

A) Definición de Fuerzas

La primera noción que se tiene de fuerza es la actividad muscular. Se dice que, por ejemplo, el levantador de pesas capaz de levantar 120 [kg] es “fuerte” o “tiene mucha fuerza”

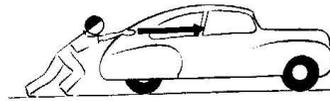


Figura 1) Para que exista fuerza, deben existir dos agentes.

Se denomina fuerza a cualquier causa o agente físico que produce

- Cambios en el estado de movimiento
- Deformación de los objetos
- Equilibrio o pérdida de equilibrio

Los objetos no tienen fuerza por sí solos, por lo que la fuerza no es una propiedad intrínseca de los cuerpos. Para que exista una fuerza tienen que existir al menos dos agentes que interactúan entre sí: uno que **aplica** la fuerza y otro que la **recibe**. Se habla de “la fuerza que actúa sobre un objeto y que produce efectos en él” ó “la fuerza ejercida por un objeto sobre otro”.

Existen dos tipos de fuerzas (ver figura 2):

- Las fuerzas de **contacto**, en las cuales se **requiere contacto físico directo**. Ejemplos: fuerza elástica, tensión, normal, roce, etc.
- Las **fuerzas de campo o de distancia**, en las cuales no existe contacto físico directo, sino que se produce una interacción a distancia a través de un **campo** generado por los cuerpos implicados. Las tres fuerzas más conocidas de este tipo son: la fuerza gravitacional (relacionada con el peso), la fuerza eléctrica y la fuerza magnética.

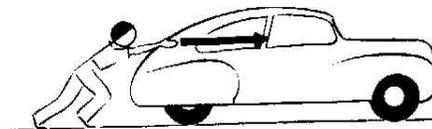
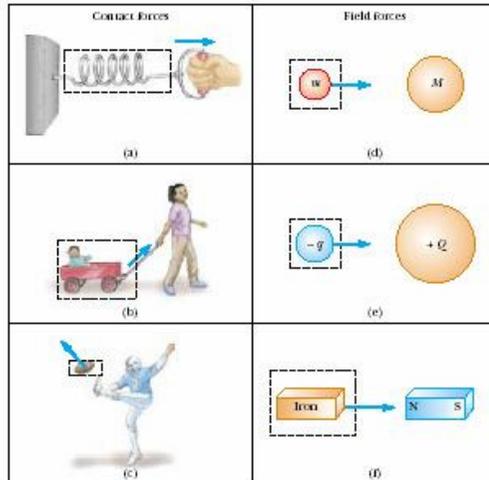


Figura 3) Aplicación de fuerzas

B) Medición de Fuerzas

Vamos a medir fuerza y definir unidades de fuerza a partir de uno de sus efectos más comunes: la adquisición de aceleración. Para ello vamos a usar el tercer principio de Newton (que será explicado posteriormente): Considere un cuerpo de masa m sobre superficie lisa (sin roce), al cual se le aplica una fuerza F, adquiriendo una aceleración a. Se cumple que:

$$F = m \cdot a$$

Definiendo las unidades

- **Sistema MKS:** Si se aplica una fuerza a un cuerpo de 1[kg] de masa, de modo que este adquiera una aceleración de 1 [m/s²], la fuerza aplicada corresponde a **1 Newton** (1 [N] = 1 [kg · m/s²]).
- **Sistema CGS:** Si se aplica una fuerza a un cuerpo de 1[g] de masa, de modo que este adquiera una aceleración de 1 [cm/s²], la fuerza aplicada corresponde a **1 Dyna** (1 [Dy] = 1 [g · cm/s²]).
 $1[N] \equiv 10^5 [dy]$
- **Sistema Técnico Métrico:** El kilopondio o kilopeso ([kp], [kgf], [kgp], [\overline{kg}]).
 $1[kp] \equiv g[N]$

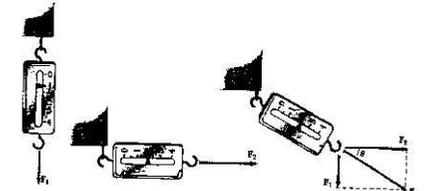


Figura 4) La fuerza se puede medir con un dinamómetro

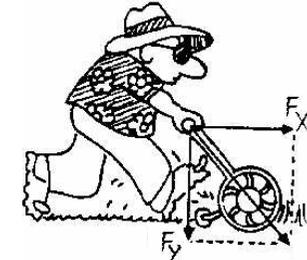


Figura 5) La fuerza aplicada por el hombre sobre la cortadora de pasto tiene dos componentes: una que aplasta la cortadora contra el suelo (Fy), y otra que la hace avanzar (Fx)

Uno de los instrumentos más conocidos para medir fuerzas es el dinamómetro (ver figura 4), que consiste en un gancho adherido a un resorte en el cual se cuelga el cuerpo al que se le quiere medir la fuerza.

