Unidad 4

Fuerzas y ley de Hooke

En esta unidad:

- **Conocerás y comprenderás:**
  - las características de una fuerza;
  - los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos;
  - la ley de Hooke y sus aplicaciones.
- **Desarrollarás habilidades para:**
  - aplicar la correlación simple para analizar e interpretar datos que relacionan dos variables, como la fuerza aplicada a un resorte y la elongación producida en este;
  - resolver problemas relacionados con fuerzas;
  - reconocer la importancia de la ley de Hooke en el desarrollo de instrumentos para medir fuerzas, como el dinamómetro.
- **Desarrollarás actitudes para:**
  - promover la realización de ejercicio físico como una forma de cuidado de la musculatura.

Para comenzar...

1. En cada caso identifica las fuerzas que actúan y represéntalas por vectores.
2. ¿Cuál es la característica común en todas las fotografías?
3. Indica qué materiales vuelven a su estado original cuando se deja de aplicar fuerza.
4. Observa la imagen del trampolín, ¿qué puede suceder cuando varias personas saltan al mismo tiempo sobre este? Explica tu respuesta en términos de la fuerza aplicada.
5. De acuerdo a tu respuesta anterior, ¿qué material podría mantener el comportamiento inicial del trampolín?
6. ¿Todos los materiales pueden experimentar deformación?

1 Identifica las fuerzas que actúan en cada caso.

a.


b.

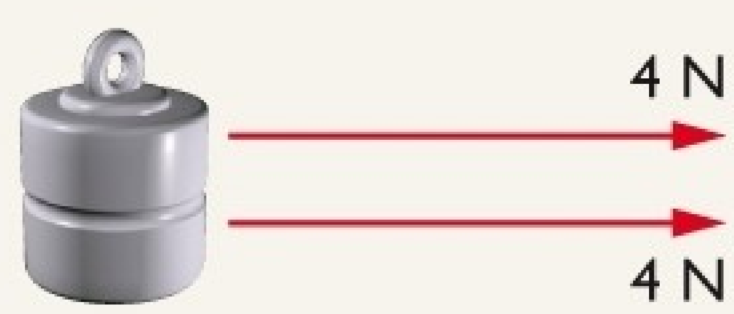

NASA

c.


d.


e.


2 En las siguientes figuras se muestra el módulo y la dirección de varias fuerzas aplicadas sobre una masa. En cada caso, indica la fuerza resultante.

a.


b.


c.


3 Se ideó un experimento para medir la distancia que recorre una piedra cada 1 segundo al caer de un cerro de 125 metros de altura. Un inexperto ayudante de investigador tomó los siguientes apuntes: *"A los 4 segundos la piedra recorre 80,1 metros; 5,2 metros ha recorrido la piedra en el primer segundo; 3 segundos se demora en recorrer 45 metros; al comienzo del experimento, la piedra no hace ningún recorrido; la piedra llega al suelo en 5 segundos; en 2 segundos la piedra recorre 19,8 metros"*.

a. Identifica las variables de estudio y sus unidades de medida, ordena la información en una tabla.
b. ¿Cuál es la variable dependiente y la variable independiente?
c. Representa la información de la tabla en un gráfico.
d. ¿Cómo es el gráfico resultante?, ¿de forma lineal o curva?
e. ¿Qué distancia aproximada recorre la piedra en 0,5 segundos?
f. ¿Cuál es el módulo de la velocidad promedio de la piedra?
g. ¿Cuál es el módulo de la velocidad de la piedra en cada segundo?, ¿permanece constante? Explica tu respuesta.

4 En la tabla se muestra la fuerza de roce del aire sobre una bicicleta que aumenta su rapidez.

Rapidez (m/s)	Roce (N)
0	0
1	10
2	20
3	70
4	130
5	200

a. Realiza el gráfico que representa la fuerza de roce vs. la rapidez del móvil.
b. ¿Qué rapidez aproximada lleva el ciclista cuando el roce es de 100 N?
c. A partir del gráfico, ¿es posible predecir la magnitud de la fuerza de roce cuando el ciclista supera los 5 m/s? Justifica tu respuesta.
d. Representa en un esquema simple las fuerzas que actúan sobre el ciclista.

Reviso

- Revisa el **Solucionario** y completa tu puntaje en el cuadro.

Descriptor	Pregunta	Puntaje
Identificar distintos tipos de fuerzas.	1	
Estimar la fuerza resultante en un sistema de fuerzas.	2	
Ordenar datos en una tabla, reconocer variables, unidades de medidas y su significado físico.	3	
Ordenar información en un gráfico.	4	
Analizar e interpretar datos para formular hipótesis o explicaciones.		

1. Fuerzas

Para levantar o mover un objeto, por ejemplo empujar un carro o levantar una bolsa del suelo, ejercemos una **fuerza.** En general, las fuerzas se estudian en función de su efecto sobre los cuerpos; las más conocidas en nuestra vida cotidiana son aquellas que usamos para empujar o efectuar tracción sobre los cuerpos. Así, una fuerza es una **interacción entre dos o más cuerpos,** sobre los que puede provocar distintos efectos, como producir cambios en el estado de movimiento de un cuerpo, deformación, entre otros efectos. La unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional (SI), es el newton (N), que representa la fuerza necesaria para producir una aceleración de 1 m/s^2 sobre un cuerpo de 1 kg, es decir:

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

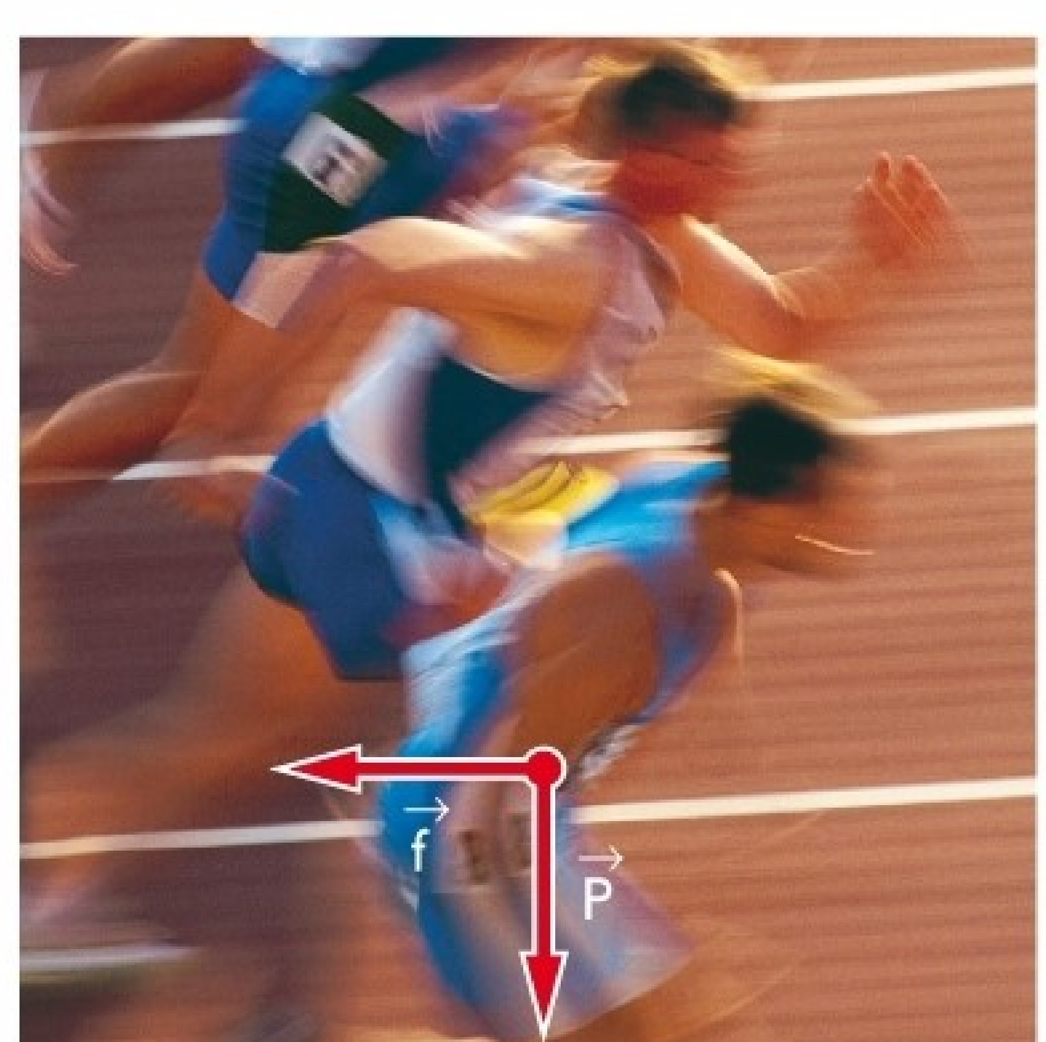
En ciencias, la disciplina que estudia los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos es la **dinámica.**

Fuerzas de contacto

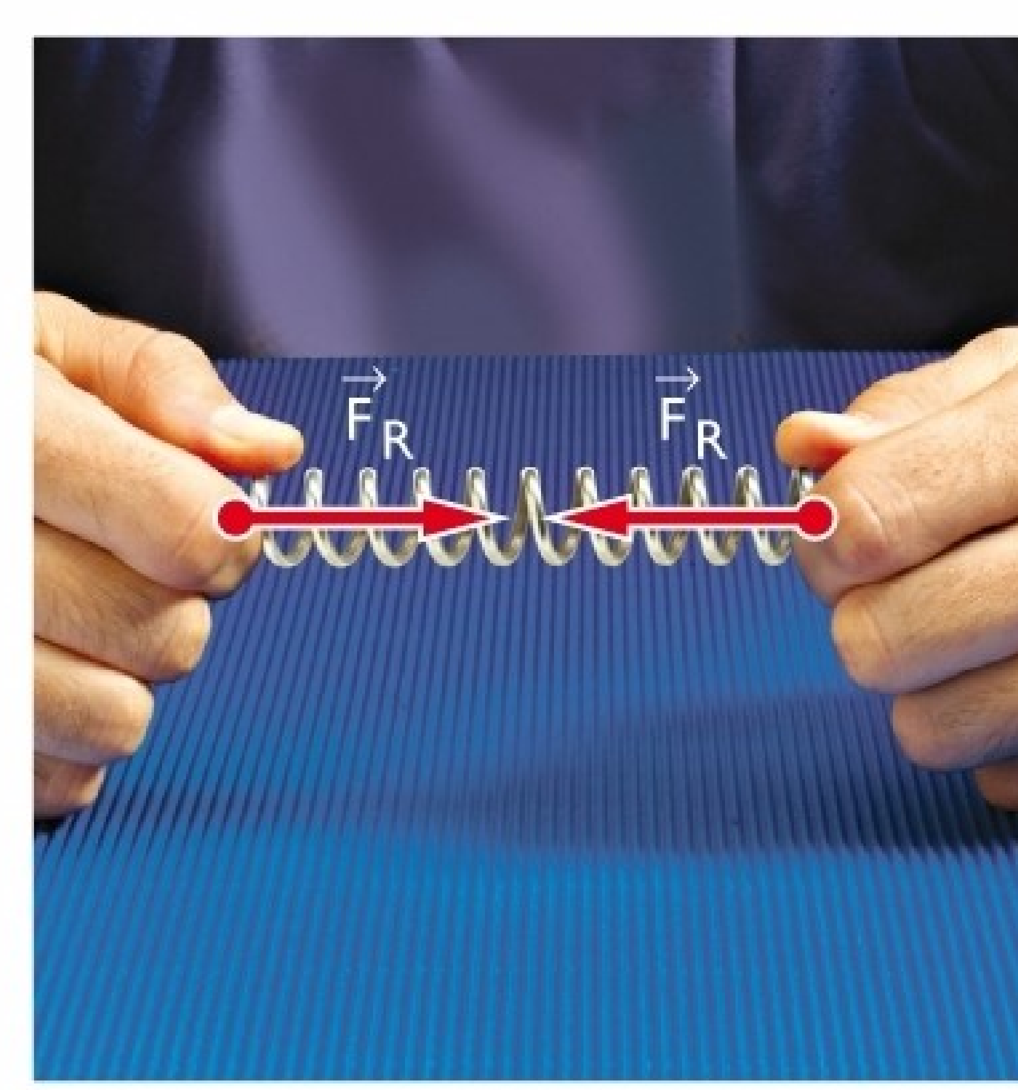
La mayor parte de las fuerzas que aplicamos cotidianamente, interactúan en forma directa sobre los cuerpos, por esto se denominan **fuerzas de contacto.** Este tipo de fuerzas tiene origen atómico y se ejerce entre las moléculas de la superficie de los cuerpos que interactúan. Algunos ejemplos son la fuerza de roce, la fuerza normal y la fuerza elástica, entre otras.

- **Fuerza normal ($\vec{N}$).** Siempre que exista contacto entre un cuerpo y una superficie, se desarrolla una fuerza de reacción ejercida perpendicularmente hacia arriba por la superficie de contacto, a esta fuerza se le denomina fuerza normal.
- **Fuerza de roce ($\vec{f}$).** Es toda fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo, debido al contacto entre el cuerpo y una superficie o bien al contacto entre el cuerpo y un fluido. Un tipo de fuerza de roce es el **roce por deslizamiento ($\vec{f}_\mu$),** que ocurre cuando las superficies de dos cuerpos sólidos se deslizan una sobre otra. La magnitud del roce por deslizamiento se relaciona directamente con el **tipo de superficies** interactuantes y con la **masa** del cuerpo. En los fluidos, como el aire y el agua, se ejercen **fuerzas de roce viscoso.** Estas tienen su origen en las fuerzas intermoleculares propias de los fluidos, las cuales se oponen al libre movimiento de los cuerpos a través de estos.
- **Fuerza elástica ($\vec{F}_R$).** Es una fuerza que ejercen los cuerpos con propiedades elásticas. Su magnitud depende de las **características estructurales** de los materiales elásticos y de la **elongación** del cuerpo desde la posición de equilibrio.

Fuerza normal y peso.



Fuerza de roce y peso.



Fuerza elástica.

Fuerzas de campo

Otros tipos de fuerzas son aquellas en que la acción es ejercida a distancia, es decir, sin contacto entre los cuerpos que interactúan; estas se denominan **fuerzas a distancia** o **fuerzas de campo.** Algunos ejemplos son la fuerza de gravedad, la fuerza eléctrica y la fuerza magnética.

La acción de las fuerzas a distancia se explica a través del concepto de **campo,** que actúa como un agente intermediario entre los cuerpos. Por ejemplo, la Tierra crea un campo gravitatorio debido a su masa y este ejerce una acción sobre la Luna; esta, a su vez, desarrolla un campo gravitatorio, producto de su masa, el que actúa como fuerza de atracción sobre la Tierra.

- **Fuerza de atracción gravitacional ($\vec{F}_G$).** Es una fuerza de atracción que depende de la **masa** de los cuerpos interactuantes y de su distancia de separación. Se escribe:

$$\vec{F}_G = G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2}\,\hat{r}$$

Donde **G** es la **constante gravitatoria,** cuyo valor es $6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2/kg; $\mathbf{m_1}$ y $\mathbf{m_2}$ son las masas de los cuerpos; y **r** es la distancia de separación entre ambos, considerada desde el centro de cada uno. La fuerza de atracción gravitacional es proporcional a la masa de los cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación. Es decir, mientras mayor masa, mayor fuerza de atracción gravitacional; mientras mayor distancia, menor fuerza de atracción gravitacional.

El peso ($\vec{P}$) es la fuerza de gravedad que ejerce un cuerpo celeste sobre los cuerpos de menor masa ubicados en su superficie o en sus cercanías. Su expresión es:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Donde **m** es la masa del cuerpo y $\vec{g}$ la **aceleración de gravedad,** la que depende de la distancia de separación entre el centro del cuerpo de menor masa y el centro del cuerpo celeste. En la superficie de laTierra, la mayoría de los cuerpos se ubican a una distancia de separación cercana al radio terrestre y **g** tiene un valor aproximado de 9,8 m/s^2. Por razones prácticas, su valor se aproxima a 10 m/s^2.

- **Fuerza eléctrica** ($\vec{F}_q$), o fuerza de **Coulomb,** es la fuerza de interacción desarrollada entre dos partículas cargadas en reposo. Depende de la **magnitud de las cargas eléctricas** y de la **distancia de separación** entre ellas.

- **Fuerza magnética** o **fuerza de Lorentz.** Es la fuerza ejercida por un **campo magnético** sobre una **carga eléctrica** en movimiento. Depende de la magnitud de la carga eléctrica y del campo eléctrico y magnético en el cual se mueve la carga eléctrica.

Fuerza de atracción gravitacional.

