfico.

3. Sanz Arazuri, E., & Ponce de León Elizondo, A. (2023). *Biomecánica de la actividad física y el deporte: Problemas resueltos*. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones. Relación angular y lineal, p. 22. Edición universitaria.

4. Bureau International des Poids et Mesures. (2026). *Le Système international d'unités / The International System of Units* (9th ed., actualización de 2026). https://doi.org/10.59161/AUEZ1291. Definiciones y convenciones contrastadas con el resumen oficial del SI.

5. National Institute of Standards and Technology. (s. f.). *NIST guide to the SI, Appendix B.9: Factors for units listed by kind of quantity or field of science*. Apartados de fuerza y momento de fuerza. Tabla oficial de conversiones.

6. Pierrynowski, M. R., & Galea, V. (2001). Enhancing the ability of gait analyses to differentiate between groups: Scaling gait data to body size. *Gait & Posture, 13*(3), 193-201. https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00097-2. Alcance consultado: resumen original y pasaje introductorio de la versión editorial.