D) La fuerza como vector y la fuerza neta

La fuerza es una cantidad física **vectorial**, pues tiene las cuatro características de un vector: punto de aplicación, dirección, sentido y magnitud. En las figuras 5 y 6 se aprecian situaciones en las que se visualiza el carácter vectorial de la fuerza.

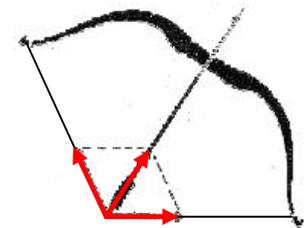


Figura 6) Las dos fuerzas que ejercen las cuerdas de un arco sobre la flecha equivalen a una fuerza suma vectorial

En la figura 7 se aprecia un bote que navega a través de un río tirado a cada lado de la orilla por dos perros, que aplican fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 de igual magnitud F y las direcciones mostradas en la figura. Las fuerzas se pueden expresar vectorialmente como:

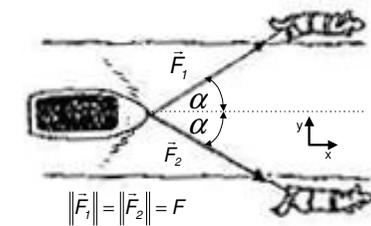


Figura 7) Bote en un río tirado por perros.

$$\vec{F}_1 = F \cdot [\cos(\alpha) \cdot \hat{x} + \sin(\alpha) \cdot \hat{y}]$$

$$\vec{F}_2 = F \cdot [\cos(\alpha) \cdot \hat{x} - \sin(\alpha) \cdot \hat{y}]$$

Cuando a un cuerpo se le aplican dos o más fuerzas (ver figura 8) se produce en este un efecto equivalente al de una sola fuerza, a la que llamamos **fuerza total, equivalente, neta o resultante**, que corresponde a la suma vectorial de todas las fuerzas implicadas.

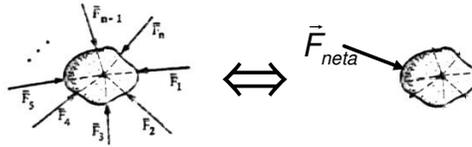


Figura 8) Definición de fuerza neta

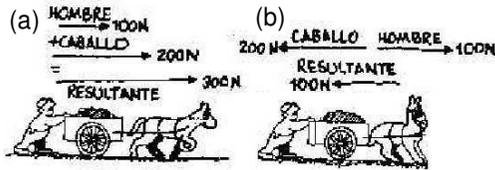


Figura 9) Fuerza neta o resultante de: a) dos fuerzas de igual dirección y sentido; b) dos fuerzas de igual dirección y sentidos opuestos.

En las figuras 9a, 9b y 10 se aprecian diversos casos de fuerza neta.

FUERZAS APLICADAS	FUERZA TOTAL

Figura 10) Diversos casos de fuerza neta

Para la situación de la figura 7, la fuerza neta está dada por $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 2 \cdot F \cdot \cos(\alpha) \cdot \hat{x}$. Se aprecia que las componentes verticales se anulan, quedando solamente una componente horizontal, que permite al bote avanzar en línea recta a través del río.

E) Diagramas de Cuerpo Libre (DCL)

Es un diagrama en el cual se indican todas las fuerzas que **actúan** sobre un cuerpo (no incluye las que el cuerpo aplique a entes externos), obteniéndose la fuerza neta sobre éste. Con ello, y aplicando el Segundo Principio de Newton, se pueden plantear las expresiones que permitan calcular la incógnita del problema de fuerzas (alguna de las fuerzas, la