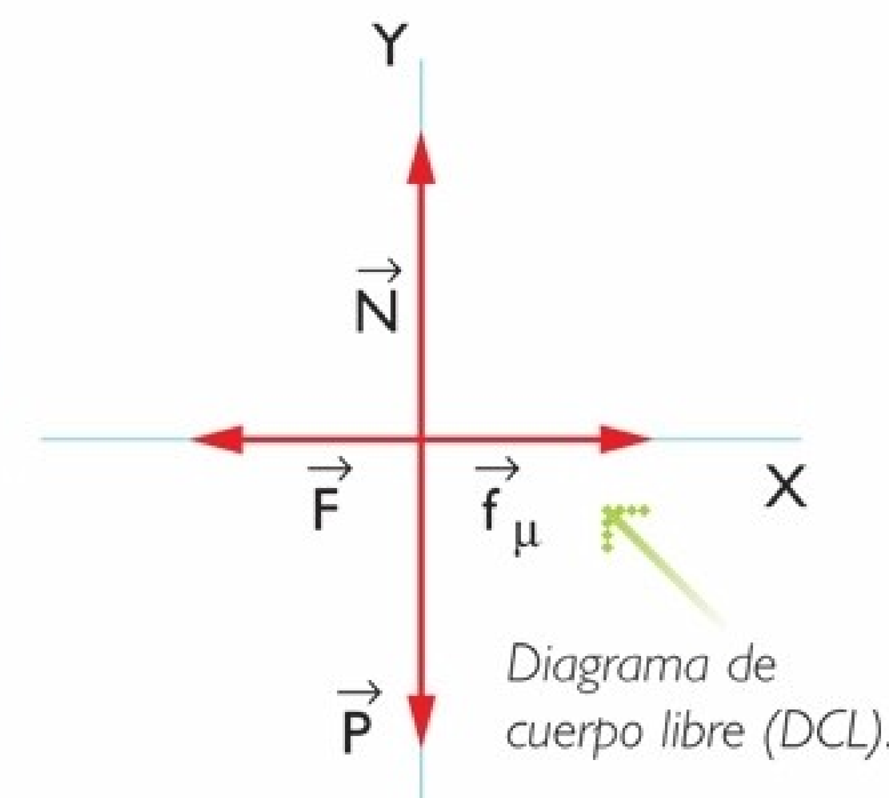
Fuerza eléctrica.

Fuerza magnética.

2. El vector fuerza

La fuerza es una **magnitud vectorial** y, como tal, para ser correctamente descrita se debe especificar su módulo, dirección y sentido.

Para representar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se utiliza el **diagrama de cuerpo libre** (DCL). En el DCL se fija un marco de referencia en el cuerpo, el cual se representa como un objeto puntual, y en su centro se intersecan dos ejes de coordenadas cartesianas, que permitirán representar vectorialmente todas las fuerzas que actúan sobre él. En el DCL, los vectores deben indicar correctamente la dirección de la fuerza, y su longitud debe ser proporcional a la magnitud o módulo de la fuerza.



Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo estas se combinan de forma que producen un solo efecto. Esto se debe a que las fuerzas combinadas generan una **fuerza resultante** o **fuerza neta** $\vec{F}_N$, que representa la **suma vectorial** de todas las fuerzas sobre el cuerpo, es decir:

$$\vec{F}_N = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots\ldots\ldots \vec{F}_n$$

Componentes de una fuerza

El método más utilizado para sumar magnitudes vectoriales, como las fuerzas, es el método de las componentes rectangulares. En él se representan todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. Veamos las fuerzas que actúan sobre la caja. En dirección vertical: la fuerza normal $\vec{N}$ y el peso $\vec{P}$. En dirección horizontal: la fuerza de roce $\vec{f}_\mu$ y la fuerza ejercida por la joven $\vec{F}$. En este caso, las fuerzas aplicadas tienen diferentes direcciones y/o sentidos; entonces, la fuerza neta tendrá componentes verticales y horizontales cuyas magnitudes dependerán del módulo de cada fuerza:

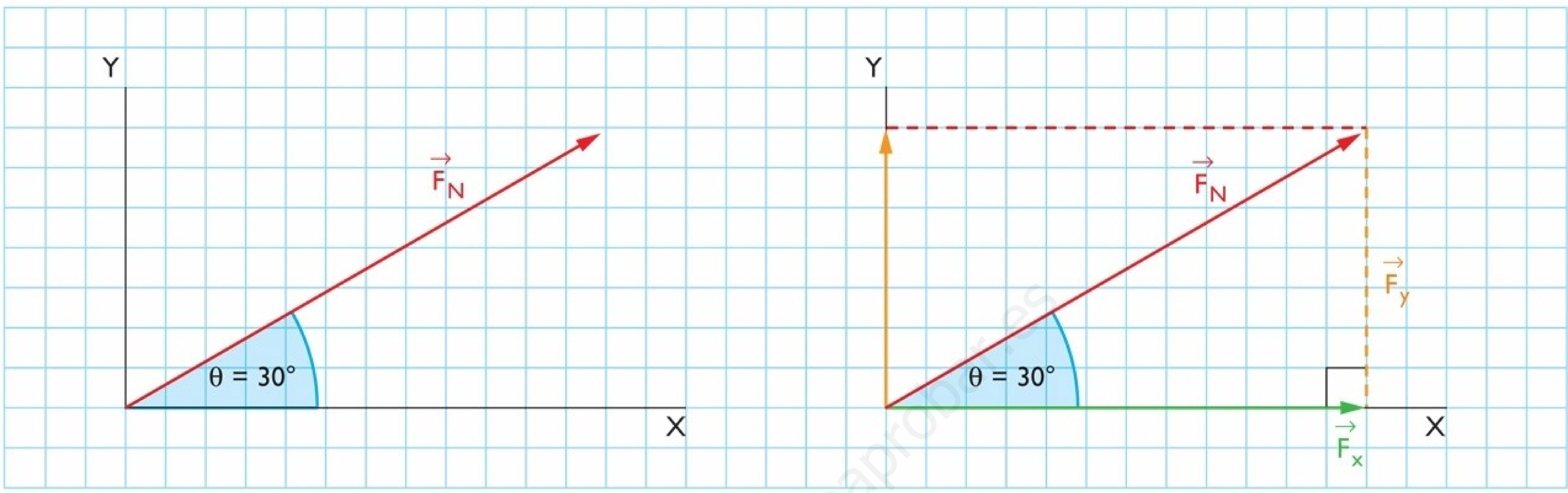
$$\vec{F}_N = (f_\mu - F)\hat{x} + (N - P)\hat{y} = F_x\,\hat{x} + F_y\,\hat{y}$$

Para encontrar la magnitud de la fuerza resultante $\vec{F}_N$ utilizamos el teorema de Pitágoras:

$$\vec{F}_N = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Donde F_x y F_y son las componentes horizontales y verticales de F_N, respectivamente.

Así como se puede encontrar la fuerza resultante $\vec{F}_N$ a partir de las componentes perpendiculares entre sí, también esta fuerza $\vec{F}_N$ se puede descomponer en sus proyecciones sobre los ejes coordenados. La proyección del vector sobre el eje x se conoce como $\vec{F}_x$ y la proyección sobre eje y es $\vec{F}_y$. Cada componente puede ser positiva o negativa, dependiendo de la posición de $\vec{F}_N$ respecto al centro del eje de coordenadas.



Fuerza neta aplicada sobre un cuerpo ($\vec{F}_N$)

Proyecciones de $\vec{F}_N$ sobre los ejes coordenados

En el esquema, la fuerza neta y sus componentes forman un triángulo rectángulo. En él, el lado opuesto al ángulo de 90° es la **hipotenusa**. En este caso, la hipotenusa es igual al módulo del vector $\vec{F}_N$. Así, el ángulo θ tendrá un **cateto opuesto** F_y, y un **cateto adyacente** F_x.

Las componentes F_x y F_y se obtienen utilizando las **funciones trigonométricas básicas: seno** y **coseno** de un ángulo, que se obtienen de la relación entre los lados del triángulo y la hipotenusa:

$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_y}{F_N} \quad \blacktriangleright \quad \boxed{F_y = F_N \cdot \text{sen } \theta}$$

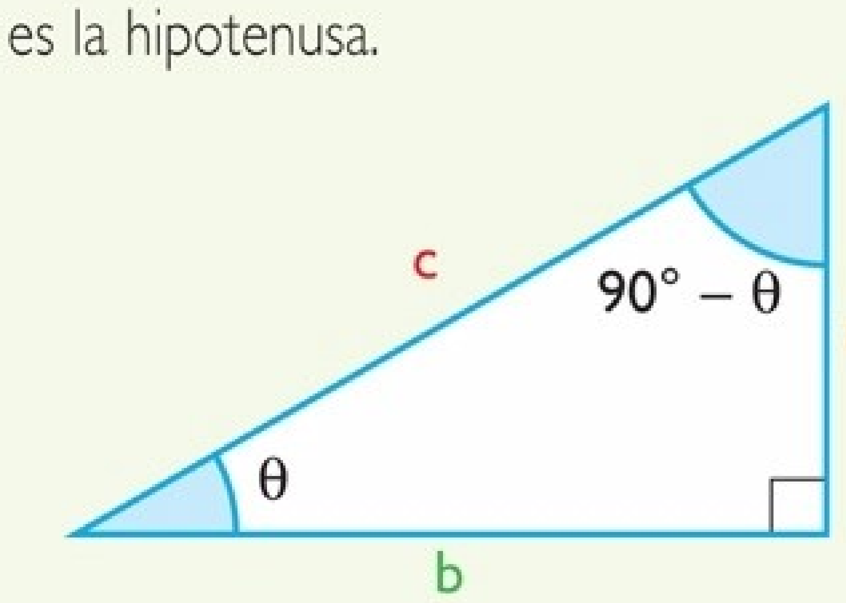
$$\cos \theta = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_x}{F_N} \quad \blacktriangleright \quad \boxed{F_x = F_N \cdot \cos \theta}$$

La orientación de la fuerza resultante $\vec{F}_N$, relativa al eje x, está dada por el ángulo θ, que se obtiene de la forma:

$$\text{tg } \theta = \frac{\text{sen } \theta}{\cos \theta} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} = \frac{F_y}{F_x} \quad \blacktriangleright \quad \boxed{\theta = \text{arctg } \frac{F_y}{F_x}}$$

Dato

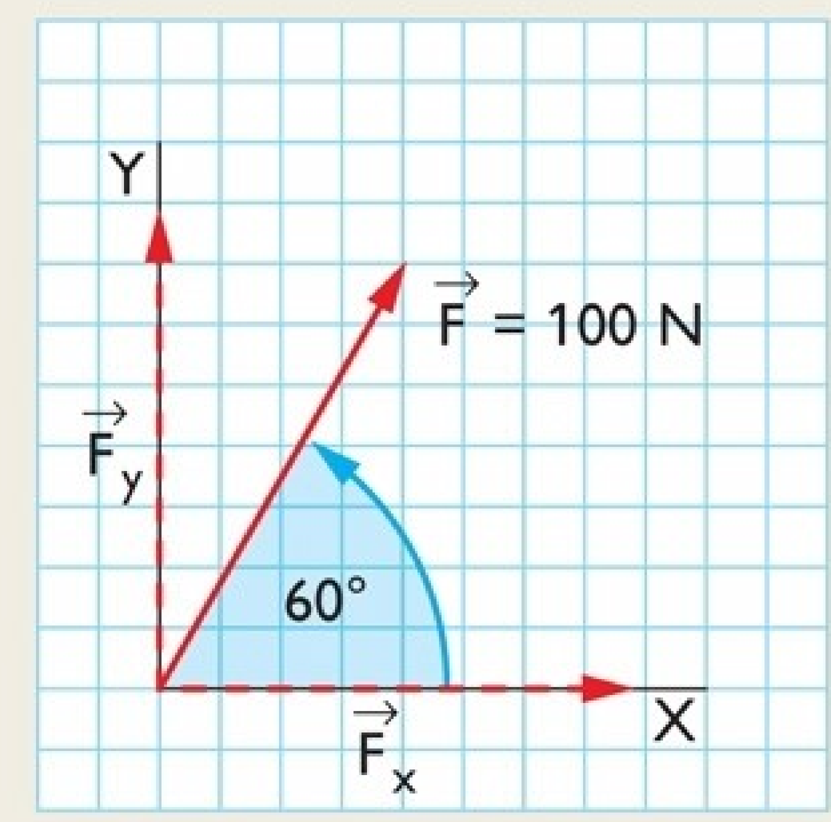
La trigonometría basa su estudio en las propiedades del triángulo rectángulo. Por definición, un triángulo rectángulo es aquel que tiene un ángulo de 90°. En el triángulo, el lado **a** es el cateto opuesto al ángulo θ, el lado **b** es el cateto adyacente al ángulo θ y el lado **c** es la hipotenusa.



Ejercicio resuelto

1. Determina las componentes de una fuerza de magnitud 100 N que forma un ángulo de 60° con el eje X, en sentido positivo. Dibuja un esquema del ejercicio.

- Dibujamos el esquema que representa la fuerza:

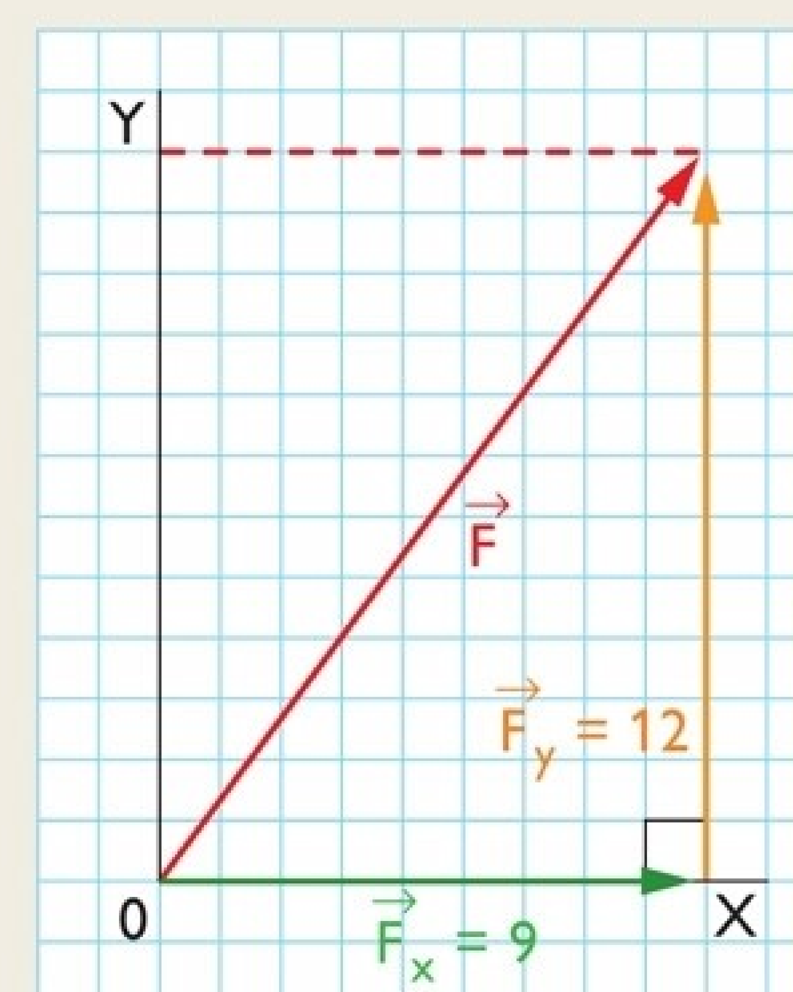


- Ahora, de acuerdo a las definiciones de las funciones trigonométricas es posible estimar las componentes $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$, si conocemos el ángulo θ. Según el enunciado del problema: $\theta = 60°$.

- Entonces:

$$F_y = F \cdot \text{sen}\ \theta = 100 \text{ sen } 60° \text{ N} = 86 \text{ N}$$
$$F_x = F \cdot \cos \theta = 100 \cos 60° \text{ N} = 50 \text{ N}$$

2. Las componentes de una fuerza $\vec{F}$ aplicada sobre un bloque de madera son: $\vec{F}_x = 9\ \hat{x}$ N y $\vec{F}_y = 9\ \hat{y}$ N. Calcula el módulo de la fuerza y el ángulo que forma $\vec{F}$ con el eje X. Representa las componentes en un esquema.



En este caso, conocemos las componentes y desconocemos el ángulo.

- El módulo de la fuerza se calcula aplicando el teorema de Pitágoras para el triángulo rectángulo formado por la fuerza y sus componentes.

$$F = \sqrt{(F_x)^2 + (Fy)^2} = \sqrt{(9)^2 + (12)^2} = \sqrt{81 + 144} = \sqrt{225} = 15 \text{ N}$$

- Utilizando la definición de tangente y despejando θ, tendremos:

$$\text{tg}\ \theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} \quad \blacktriangleright \quad \text{arctg}\frac{4}{3} = 53°$$

Analiza y calcula

1. Determina las componentes de una fuerza de magnitud 200 N, que forma un ángulo de 180° respecto al eje X positivo. Dibújalas en un esquema.

2. Determina las componentes de una fuerza de magnitud 50 N, que forma un ángulo de 300° respecto al eje positivo X. Dibújalas en un esquema.

3. Las componentes de una fuerza son: $\vec{F}_x = -6\ \hat{x}$ N y $\vec{F}_y = -8\ \hat{y}$ N. Encuentra el módulo de la fuerza y el ángulo que forma con el eje X. Representa las componentes en un esquema y compáralas con las del ejercicio N° 2.

3. Efectos de las fuerzas: cambios en el movimiento de un cuerpo

Las fuerzas tienen distintos efectos: pueden alterar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, ya sea cambiando su rapidez y/o su dirección, o también pueden causar la deformación e incluso la ruptura del cuerpo.

Como hemos estudiado, sobre un objeto generalmente actúan varias fuerzas. Si la suma vectorial de todas estas fuerzas o fuerza neta es igual a cero, se dice que todas las fuerzas se encuentran **equilibradas** y el cuerpo permanece en el mismo estado. Esto se conoce como la **primera ley de movimiento de Newton.**

Fuerza y aceleración

Si la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es distinta de cero, este experimenta una variación de la velocidad, es decir, experimenta **aceleración. La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del objeto.** Por ejemplo:

Si se empuja una caja con una fuerza $\vec{F}$, esta adquirirá una aceleración $\vec{a}$.

Si una caja idéntica se empuja con el doble de la fuerza $2\vec{F}$, la aceleración de la caja será el doble $2\vec{a}$.

Ahora, si aplicamos la fuerza $\vec{F}$ sobre las dos cajas idénticas, la aceleración será la mitad $\vec{a}/2$.

Este análisis fue realizado por Isaac Newton y lo llevó a estipular la **ley de la aceleración** o **segunda ley del movimiento,** cuya expresión es:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Usualmente la segunda ley del movimiento de Newton se expresa de la forma:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Donde $\vec{F}$ puede ser también la resultante de varias fuerzas aplicadas sobre el cuerpo.

Representa y calcula

1. Sobre un cuerpo de masa 2 kg, se ejercen dos fuerzas horizontales: $F_1 = 20\ \hat{x}$ N y $F_2 = -8\ \hat{y}$ N.

- **a.** Dibuja el DCL con todas las fuerzas que actúan sobre el objeto.
- **b.** ¿Qué dirección y sentido tiene la fuerza resultante?
- **c.** ¿Con qué aceleración se mueve el cuerpo?

Representación gráfica

Para analizar cómo una fuerza afecta el movimiento de un cuerpo, podemos graficar las magnitudes físicas, también llamadas **variables,** que describen el movimiento del cuerpo. Por ejemplo, cómo la aceleración varía en función de la fuerza aplicada.

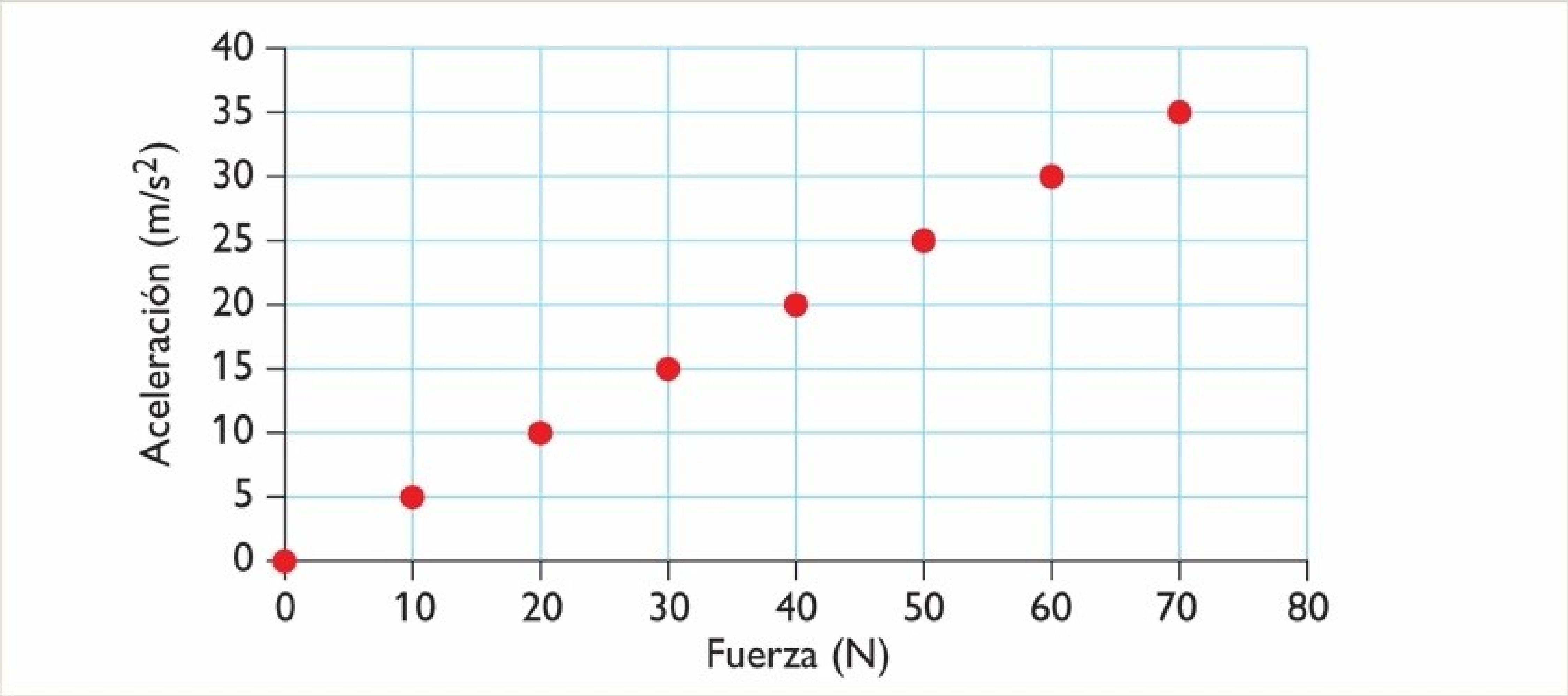
La representación gráfica permite observar la relación entre dos variables de estudio y cómo una de ellas determina el comportamiento de la otra. La **variable dependiente** es aquella que está en estudio, la que se medirá para establecer su comportamiento respecto a la **variable independiente,** que puede ser manipulada o establecida por el investigador. En un gráfico, en el eje Y se representa la variable dependiente y en el eje X la variable independiente.

Por ejemplo, ya sabemos que la aceleración de un cuerpo depende de su masa y de la fuerza aplicada; es decir, la aceleración es una variable dependiente de la fuerza y de la masa, las cuales serían variables independientes.

Cuando dos variables se relacionan de manera que al aumentar al doble el valor de una, el valor de la otra también aumenta al doble, y luego al aumentar al triple la primera, la segunda también se triplica, y así sucesivamente, se dice que existe entre ellas una **proporcionalidad directa.** Al representarlas en un gráfico se obtiene una **línea recta.**

Por ejemplo, el gráfico representa la aceleración de un móvil en función de la fuerza aplicada. Observamos que a medida que aumenta la fuerza, la aceleración del móvil también lo hace; es decir, son **magnitudes directamente proporcionales** pues el aumento de la variable independiente (fuerza), implica el aumento de la variable dependiente (aceleración).

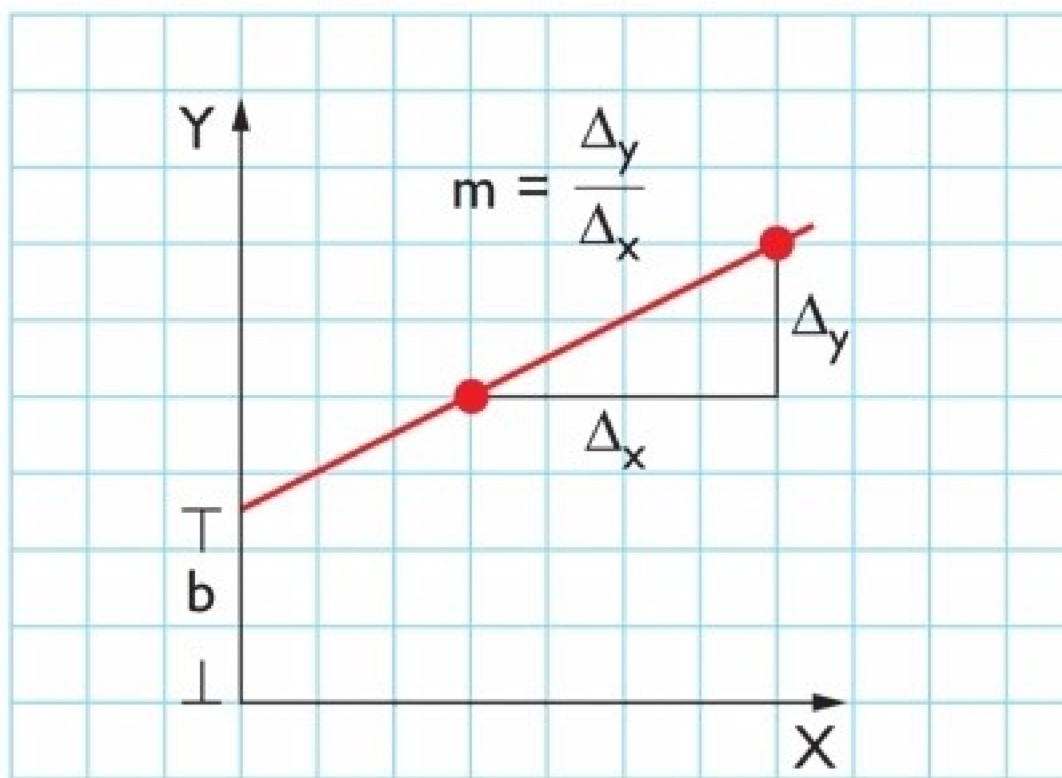
Gráfico N° 1: Aceleración vs. fuerza



La proporcionalidad entre dos variables se caracteriza por una constante llamada **constante de proporcionalidad.** Una forma de obtener su valor es a través de la pendiente o grado de inclinación de la recta resultante en el gráfico.

Relación lineal entre variables

Cuando en una representación gráfica las variables se distribuyen sobre una línea recta, se dice que entre las variables hay una **relación lineal.** El gráfico de una relación lineal es de la forma que se muestra a continuación:



La **ecuación de la recta** permite relacionar linealmente las variables **x** e **y**, según:

$$y = mx + b$$

Donde **y** es la variable dependiente, **m** es la **pendiente de la recta** o **constante de proporcionalidad, x** corresponde a la variable independiente y **b** es el valor inicial de **y** cuando **x** es cero (valor de corte de la recta en el eje vertical), llamado intercepto.

Mediante el gráfico es posible estimar **m** y **b.** La pendiente de una recta se calcula a través de la inclinación de la recta, es decir, la razón entre la variación de la variable dependiente Δ_y y la variación de la variable independiente Δ_x, es decir:

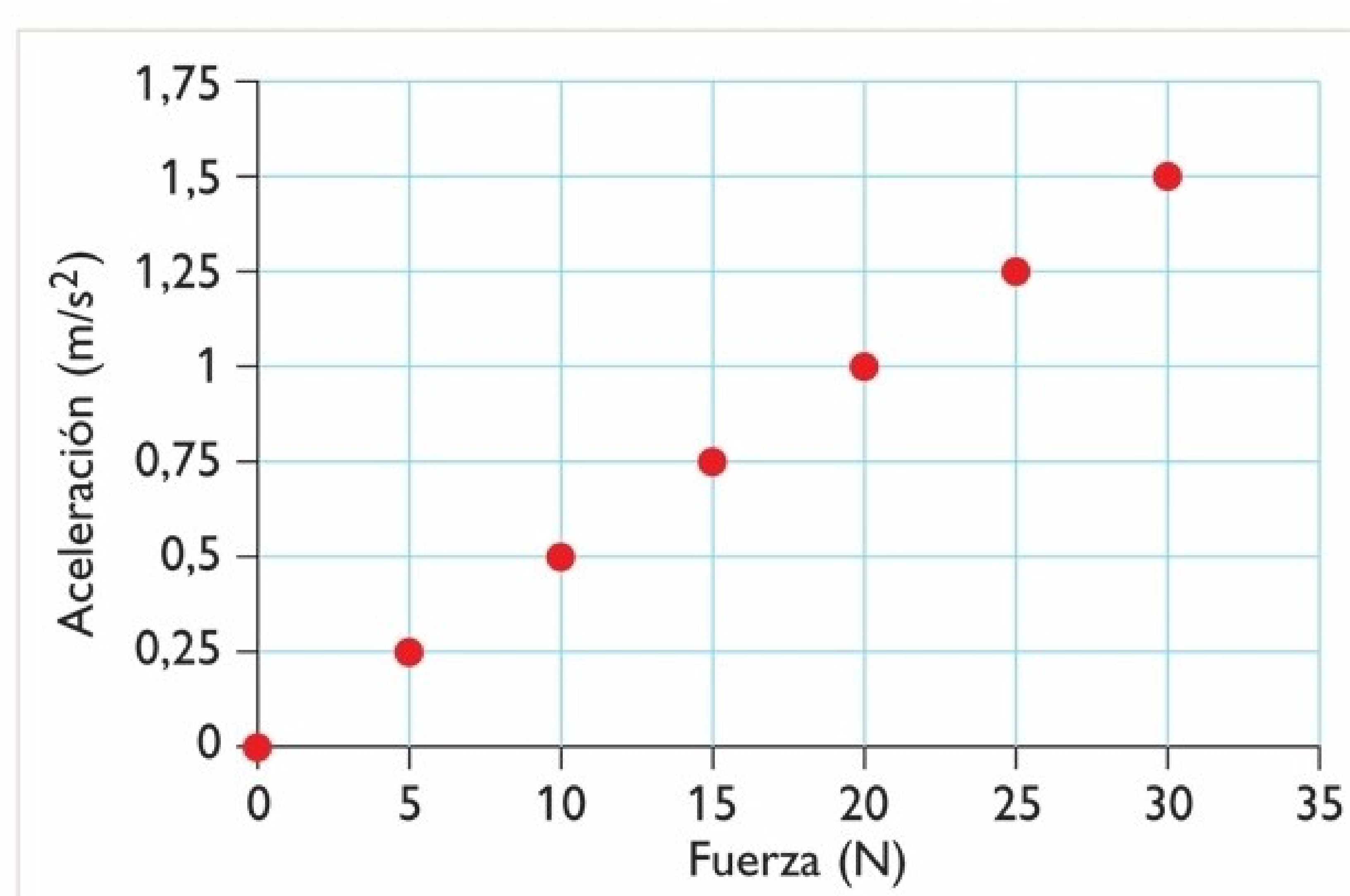
$$m = \frac{\Delta_y}{\Delta_x}$$

Interpreta y calcula

1. El gráfico representa la fuerza aplicada a un objeto y la aceleración que este adquiere. A partir de él responde:

- **a.** ¿Qué relación existe entre las variables de estudio?
- **b.** ¿Cuál es la variable dependiente e independiente en este caso?
- **c.** ¿Cómo determinarías la masa del objeto?
- **d.** ¿Cuánto es el valor de la variable dependiente cuando la variable independiente es cero?
- **e.** Escribe una ecuación que represente la relación entre las variables.