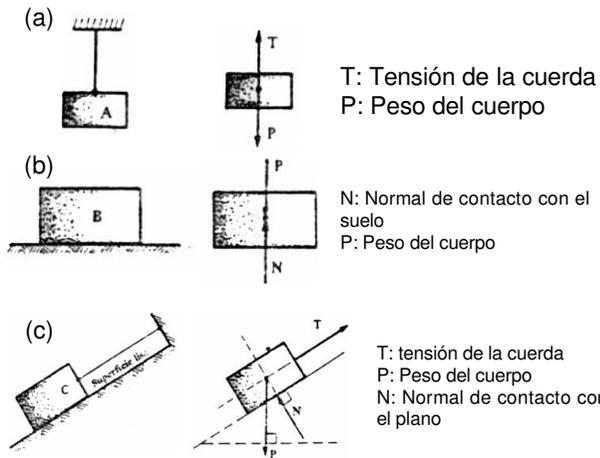


Figura 11) Diagramas de cuerpo libre. (a) cuerpo suspendido en una cuerda y en reposo; (b) cuerpo apoyado en una superficie horizontal y en reposo; (c) cuerpo en un plano inclinado y en reposo

fuerza neta, la aceleración del cuerpo, etc.). En la figura 11 se aprecian algunos ejemplos de DCL.

F) Peso

El peso es la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo producto de la interacción gravitacional entre ambos. Su magnitud es $m \cdot g$, donde g es la aceleración de gravedad (que en general disminuye con la altura, pero que en las cercanías de la superficie terrestre se puede considerar como constante de magnitud $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ (valor exacto) ó $10 \text{ [m/s}^2\text{]}$ (valor aproximado para cálculos). La fuerza es de atracción del cuerpo a la tierra, por lo que apunta hacia el centro del planeta (ver figura 12)

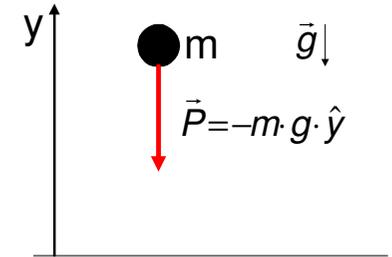


Figura 12) Definición de peso

Respecto al peso, existe un abuso conceptual en el que hasta los físicos suelen caer: confundir "masa" con "peso". Este se da en frases como "**fulanito pesa 90[kg]**", en la cual los [kg] hacen referencia a una **masa**, mientras que la palabra "pesa" hace referencia al **peso**, que es una **fuerza**. Ambas cantidades físicas son conceptualmente diferentes, aunque relacionados, pues $P = M \cdot g$, donde P es la magnitud del peso, g es la aceleración de gravedad y M es la masa. En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre ambos conceptos

MASA (M)	PESO (P)
<ul style="list-style-type: none"> Cantidad Escalar Es propia del cuerpo. Independiente de la aceleración de gravedad. 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad Vectorial (Fuerza) Surge de la interacción con la Tierra. Dependiente de la aceleración de gravedad.

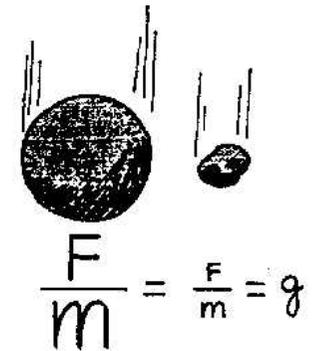


Figura 13) La masa no influye en la aceleración de gravedad

Ello explica el resultado del experimento de Galileo, en cuanto a que los cuerpos caen de igual manera independientemente de su masa (ver figura 13)

En el espacio, la aceleración de gravedad es menor, por lo que el peso es menor. Sin embargo, la masa permanece constante, pues no depende de g . Ello explica porqué un astronauta puede tener la misma masa, pero diferente peso en diferentes puntos del espacio (ver figura 14).

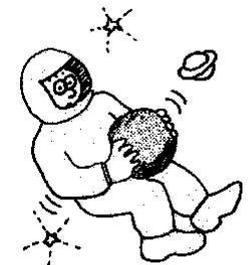


Figura 14) Masa y peso de un astronauta

Física General I Paralelos 05 y 22. Profesor Rodrigo Vergara R

Para mitigar este abuso conceptual, se suele usar el kilopondio. Así, el peso de un cuerpo de masa M [kg] está dado por:

$$P = M \cdot g \text{ [N]}$$

Aplicando la equivalencia en [kp]

$$P = M \cdot g \text{ [N]} \cdot \frac{1[\text{kp}]}{g \text{ [N]}} = M \text{ [kp]}$$

Luego, a nivel terrestre, la masa de un cuerpo en [kg] es numéricamente igual a su peso en [kp].