Gráfico N° 2: Aceleración vs. fuerza



Evaluación de proceso

1 **Responde:**

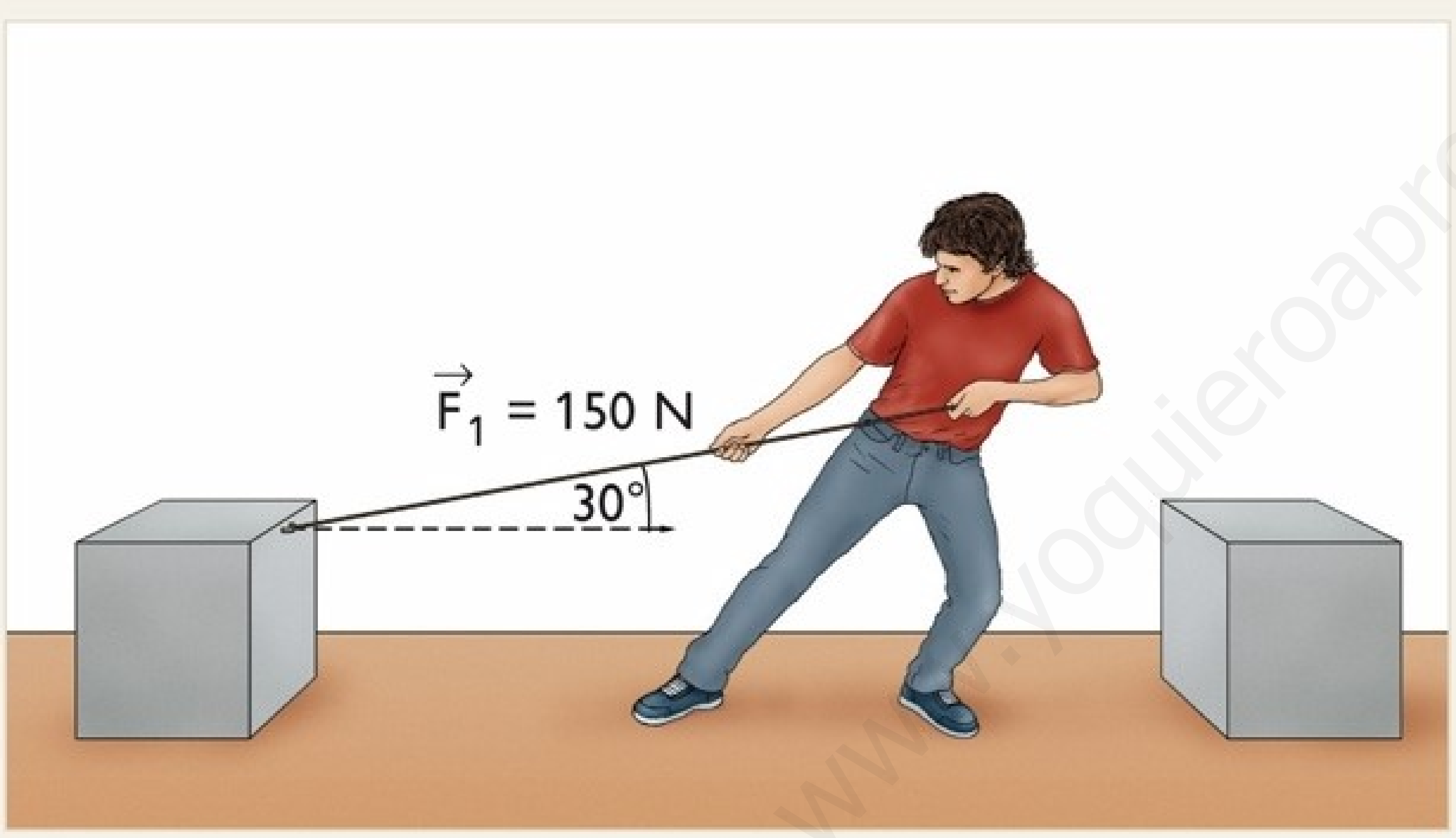
- **a.** ¿Qué relación tiene la fuerza de gravedad con el peso?
- **b.** ¿Por qué el peso es una magnitud física que varía de un lugar a otro?
- **c.** ¿En qué se asemejan la fuerza eléctrica y la fuerza de gravedad?
- **d.** ¿Qué es la fuerza de roce?

2 **Una mujer arrastra su maleta aplicando una fuerza de magnitud 100 N, que forma un ángulo de 30° con la dirección horizontal.**

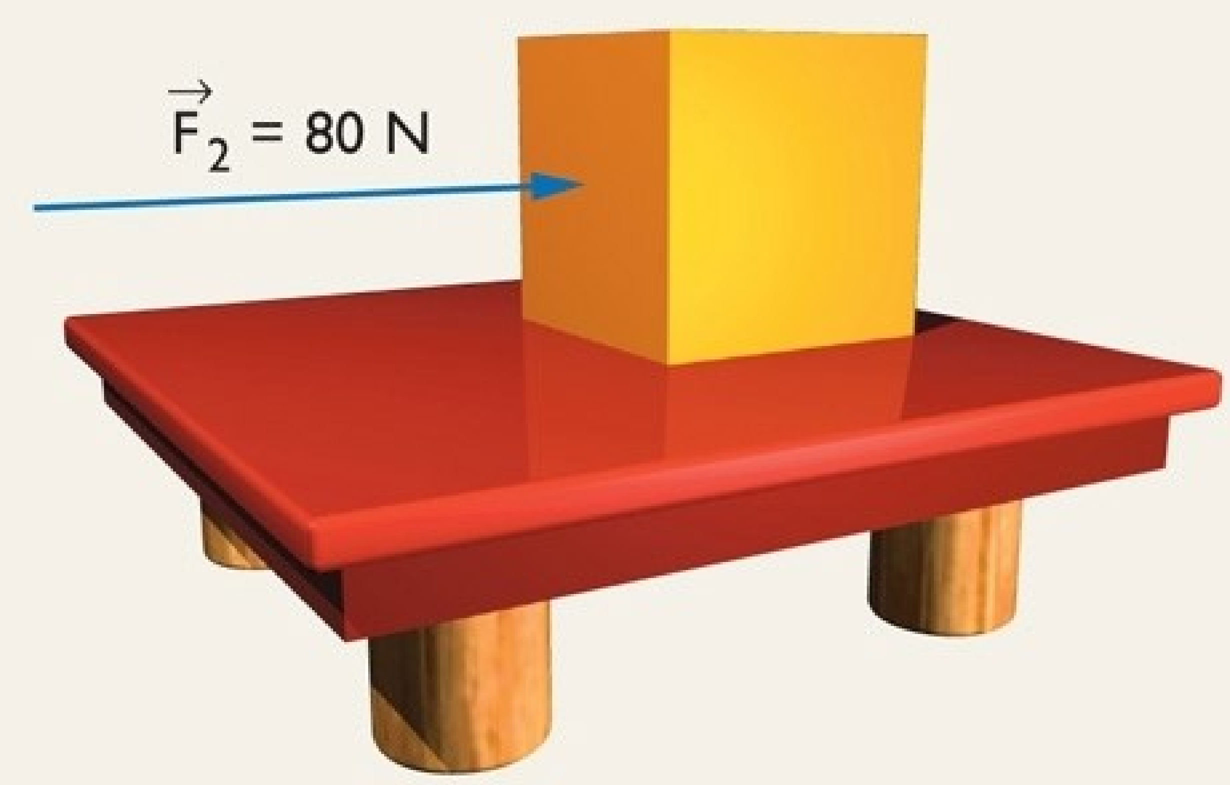
- **a.** Realiza el diagrama de cuerpo libre sobre la maleta.
- **b.** ¿Cuáles son las componentes horizontal y vertical de la fuerza aplicada?
- **c.** ¿Cuál es la fuerza resultante sobre la maleta?

3 **En cada caso, ¿cuáles son las componentes horizontales y verticales de las fuerzas aplicadas?**

a.

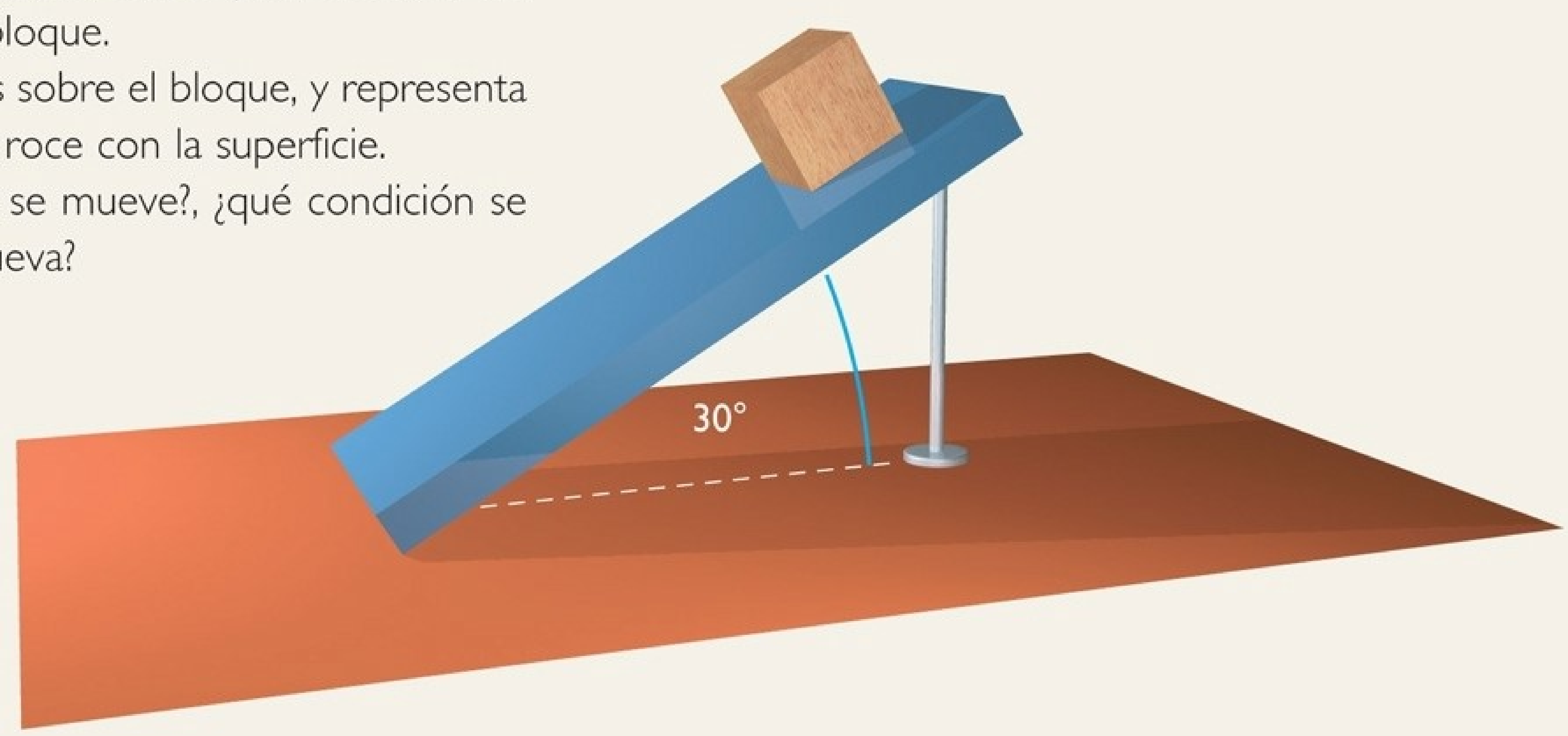


b.



4 **Un bloque de madera se encuentra en reposo sobre un plano inclinado 30° respecto a la dirección horizontal. La masa del bloque es 5 kg.**

- **a.** Escoge un marco de referencia adecuado para describir las fuerzas que actúan sobre el bloque.
- **b.** Realiza el diagrama de fuerzas sobre el bloque, y representa la fuerza normal, el peso y el roce con la superficie.
- **c.** ¿Por qué razón el bloque no se mueve?, ¿qué condición se debe cumplir para que se mueva?



Reviso

- Revisa el **Solucionario** y luego escribe tu puntaje en el cuadro.

Descriptor	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Reconocer características y tipos de fuerzas.	1		Si obtienes menos de 4 puntos, realiza la actividad 1.
Calcular las componentes del vector fuerza.	2, 3, 4a y 4b		Si obtienes menos de 7 puntos, realiza la actividad 2.
Reconocer el efecto de las fuerzas sobre el movimiento.	4c		Si obtienes menos de 2 puntos, realiza la actividad 3.

Actividades

Actividad 1

a. Realiza una ficha resumen de los distintos tipos de fuerza y del efecto de cada una sobre los cuerpos.

b. Identifica las fuerzas que actúan en las siguientes situaciones. Indica si son fuerzas de contacto o fuerzas a distancia:
- una mujer colocándose un cintillo elástico en el pelo.
- una gimanasta apoyándose sobre un balón.
- un macetero que cae.
- un hombre que intenta arrastrar un objeto muy pesado sin conseguirlo.

Actividad 2

a. Dibuja y calcula las componentes cartesianas de una fuerza de 10 N que tira de un cuerpo situado en el suelo cuando la fuerza forma un ángulo de 30° con el eje X. Comprueba que la suma vectorial de las dos componentes coincide con la fuerza.

b. Dibuja el DCL para un cuerpo de masa 3 kg, que se mueve sobre una superficie rugosa. Si la fuerza de roce tiene magnitud 6 N y sobre el cuerpo se ejerce una fuerza $\vec{F} = 60\ \hat{x}$ N.

Actividad 3

a. Calcula la aceleración del cuerpo de la actividad 2a. Si la fuerza de roce disminuye a 3 N, ¿cómo varía la aceleración del cuerpo?

b. Un bañista de 80 kg es tirado horizontalmente por una lancha con una fuerza de 60 N. Si se desprecia el roce con la superficie del agua, ¿con qué aceleración se desplaza?

4. Efectos de las fuerzas: elongación y deformación de un cuerpo

Si al aplicar una fuerza sobre un cuerpo este se deforma y si al desaparecer dicha fuerza recupera su forma original, hablamos de un cuerpo con propiedades elásticas. Por ejemplo, cuando aplicamos una fuerza pequeña en los extremos de una regla, esta se deforma, pero puede recuperar su forma original al liberar la fuerza aplicada en sus extremos. Todo material con esta propiedad se denomina material elástico. Sin embargo, sabemos que al aplicar una gran fuerza en los extremos de la regla esta puede colapsar y romperse.

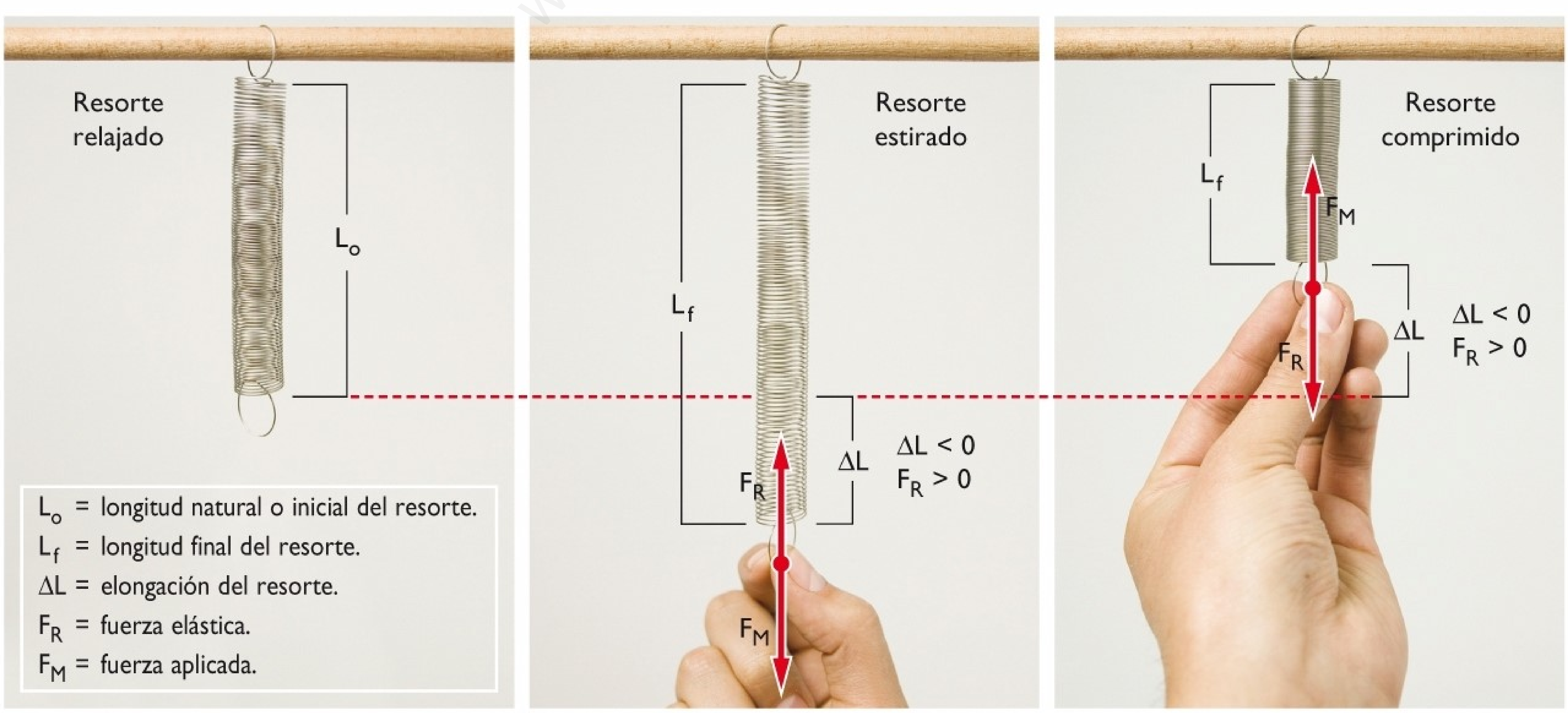
Si la fuerza aplicada sobre el cuerpo permite que este recupere su forma se dice que estamos en el **rango elástico** del material, en este caso, la fuerza aplicada es proporcional a la elongación experimentada por el cuerpo. No obstante, pasado el **límite elástico,** la fuerza aplicada no es proporcional a la elongación y el cuerpo se elonga hasta romperse, es decir, supera su **límite de ruptura.**

Todos los materiales presentan propiedades elásticas, aunque la elongación y deformación de algunos es imperceptible, ya que se puede presentar a nivel microscópico.

Ley de Hooke

El físico Robert Hooke estudió el alargamiento de resortes y cables elásticos cuando se les aplica una fuerza en uno de sus extremos. Estableció que para muchos materiales elásticos la elongación y la fuerza se relacionan proporcionalmente, siempre y cuando no se sobrepase el límite elástico del material.

La figura muestra la acción de una fuerza sobre un resorte:



Para mantener el resorte comprimido o alargado una cierta longitud ΔL, a partir de su largo natural, es necesario aplicar una fuerza F_M sobre el resorte; esta fuerza es directamente proporcional a la elongación ΔL ($\Delta L = L_f - L_o$).

$$F_M \propto \Delta L$$

$$\boxed{F_M = k\Delta L}$$

k es una constante de proporcionalidad entre la elongación y la fuerza, llamada **constante elástica del resorte.** Se mide en unidades de N/m y da cuenta del grado de rigidez del resorte. Un resorte poco rígido, como el de un reloj, se estira con facilidad y tiene una constante elástica pequeña; en cambio, un resorte rígido, como el de los amortiguadores de un auto, tiene una constante elástica grande.

El resorte, a su vez, ejerce una fuerza elástica $\vec{F}_R$ para regresar a su longitud natural, esta es una **fuerza restauradora,** pues es proporcional y opuesta a la elongación o compresión del resorte respecto a su longitud inicial; es decir, siempre apunta hacia la posición de equilibrio.

$\boxed{F_R = -k\Delta l}$ Ecuación conocida como **ley de Hooke.**

Entonces, en equilibrio la fuerza ejercida para comprimir o elongar un resorte $\vec{F}_M$ es igual y opuesta a la fuerza que ejerce el resorte $\vec{F}_R$ sobre el cuerpo que efectúa la compresión o elongación.

Dato

El dinamómetro es un instrumento utilizado para medir la magnitud de una fuerza de acuerdo al estiramiento de un resorte previamente calibrado. El resorte se ubica dentro de un cilindro graduado, cada marca indica la magnitud de la fuerza de acuerdo al alargamiento del resorte. Es decir, se utiliza la ley de Hooke para estimar la fuerza de un resorte cuya constante elástica es entregada por el fabricante, de acuerdo con esto, se establece la escala de medición del instrumento y la sensibilidad en la medida.

Análisis de la ley de Hooke

1. Se realizó un montaje como el de la fotografía:

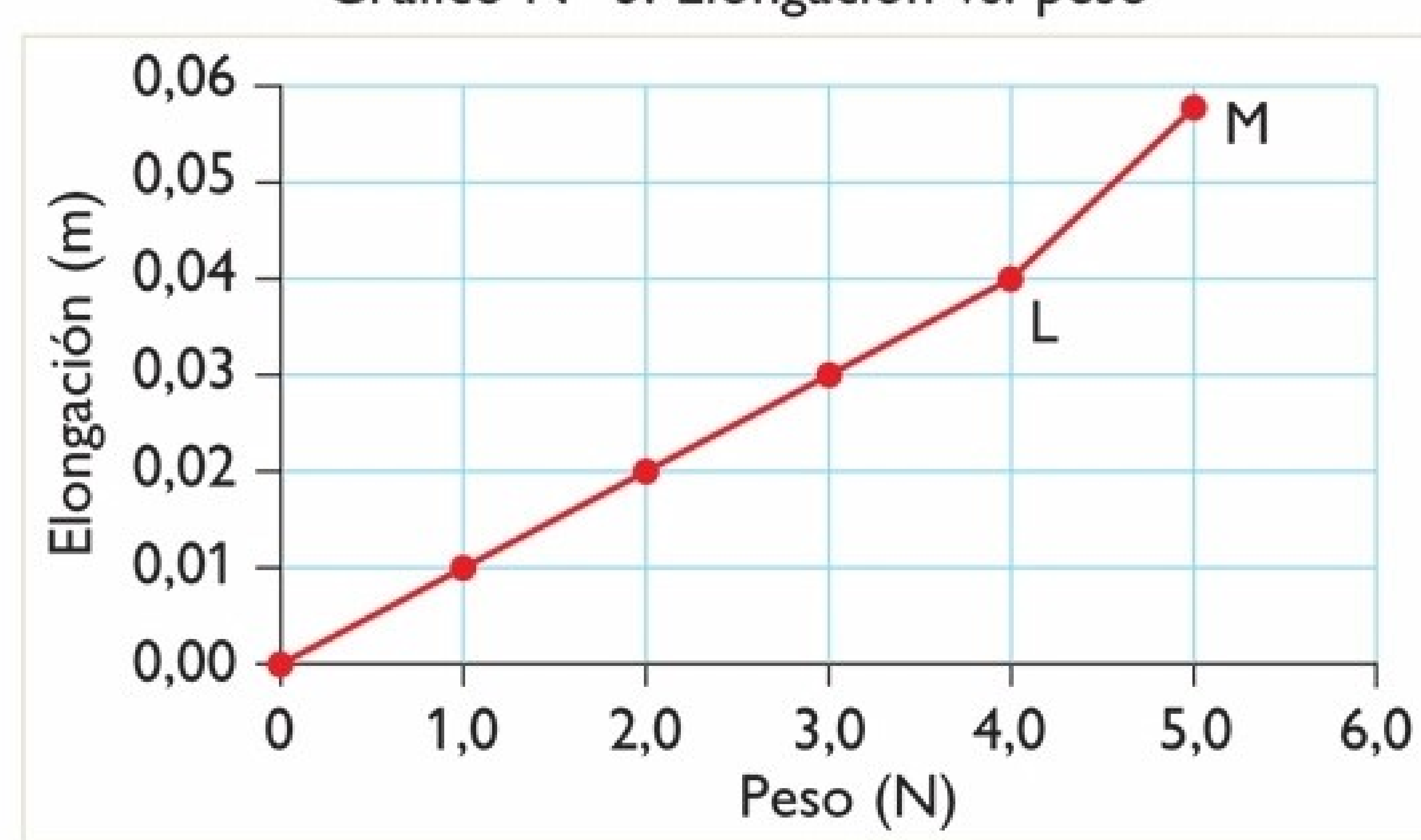
2. Se midió la longitud del resorte cuando en su extremo libre solo tenía el portapesos. Esta corresponde a su longitud inicial L_o.

3. Se colgaron distintos pesos y se midió la longitud del resorte. En cada caso se calculó la elongación del resorte Δl.

4. Las medidas se observan en la tabla y pueden ser graficadas de la forma:

Peso (N)	Elongación (m)
0	0
1,0	0,01
2,0	0,02
3,0	0,03
4,0	0,04
5,0	0,06

Gráfico N° 3: Elongación vs. peso



Hasta el punto **L,** el alargamiento del resorte es **directamente proporcional** a la fuerza que se aplica. Como se observa en el gráfico, cuando la fuerza aumenta 1 N el alargamiento aumenta 0,01 m.

Entre los puntos **L** y **M,** la elongación del resorte **no es proporcional** al peso. Por lo tanto, hasta el punto **L,** el resorte se comporta elásticamente y podrá volver a su longitud original cuando la fuerza deje de aplicarse. El punto **L** es el **límite elástico,** sobre este punto el resorte permanecerá deformado al dejar de aplicar la fuerza.

En resumen, la **ley de Hooke** establece que **la fuerza ejercida por un resorte es proporcional y opuesta a su deformación.** Un material obedece a la ley de Hooke si su elongación es proporcional a la fuerza aplicada, o sea, si se encuentra por debajo del límite elástico.

La representación gráfica indica que la relación entre el estiramiento del resorte y la fuerza aplicada, para la zona elástica, obedece a la ecuación de la recta, es decir: **y = mx + b,** donde **m** es la pendiente de la recta.

El **inverso de la pendiente de la recta** mostrada en en el gráfico anterior permite determinar la constante elástica del resorte K, esto es: $m = \frac{1}{k}$.

Si estimamos el valor de la pendiente de la recta que une el origen con el punto L, tendremos:

$$m = \frac{(0{,}04 - 0)\ \text{m}}{(4 - 0)\ \text{N}} = \frac{0{,}04\ \text{m}}{4\ \text{N}} = 0{,}01\frac{\text{m}}{\text{N}} \quad \blacktriangleright \quad \text{Si } m = \frac{1}{k} \quad \blacktriangleright \quad k = \frac{1\ \text{N}}{0{,}01\ \text{m}} = 100\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

En este caso la constante de elasticidad del resorte sería **k = 100 N/m**

Ahora, remplazando la ecuación de la recta para este resorte:

$$y = mx + b$$

$\Delta L = \frac{1}{k} \cdot P + b$, donde **P** es el peso, es decir, la fuerza aplicada sobre el resorte.

Sabemos, además, que cuando el peso es cero la elongación es nula; por lo tanto, el intercepto **b** de esta recta vale 0 m/N, entonces: $\Delta L = \frac{P}{k}$

Recordemos que la fuerza del resorte $\vec{F}_R$ será igual y opuesta a la fuerza ejercida por la masa que estira el resorte, en este caso, el peso $\vec{P}$, es decir: $\vec{F}_R = -\vec{P}$

Entonces, el resorte obedece a una ecuación del tipo: $\Delta L = -\frac{F_R}{k}$

Por ejemplo: remplazando en la ecuación anterior, si en el extremo libre del resorte se aplica una fuerza P = 2,8 N ¿Cuál será el valor de la elongación del resorte?

$$\Delta L = -\frac{2{,}8\ \text{N}}{100\ \text{N/m}} = 0{,}028\ \text{m}$$

Así, la elongación del resorte, si se ejerce sobre él una fuerza de 2,8 N, es 0,028 m.

Analiza e interpreta

1. En el laboratorio se desea describir el comportamiento elástico de un resorte. Para ello se midió la longitud final del resorte cuando la fuerza aumentó de 0 N a 8 N.

Fuerza (N)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Longitud (mm)	30	39	50	58	66	80	86	105	120

a. Calcula la elongación del resorte para cada valor de fuerza.
b. Realiza el gráfico de elongación en metros vs. fuerza en newtons.
c. ¿Qué punto representa el límite elástico del resorte?
d. Encuentra el valor de la constante elástica **k** del resorte.
e. ¿Qué fuerza produce en el resorte una elongación de 38 mm?
f. ¿Es posible estimar la elongación para una fuerza mayor a 8 N? Explica.

5. Esfuerzo y deformación

En el análisis de la elasticidad de los materiales es usual estudiar la **deformación (ε)** de un cuerpo en función del **esfuerzo** aplicado (σ). La deformación del cuerpo es una propiedad adimensional que da cuenta del cambio de la longitud, área o volumen de un cuerpo respecto a su longitud, área o volumen inicial. En el caso de deformaciones lineales, está será:

$$\varepsilon_{lineal} = \frac{\Delta_L}{L_o} = \frac{L_f - L_o}{L_o}$$

Donde, L_f: longitud final; L_o: longitud inicial.

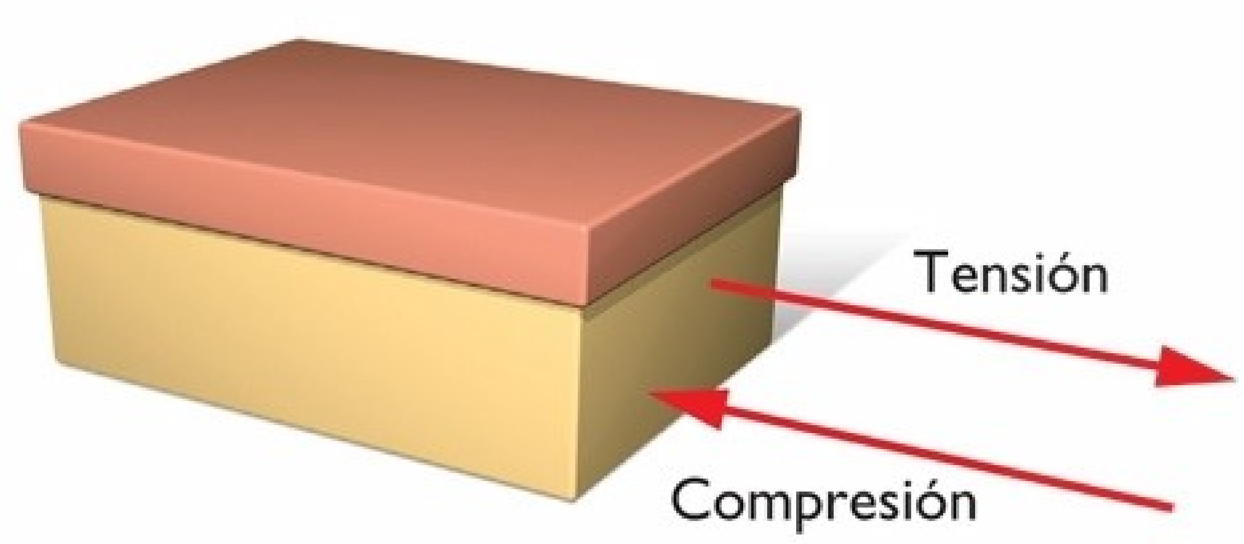
El esfuerzo es una magnitud que da cuenta de la fuerza aplicada sobre una superficie. Se mide en unidades N/m^2.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

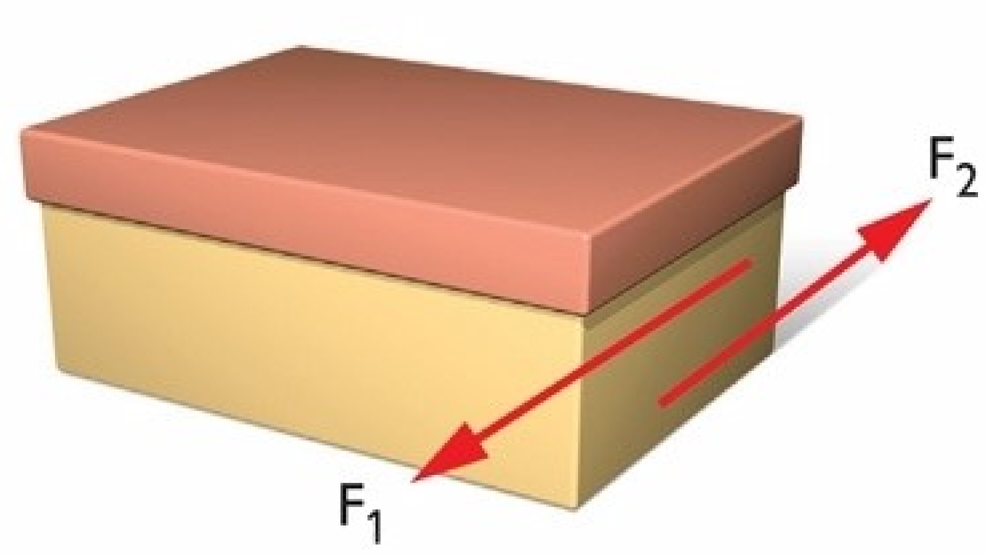
Donde, F: fuerza aplicada; A: superficie sobre la que se aplica una fuerza.

Existen distintos tipos de esfuerzo, los que se definen de acuerdo a la dirección de la fuerza aplicada:

- Si la fuerza se aplica perpendicular a la superficie del cuerpo, hablamos de un **esfuerzo normal,** el cual puede ser de tensión o compresión, dependiendo del sentido de la fuerza.