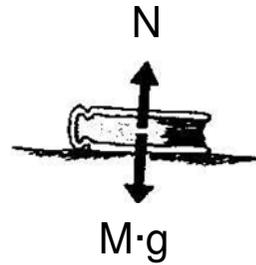


Figura 15) Libro de masa M encima de una mesa

Fuerza normal

Considere un libro de masa M en reposo, puesto encima de una mesa mostrado en la figura 13. Sobre este libro actúan dos fuerzas. Una de ellas es el peso del libro, y la otra fuerza, que lo mantiene en reposo (fuerza neta cero) es la **fuerza de contacto "normal"**, denominada así por ser perpendicular a la superficie de contacto. Toda vez que un cuerpo está en contacto con otro cuerpo o con una superficie, ésta le aplicará una fuerza normal. En la figura 16 se muestran normales para diferentes situaciones.

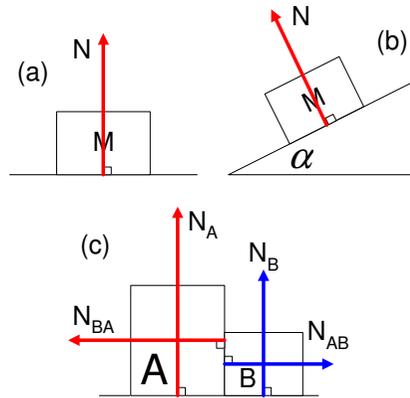


Figura 16) Normales en diferentes situaciones. (a) plano horizontal; (b) plano inclinado; (c) cuerpos en contacto

Fuerza de roce

Se denomina roce o fricción a aquella fuerza que aparece en la superficie de contacto de dos cuerpos diferentes en movimiento relativo. Siempre que la

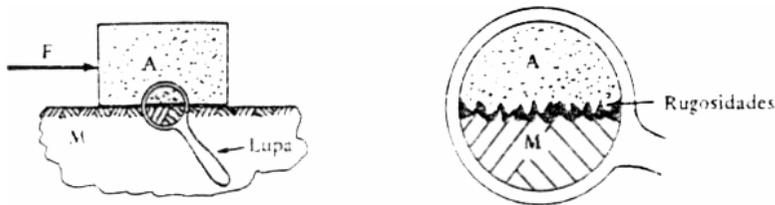


Figura 17) Rugosidad en superficies de contacto que causan la existencia de fuerzas de roce

superficie de un cuerpo se desliza sobre la de otro, cada cuerpo ejerce una fuerza de roce sobre el otro, siendo dichas fuerzas paralelas a la superficie y constituyendo ambas un par acción reacción.

Física General I Paralelos 05 y 22. Profesor Rodrigo Vergara R

Se debe en gran medida a las irregularidades de las superficies que entran en contacto, como las que se aprecian en la figura 17. Su intensidad depende del tipo de materiales en contacto y de la intensidad con que una superficie comprime a la otra.

Por definición, el roce se opone al movimiento, por lo que la fuerza de roce tendrá sentido opuesto a éste, tal como se aprecia en la figura 18.

En la siguiente tabla se muestran las ventajas y las desventajas de la existencia de roce.

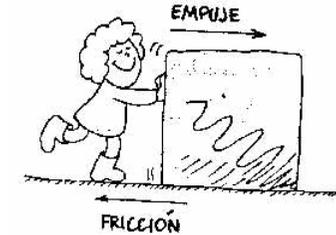


Figura 18) La fuerza de roce se opone al movimiento.

Ventajas del roce	Desventajas del roce
<ul style="list-style-type: none"> • Permite que los autos avancen, que las personas caminen y que los clavos cumplan su función, entre otras cosas. • Explican el porqué se le ponen cadenas a las ruedas de los autos para transitar en zonas de nieve, o porqué los neumáticos para lluvia tienen dibujos o surcos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas de energía en los mecanismos • Menor eficiencia de las máquinas. Un porcentaje no despreciable de la potencia de los motores se usan para vencerlo. • Desgaste de los cuerpos que permanecen en contacto (ruedas, suelas de los zapatos, ejes, cojinetes, etc)

Más adelante se analizará este tema con más detalle (roce estático y dinámico, coeficientes de roce, roce viscoso, etc)

Tensión de una cuerda

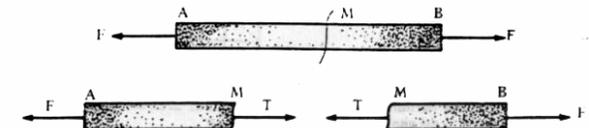


Figura 19) Definición de tensión de una cuerda

Las tensiones son aquellas fuerzas internas que aparecen en el interior de los cuerpos flexibles (cuerdas, cables) o barras, tratando de evitar su posible estiramiento.