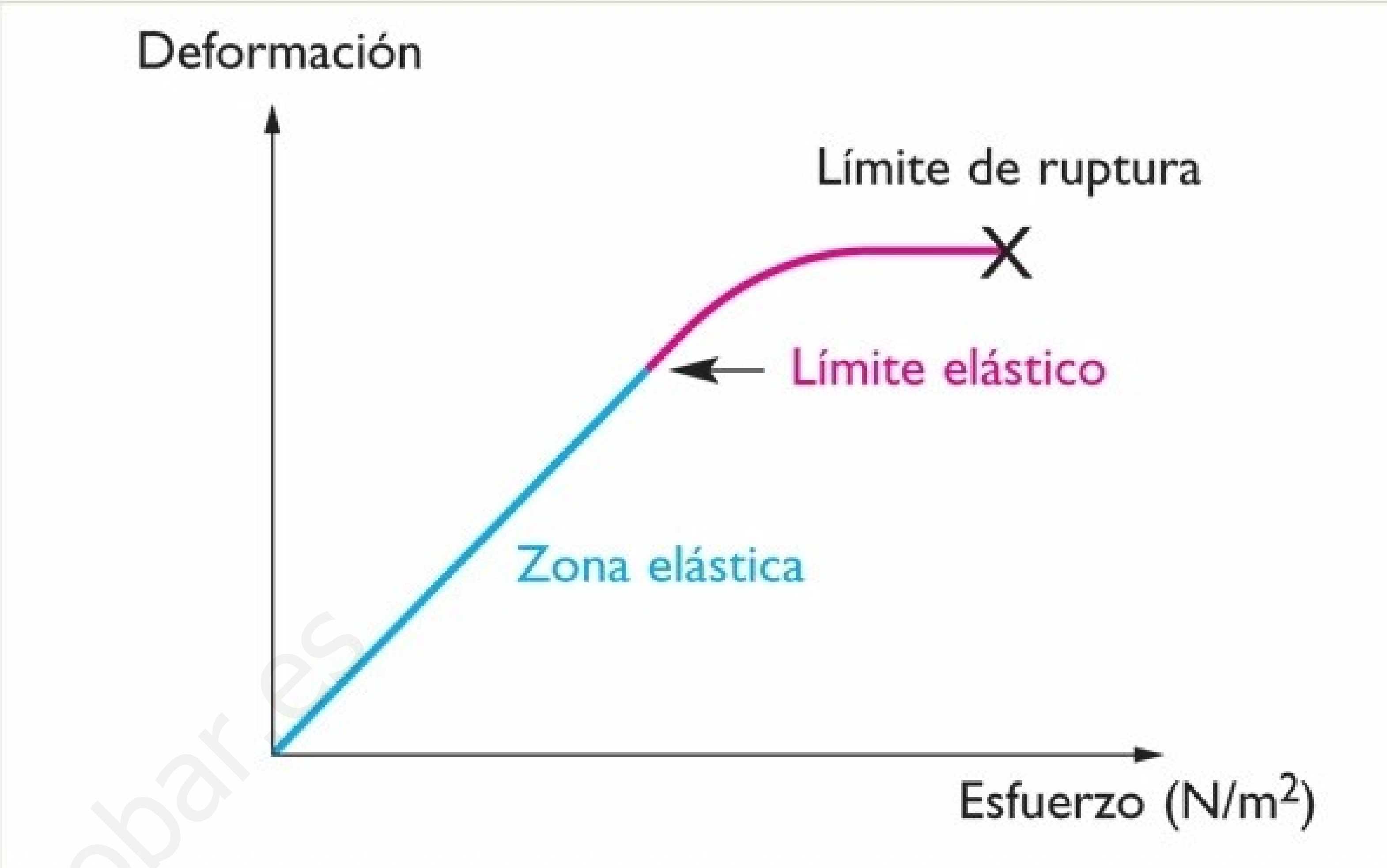


- Si la fuerza se aplica paralela a la superficie del cuerpo, hablamos de un **esfuerzo de corte.**



En el análisis de un gráfico de esfuerzo versus deformación, es posible identificar la zona elástica del material, el límite elástico y el límite de ruptura.

Gráfico N° 4: Esfuerzo vs. deformación



Según el gráfico, en la zona elástica se describe una relación de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación. La constante de proporcionalidad entre estas dos variables, llamada **módulo elástico E,** depende del tipo de material y de la naturaleza de la deformación. Entonces:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Donde **E** corresponde a la pendiente de la curva en la zona elástica y se mide en unidades N/m^2.

Esta relación de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación es similar a la relación entre la elongación y la fuerza aplicada en un resorte (ley de Hooke).

En ciencias de la ingeniería es usual realizar ensayos de esfuerzo versus deformación para medir las características estructurales de los materiales de construcción. Estos consisten en medir la capacidad de esfuerzo máximo admisible de cada material, antes de su ruptura.

Actividad práctica N° 4

Elongación de un resorte

Objetivo
Estudiar el comportamiento de un resorte común.

Consigue los siguientes materiales:
- un soporte universal,
- dos pinzas,
- una cinta métrica o regla de 1 metro,
- un portapeso,
- 6 cargas de distinta masa (20 g c/u),
- un resorte de 15 cm.

1. Arma el montaje como se muestra en la figura. Mide con la regla el largo normal del resorte.

2. Cuelga el portapesos en el extremo libre del resorte y mide nuevamente su longitud.

3. Coloca una a una las cargas en el portapesos y en cada caso mide cuál es la nueva longitud del resorte. Ordena los datos en una tabla.

4. Grafica la elongación del resorte en función de la fuerza aplicada.

5. ¿Cómo es el comportamiento del resorte?

6. ¿Cuál es el límite elástico de este material?

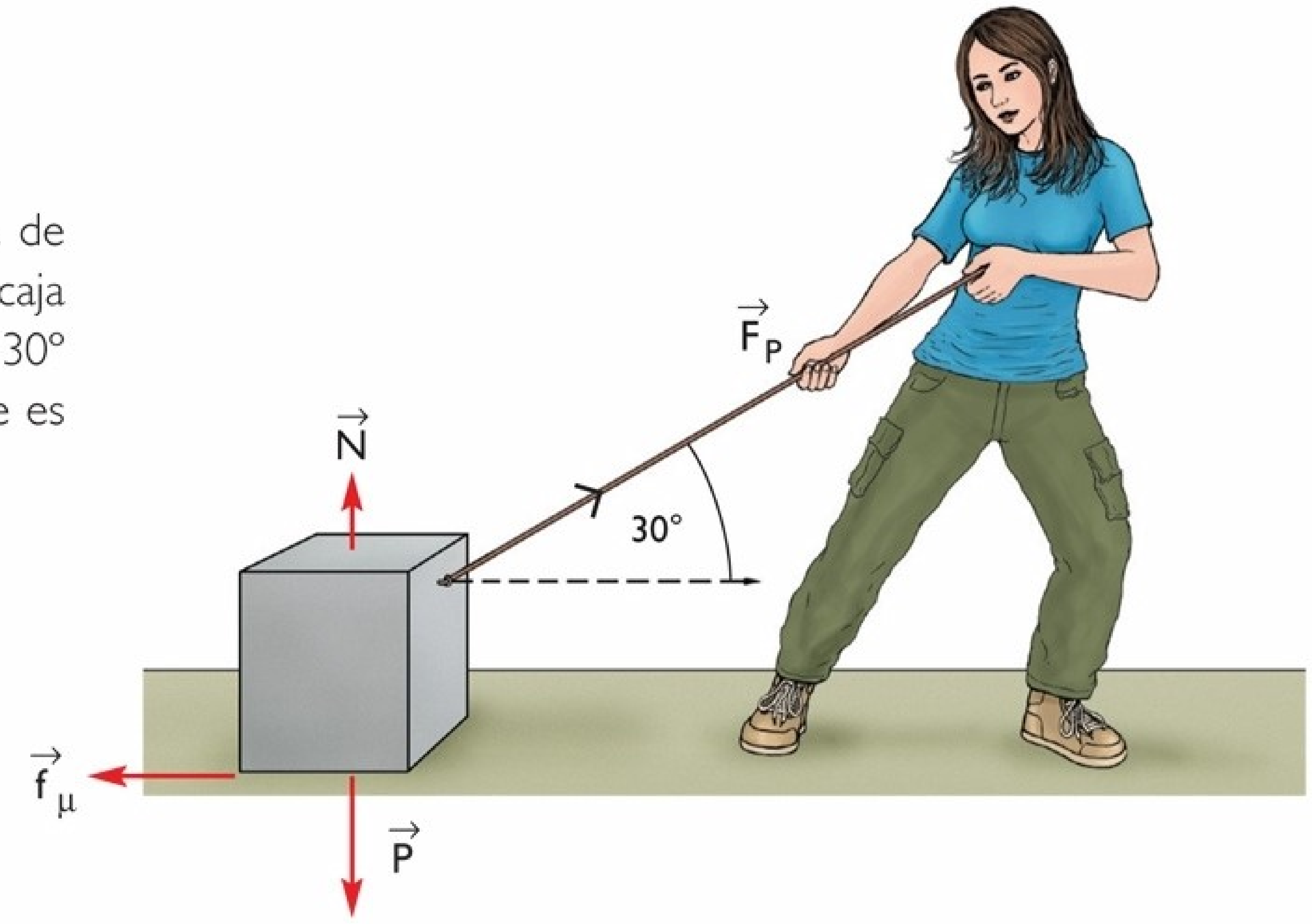
7. ¿Cuál es la constante elástica del material utilizado?

8. Escribe la ecuación para el resorte utilizado e indica su rango de validez.

9. Elabora un informe escrito en el que expongas el experimento realizado. Guíate por la sección **Informe de laboratorio.**

Acelerando una caja de madera

Una persona mueve sobre el suelo horizontal, una caja de madera de masa 20,0 kg. Mediante una cuerda, aplica a la caja una fuerza de magnitud 85,0 N que forma un ángulo de 30° respecto al eje positivo; la magnitud de la fuerza de roce es de 61,4 N. ¿Con qué aceleración se mueve la caja?



1 Entender el problema e identificar la incógnita

- Este es un problema de fuerza y aceleración. Se quiere estimar la aceleración horizontal con que se mueve la caja debido a la fuerza aplicada, la cual tiene componente horizontal y vertical. En la dirección vertical, la fuerza no provoca movimiento.

2 Anotar los datos del problema

- masa de la caja de madera **m** = 20,0 kg
- magnitud de la fuerza aplicada **F** = 85,0 N
- ángulo de inclinación de F respecto al eje horizontal $\theta = 30°$,
- magnitud de la fuerza de roce que se opone al movimiento de la caja $\mathbf{f_\mu}$ = 61,4 N.

3 Planificar la estrategia

- Para resolver el problema debemos:
  - Considerar el origen del sistema de coordenadas en el centro de la caja. Las componentes de la fuerza son positivas en la dirección horizontal y vertical.
  - Calcular la componente horizontal de la fuerza aplicada por la persona.
  - Calcular la componente horizontal de la fuerza resultante sobre la caja.
  - Estimar la aceleración horizontal de la caja.

4 Ejecutar el plan

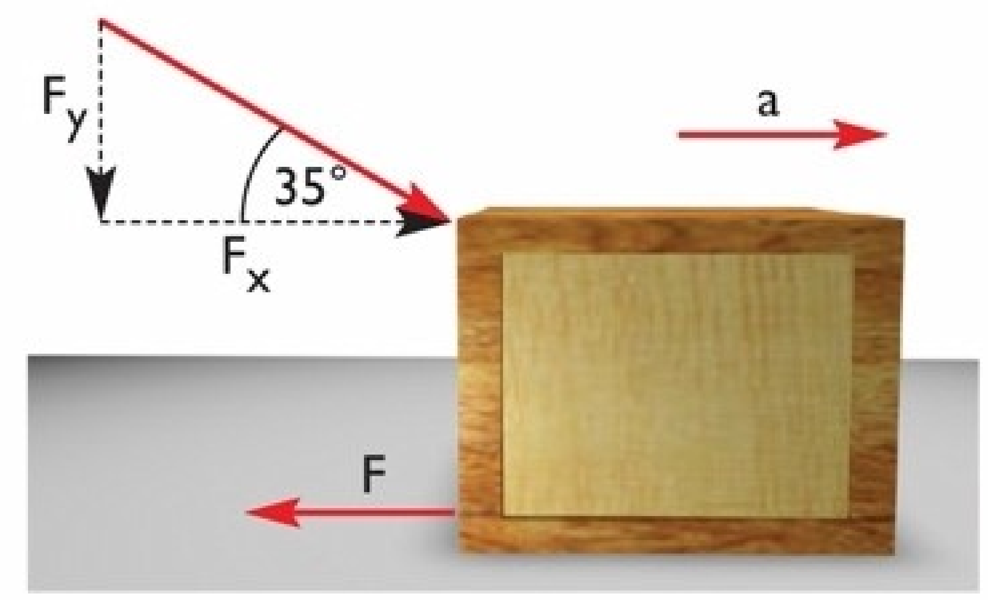
- La componente horizontal F_x de la fuerza aplicada por la persona es $F_x = F \cdot \cos\theta = 85{,}0 \cdot \cos 30° = 73{,}6$ N, en la dirección positiva del eje de las x.
- Las fuerzas que actúan horizontalmente sobre la caja son:
  - la componente horizontal de la fuerza aplicada por la persona F_x en el sentido positivo del eje horizontal.
  - la fuerza de roce f_μ en sentido negativo del eje horizontal.
- Entonces, la fuerza resultante F_R se calcula de la siguiente forma:
  $F_R = F_x + f_\mu = 73{,}6 \text{ N} + (-61{,}4) \text{ N} = 12{,}2 \text{ N}$
- A partir de la segunda ley de Newton: F = ma, se despeja la aceleración

$$a = \frac{F}{m} = \frac{12{,}2 \text{ N}}{20 \text{ kg}} = 0{,}61 \text{ m/s}^2$$

Respuesta

a. La caja se desplaza con una aceleración de 0,61 m/s² en la dirección horizontal.

Sobre un bloque de masa 30 kg, situado sobre el suelo se aplica una fuerza F de magnitud 40 N, formando un ángulo de 35° con la horizontal, como se observa en la figura.



a. Si se desprecia la fuerza de roce con el suelo, ¿con qué aceleración avanza el bloque?

b. El bloque se mueve con la misma fuerza, pero experimentando un roce $\mathbf{f_\mu}$ = 15 N, ¿cuánto disminuye la aceleración respecto a la situación inicial?

1

- Este también es un problema de fuerza y aceleración. Se quiere estimar la aceleración horizontal con que se mueve el bloque de la fuerza aplicada, la cual tiene componente horizontal y vertical. En la dirección vertical, la fuerza no provoca movimiento. Se debe estimar la aceleración considerando la ausencia y presencia de roce.

2

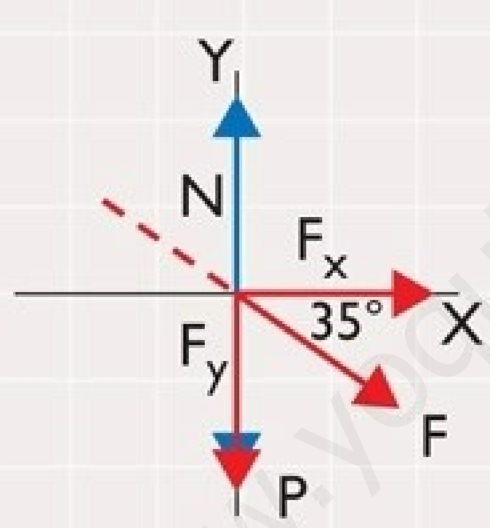
- Datos masa de bloque **m** = 30 kg; ángulo de inclinación de F, θ = 35°; fuerza aplicada **F** = 40 N; fuerza de roce f_μ = 15 N

3

- Es necesario realizar el DCL para las dos situaciones: Luego, descomponer la fuerza aplicada sobre el bloque, y estimar la aceleración horizontal en ambas condiciones: sin roce y con roce.

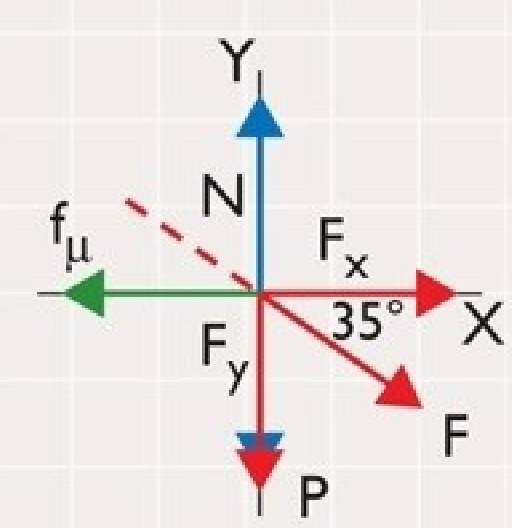
4

- Realizamos el DCL para cada caso, escribiendo la ecuación para las fuerzas que actúan en la dirección horizontal (F_T).



Situación sin roce

$F_T = F_x = ma_x$



Situación con roce

$F_T = F_x - f_\mu = ma_x$

- Calculamos la componente horizontal de la fuerza aplicada sobre el bloque:
  $F_x = F\cos\theta = 40\text{ N} \cdot \cos 35° = 32{,}7\text{ N}$
- A partir de la ecuación en la dirección horizontal, despejamos a_x para el caso **sin roce:**
  $$a_x = \frac{F_T}{m} = \frac{32{,}7\text{ N}}{30\text{ kg}} = 1{,}09\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg}} = 1{,}09\text{ m/s}^2$$
- A partir de la ecuación en la dirección horizontal, despejamos a_x para el caso **con roce:**
  $$a_x = \frac{F_T}{m} = \frac{F_x - f_\mu}{m} = \frac{32{,}7\text{ N} - 15\text{ N}}{30\text{ kg}} = \frac{17{,}7\text{ N}}{30\text{ kg}} = 0{,}59\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}} = 0{,}59\text{ m/s}^2$$

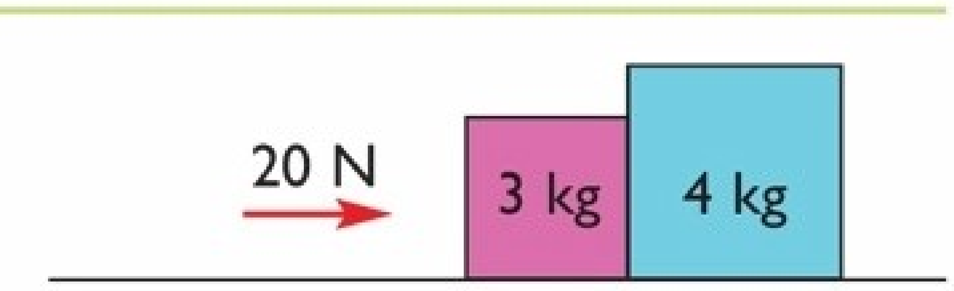
Respuesta

a. La aceleración del bloque sin roce es 1,09 m/s^2.

b. La aceleración del bloque con roce disminuyó casi a la mitad, hasta 0,59 m/s^2.

PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Dos bloques de masa 3 kg y 4 kg están uno junto al otro sobre el suelo. Se aplica una fuerza de 20 N sobre el bloque de 3 kg y ambos bloques comienzan a moverse. Calcula la aceleración de ambos bloques sin considerar la fuerza de roce.



La elasticidad muscular

Explorar el problema

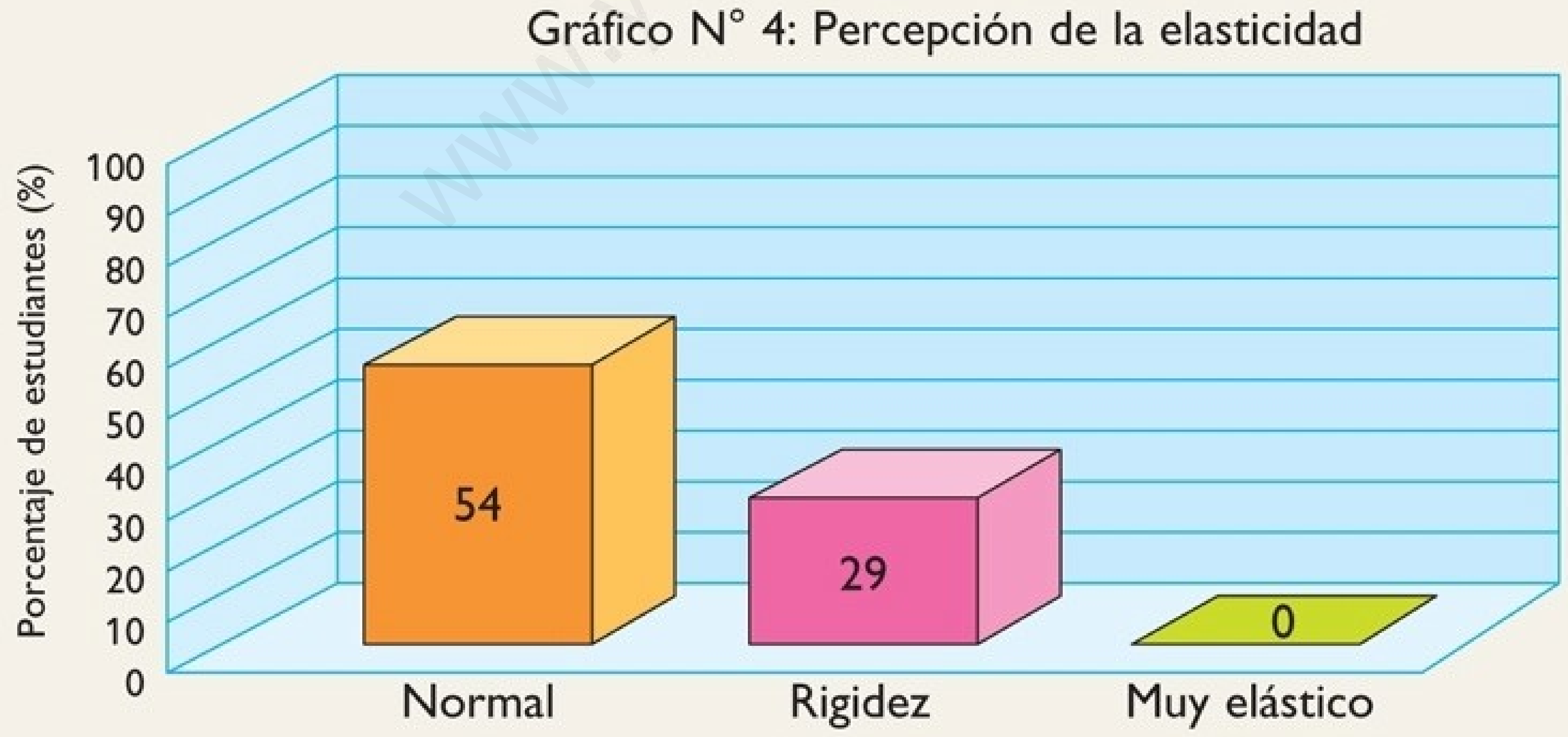
En esta unidad hemos estudiado la elasticidad en medios materiales, como elásticos y resortes; sin embargo, nuestro cuerpo también es capaz de transformar la energía que consume a través de los alimentos en diversos movimientos elásticos, como caminar, correr, saltar y muchos otros. En este sentido, los músculos tienen una gran importancia pues, por una parte, protegen la estructura ósea del cuerpo y, por otra, en acción conjunta con los huesos, permiten aplicar fuerzas sobre diversos objetos y provocar los movimientos, contrayéndose y relajándose según la acción que se realiza.

A pesar de la gran importancia que tiene la mantención de una adecuada elasticidad en la musculatura del cuerpo, muchas veces no cuidamos nuestros músculos y huesos, ya sea por falta de actividad física, o por permanecer mucho tiempo en posturas inadecuadas, las que afectan, principalmente, a la columna vertebral. Lo anterior resulta especialmente perjudicial si nos encontramos en etapas de crecimiento, por lo que es muy necesario desarrollar actividades que permitan prevenir las alteraciones más frecuentes del aparato locomotor.

Un grupo de médicos españoles realizó un estudio en un grupo de 83 alumnos de educación primaria y secundaria, para conocer el grado de percepción que presentaban respecto de su capacidad de extensibilidad muscular en el tren inferior del cuerpo. Se establecieron tres categorías: normal, rígido y muy elástico, bajo las que tenían que catalogarse luego de flectar el tronco y medir la distancia entre la punta de los dedos de sus manos y la planta de sus pies. Se considera normal una distancia aproximada de 5 centímetros, entre 6 y 15 centímetros se denomina rigidez moderada (grado I) y, con más de 16 centímetros de distancia, rigidez marcada (grado II).

Se les preguntó a los estudiantes cómo se percibían respecto de su elasticidad muscular y se obtuvo el siguiente gráfico de sus opiniones.

Gráfico N° 4: Percepción de la elasticidad



Prueba de distancia dedos-planta	Percepción de su extensibilidad (%)		
	Normal	Rígido	Muy elástico
Normal	43	15	0
Grado I	6	11	0
Grado II	5	3	0

Fuente: Rodríguez, Pedro y otros. *Diferencias entre la percepción de la extensibilidad muscular y el conocimiento de las desalineaciones del raquis en el plano sagital.* Universidad de Murcia. España.

Analizar el problema

Luego de leer la información expuesta, de investigar y de reflexionar en torno a tus costumbres y las que observas en tus compañeras y compañeros respecto de la mantención de una adecuada elasticidad muscular, responde las siguientes preguntas.

1. ¿En qué rango se ubica la mayoría de los estudiantes, con respecto a su percepción de elasticidad muscular?
2. ¿Qué porcentaje de los estudiantes crees que debería realizar algún tipo de ejercicio para mejorar su condición física? Explica.
3. ¿En qué rango de elasticidad crees que te encuentras?
4. ¿Qué tipo de movimientos crees que se deben evitar para no sufrir lesiones musculares que afecten la elasticidad?
5. Investiga si existen estadísticas nacionales que registren problemas en la columna vertebral y qué motivos los producen. ¿Qué relación pueden presentar estos problemas con la elasticidad de los músculos de la espalda?

Tomar una decisión

1. Investiga qué problemas puede ocasionar el mantener durante muchas horas posturas incorrectas, como por ejemplo: permanecer mal sentado en la sala de clases, estudiar con la espalda curvada o realizar ejercicios sin la supervisión de un profesional.
2. ¿Te preocupas de mantener una adecuada elasticidad muscular?, ¿mantienes un peso adecuado y realizas ejercicios?
3. Averigua las formas para mantener una elasticidad muscular óptima. ¿Cuáles son los beneficios de esto?

Mi compromiso

Reúnete con un compañero o compañera y realicen alguna de las siguientes actividades para promover la mantención de una adecuada elasticidad muscular.

- Propongan una discusión, debate o charla en el colegio para plantear la importancia del cuidado y mantención de la elasticidad de los músculos del cuerpo.
- Planteen el problema a su profesor o profesora de educación física y propónganle una manera de medir la elasticidad muscular.
- Realicen una evaluación de elasticidad muscular, aplicando algún test, y elaboren una lista de actividades para mejorar las estadísticas. Luego de un tiempo, vuelvan a aplicar el test y comparen los resultados.

Grandes proyectos de ingeniería en Chile

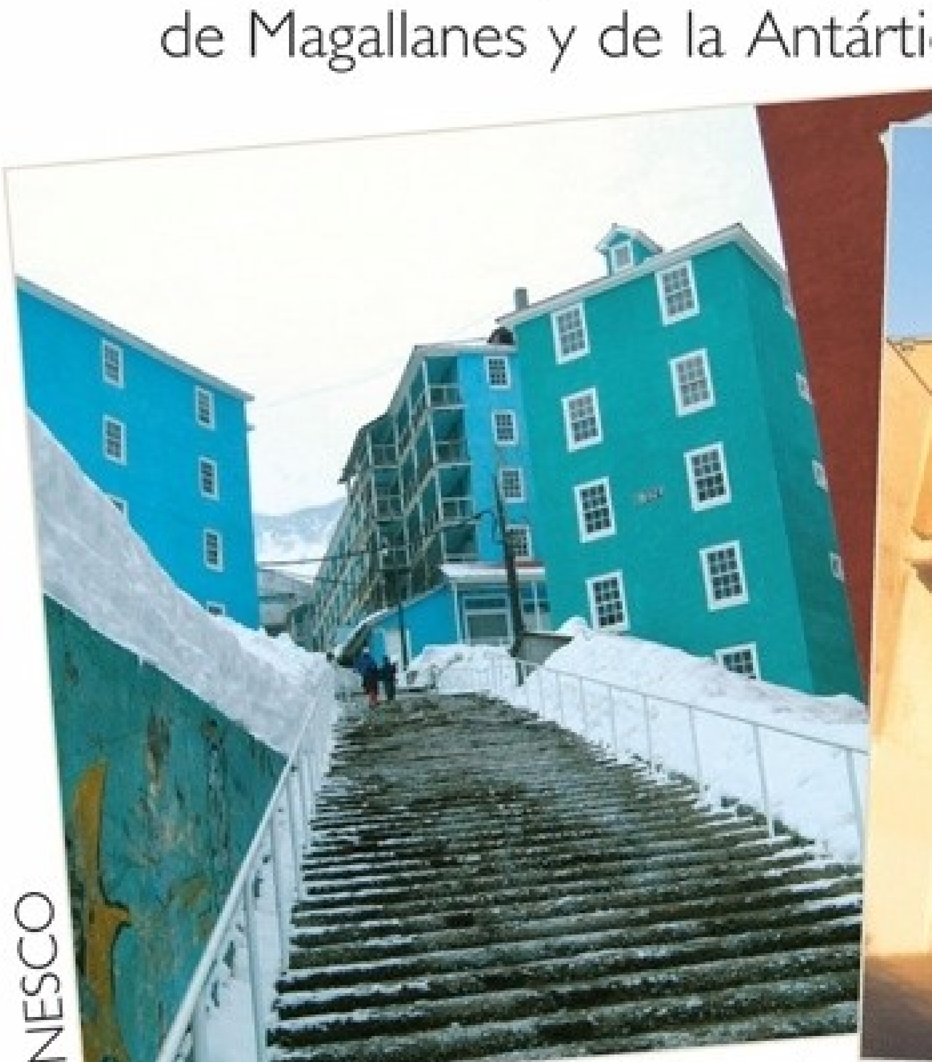
La dinámica es un área de la Física que alcanza su máximo desarrollo principalmente durante los siglos XVII y XVIII, pero actualmente es estudiada en profundidad por ingenieros de múltiples áreas. Sin el dominio de la dinámica no se podrían construir grandes edificios, calcular los pesos que soportan las estructuras, o mover cuerpos de gran masa, como se hace habitualmente en áreas como la minería o el trabajo portuario, donde día a día se movilizan miles de toneladas de productos y materias primas. La construcción es un área que también utiliza los conocimientos de la dinámica, desde las máquinas simples de la antigüedad, como palancas y poleas, pasando por la mecánica clásica de Newton, hasta los estudios modernos sobre materiales de construcción.

En nuestro país, entre las reflexiones que origina el cumplir 200 años como nación independiente, se ha creado el **Premio Obra Bicentenario,** distinción a través de la cual la Comisión Bicentenario, junto a la Cámara Chilena de la Construcción, el Colegio de Ingenieros, el Colegio de Arquitectos y la Asociación de Oficinas de Arquitectura, reconocen el aporte que han realizado algunas obras de infraestructura al desarrollo urbano de las ciudades de Chile, durante la primera mitad del siglo XX. En 2008, se han distinguido las siguientes obras, considerándolas como proyectos que han cambiado la fisonomía de ciudades de Chile y, con ello, mejorado la calidad de vida de los ciudadanos.

- Acueducto Laguna Negra, en la Región Metropolitana.
- Campamento petrolero Cerro Sombrero, en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.
- Campamento minero de Sewell, en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
- Campus Universidad Técnica Federico Santa María, en Valparaíso.
- Club Hípico de Santiago.
- Complejo de agua potable Las Vizcachas, en la Región Metropolitana.
- Conjunto Barrio Cívico de Santiago.
- Edificio Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, ex correo de Valparaíso.
- Edificio Santander Santiago, ex Anglo Sudamericano, en Santiago.
- Eje cívico Campus Universidad de Concepción.
- Eje Nueva York–La Bolsa, en Santiago.
- Escuela de Derecho de la Universidad de Chile.
- Hotel Cap Ducal, en Viña del Mar.
- Instituto de Biología Marina de la Universidad de Valparaíso.
- Molo de Abrigo del puerto de Valparaíso.
- Estadio Nacional de Chile, en Santiago.
- Plaza Sotomayor, en Valparaíso.
- Santuario Nacional de Nuestra Señora del Carmen, de Maipú.

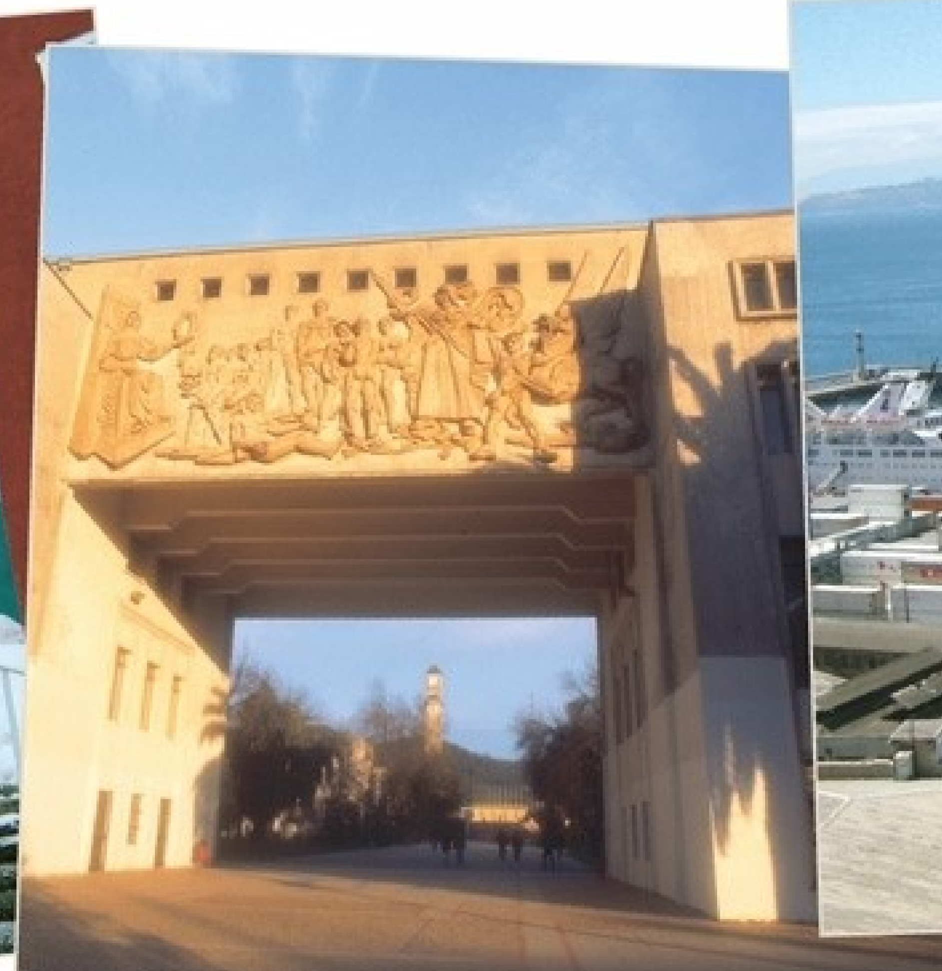
Para el levantamiento de cada una de estas construcciones colaboraron profesionales de distintas áreas y, sin los conocimientos físicos de la dinámica, probablemente no habría sido posible construirlas.