Actúan a lo largo de estos cuerpos manteniendo constante su valor, excepto en los puntos donde haya contacto con otros cuerpos (ver figura 19). Si la cuerda es inextensible y de masa despreciable, se considera ideal.

En la figura 20, un cuerpo de masa M es colgado en una cuerda. Producto del peso del cuerpo, la cuerda se va a tensionar, es decir, adquiere una tensión T que se aplica sobre el cuerpo. Si éste tiene aceleración nula (es decir tiene velocidad constante o nula) la tensión es igual al peso.

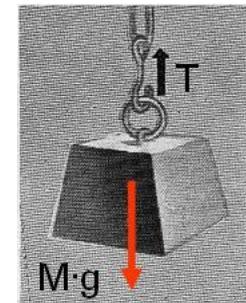


Figura 20) Tensión de una cuerda de la que cuelga una masa en reposo

En la figura 21a, se aprecia un cuerpo de peso 10 [N] colgando de una cuerda que soporta su peso completo. En la figura 21b, se ve el mismo cuerpo soportado por dos cuerdas, dispuestas de manera que ambas soporten la mitad del peso. Finalmente, en la figura 21c se ve un niño colgando de un trapecio, donde cada una de las cuerdas soporta la mitad de su peso.

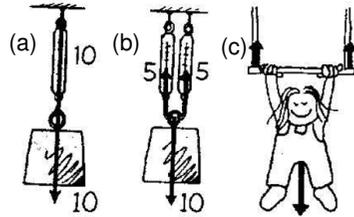


Figura 21) (a) Peso concentrado en una cuerda; (b) Peso igualmente repartido entre dos cuerdas; (c) Niño colgando en un trapecio, entre cuyas dos cuerdas se reparte su peso.

Fuerza de un resorte

Un resorte al que no se le aplica ninguna fuerza está en estado de equilibrio y tiene un largo natural L_0 (ver figura 22b).

Los resortes tienden naturalmente a buscar su estado de equilibrio. Así, si un resorte es estirado o comprimido por una fuerza externa, generará una fuerza interior \vec{F}_{res} que tenderá a restaurar su situación de equilibrio.

- Si un resorte está **comprimado** en una distancia $\Delta\ell$ respecto a su largo natural, el resorte aplicará una fuerza interna \vec{F}_{res} que hará que el resorte se **estire** (figura 22a)
- Si un resorte está **estirado** en una distancia $\Delta\ell$ respecto a su largo natural, el resorte aplicará una fuerza interna \vec{F}_{res} que hará que el resorte se **comprima** (figura 22c)

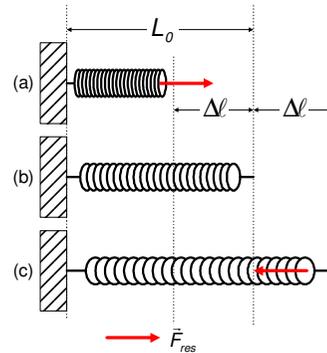


Figura 22) Resortes en diferentes estados. (a) comprimido; (b) en su largo natural; (c) estirado

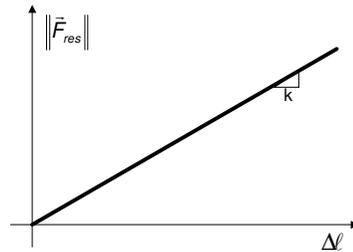


Figura 23) Ley de Hooke

En el caso de los resortes ideales, el alargamiento o acortamiento $\Delta\ell$ de un resorte con respecto de su largo natural es proporcional a la fuerza que actúa sobre él. Esto se conoce como Ley de Hooke, se ilustra en la figura 23 y su ecuación es:

$$F_{res} = \|\vec{F}_{res}\| = k \cdot \Delta\ell$$

Donde k es la constante de rigidez o coeficiente de elasticidad del resorte, que es un parámetro que depende el material de éste.