Fuente: www.chilebicentenario.cl/



UNESCO

Campamento minero Sewell.



Universidad de Concepción.

Molo de abrigo del puerto de Valparaíso.

Santuario Nacional Nuestra Señora del Carmen.

Materiales elásticos

Los materiales elásticos son muy comunes en la vida diaria: globos, elásticos en la ropa, implementos deportivos... Pero ¿qué cualidades tienen esos tipos de materiales?

Los materiales elásticos también se conocen con el nombre de **elastómeros,** son muy flexibles pues están formados por moléculas muy largas (polímeros) cuya longitud puede aumentarse hasta en un 400% cuando son sometidas a una fuerza externa, pero que regresan a su estado natural una vez que la fuerza deja de actuar, siempre que no hayan superado su límite elástico.

El principal representante de ese tipo de materiales es el **caucho**, primer elastómero descubierto y el más abundante en la naturaleza. Su origen está en el **látex,** que es una resina obtenida del árbol *Hevea brasiliensis*, su uso ya se conocía en la América precolombina y fue llevado a Europa por los conquistadores españoles.

El **caucho natural** no es muy útil pues no recupera su forma inicial con facilidad, es pegajoso y muy blando cuando se calienta. Para mejorar sus propiedades es sometido a un proceso de **vulcanización,** propuesto por Charles Goodyear en 1839. La vulcanización consiste en tratar el caucho con pequeñas cantidades de azufre y calor, obteniendo **caucho vulcanizado** cuyas cualidades –se vuelve más elástico, resistente al calor y menos pegajoso– permiten su utilización en la fabricación de neumáticos, suelas de zapato, mangueras o tuberías. La **síntesis artificial** de caucho comenzó en la primera mitad del siglo XX.

Otro tipo de elástomero es el neopreno, material que posee propiedades parecidas a las del caucho natural, aunque es más duro y resistente. Su vulcanización se realiza con óxido de zinc, en vez de azufre, y se utiliza en la fabricación de correas y trajes de inmersión.

El desarrollo de elastómeros naturales o sintéticos ha permitido la producción de múltiples productos debido a su facilidad de ser moldeado, sus propiedades de amortiguar fuerzas, o su elevado coeficiente de roce con algunos materiales. Así, en la última década, algunas investigaciones se han concentrado tanto en la producción de nuevos materiales elásticos, como en el desarrollo de nuevos métodos para su producción.

En el año 2006, según el IRSG (International Rubber Study Group), se produjeron 9.360.000 toneladas de caucho natural y 12.580.00 toneladas de caucho sintético.

Fuente: Archivo editorial

Comprendo lo que leo

1. ¿Qué características presentan los materiales elásticos?
2. ¿Cómo podrías relacionar este tipo de materiales con la ley de Hooke?
3. Menciona algunas aplicaciones cotidianas de este tipo de materiales.
4. Investiga cómo es el procedimiento para producir caucho sintético y cuáles son sus usos industriales.
5. Averigua cuáles son los últimos avances en estos tipos de materiales.

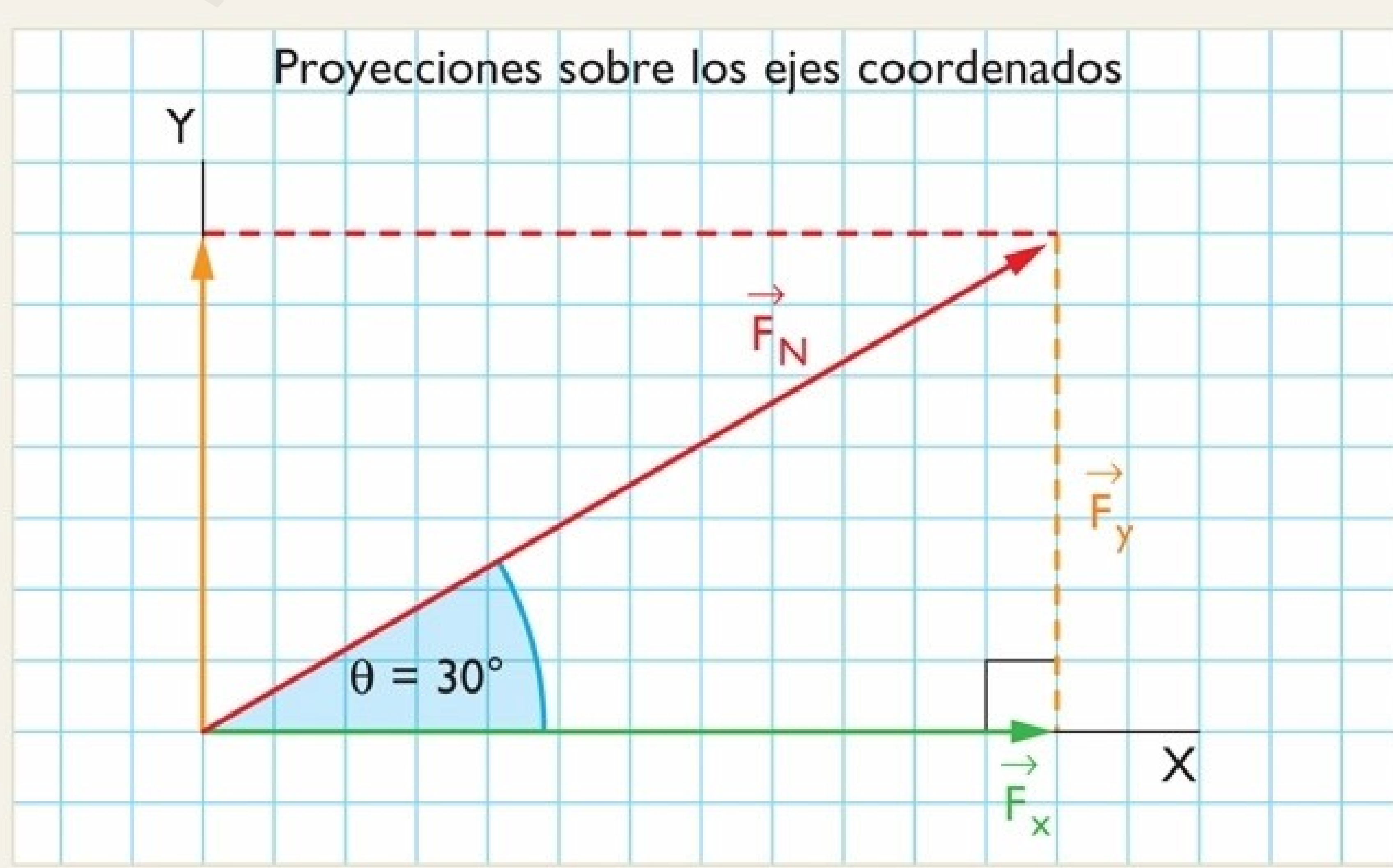
- Una **fuerza** es una **interacción entre dos o más cuerpos** que puede provocar cambios en el estado de movimiento, deformaciones e incluso ruptura de un cuerpo. Su unidad de medida en el SI es el Newton (N): 1 N = 1 kg m/s^2. (Págs. 148 y 149)

- Una fuerza es una **magnitud vectorial** que para ser correctamente descrita debe especificar su dirección, módulo y sentido. Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se representan en un **diagrama de cuerpo libre** (DCL).

- Cuando varias fuerzas actúan sobre un cuerpo estas se combinan de forma que generan una fuerza resultante o fuerza neta que produce un solo efecto. Esta fuerza resultante representa la suma vectorial de todas las fuerzas sobre el cuerpo.

$$\vec{F}_N = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + ...\vec{F}_n$$

- Una fuerza se puede descomponer en sus **componentes rectangulares** o **proyecciones sobre los ejes coordenados.** Estas componentes forman los lados de un triángulo rectángulo cuya hipotenusa tiene el valor o magnitud de la fuerza. (Págs. 150 y 151)



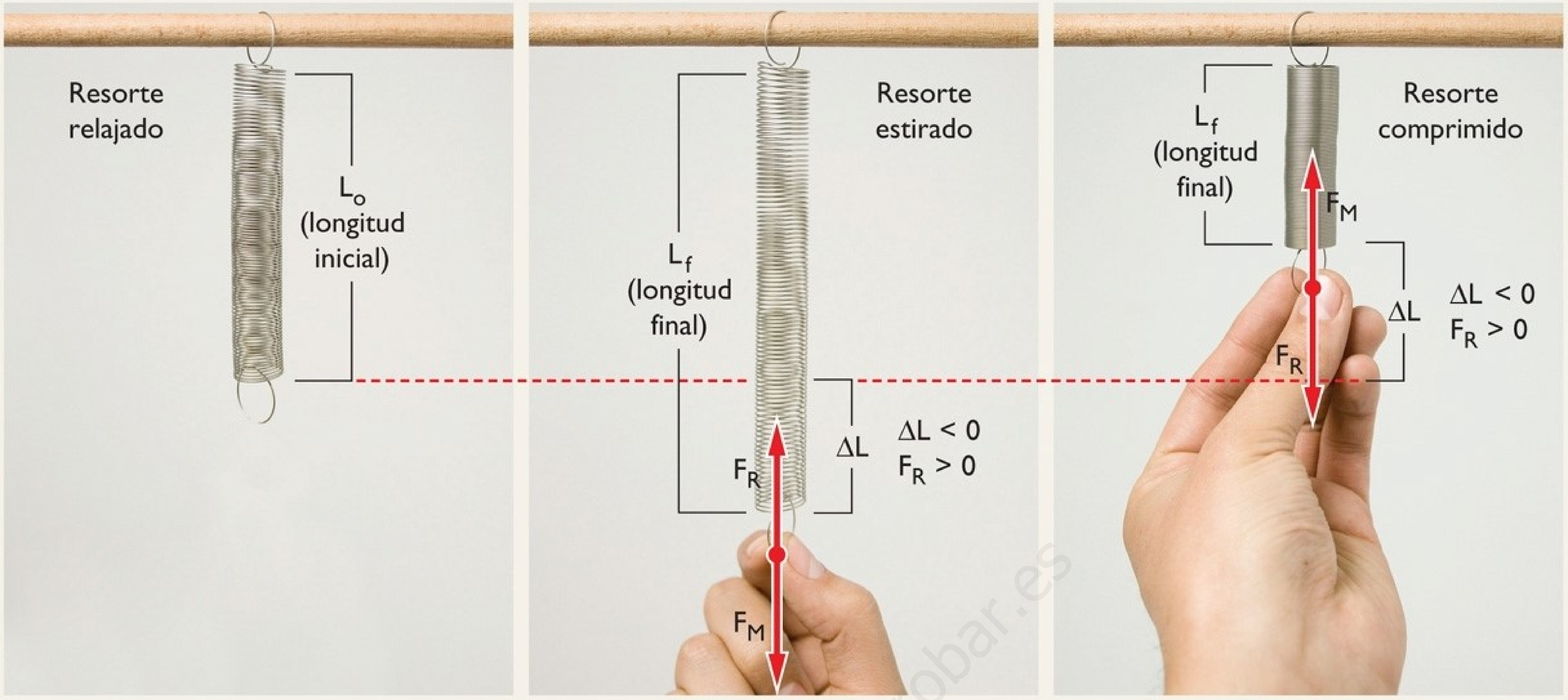
$$\vec{F}_N = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

$$\vec{F}_x = F_N \cos\theta \, \hat{x}$$

$$\vec{F}_y = F_N \operatorname{sen}\theta \, \hat{y}$$

- Si la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es distinta de cero, este puede experimentar aceleración, que es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente a la masa del cuerpo. Este comportamiento obedece la segunda ley del movimiento de Newton: $\vec{F} = m\vec{a}$. (Pág. 153)

- Una fuerza también puede provocar la elongación o deformación de un cuerpo. Un material elástico se deforma cuando se le aplica una fuerza pero recupera su forma original al liberar esa fuerza.



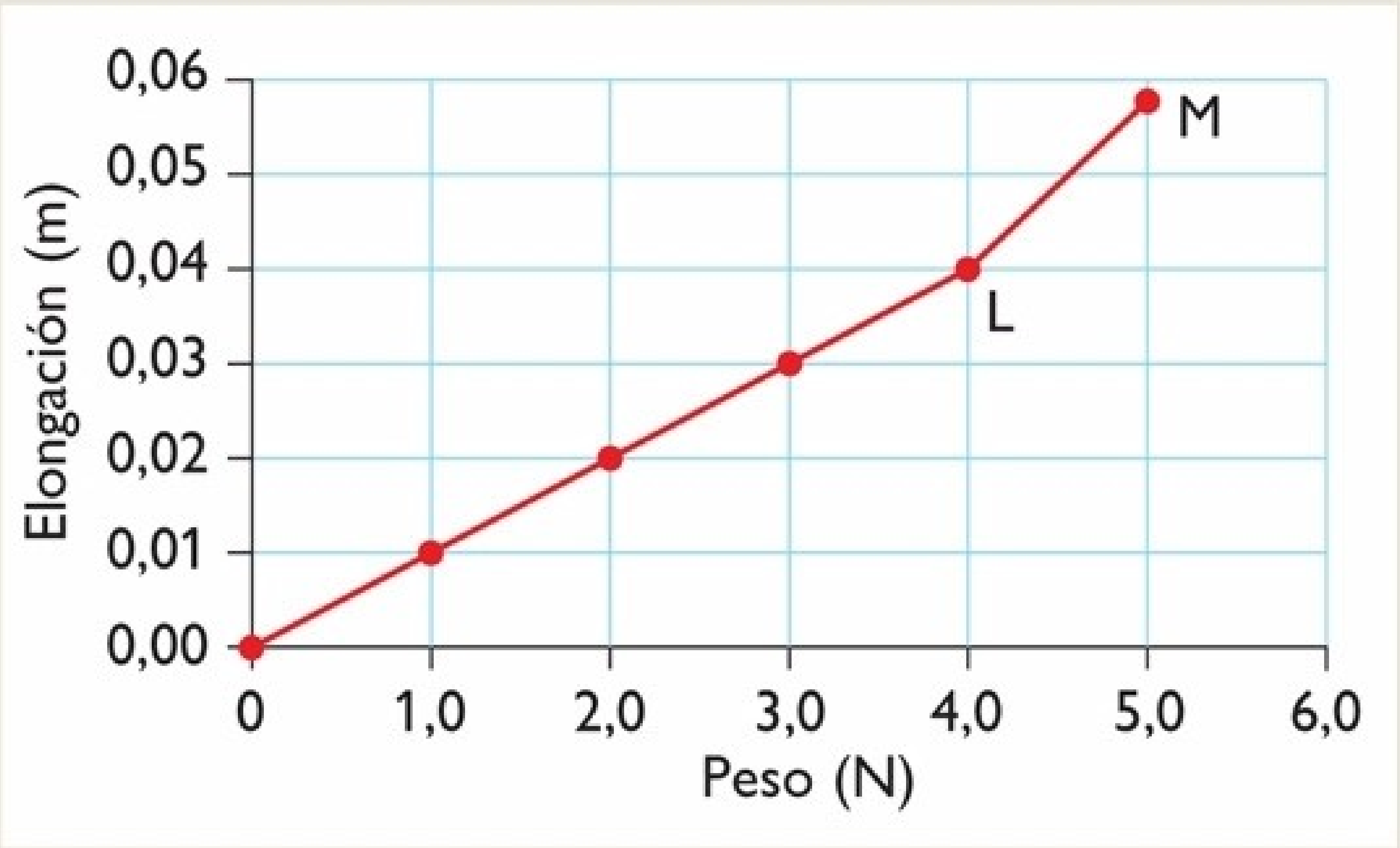
- La **ley de Hooke** establece que la fuerza $\mathbf{F_R}$ ejercida por un resorte dentro de su límite elástico, es proporcional a la variación de su longitud L, es decir:

$$\vec{F}_R = -k\,\Delta L$$

Donde **k** es la constante elástica del resorte que da cuenta del grado de rigidez del resorte. (Págs. 158 y 159)

- Para estudiar la ley de Hooke, es usual desarrollar experimentos que estudian la elongación de un resorte en función de una fuerza aplicada en uno de sus extremos, por ejemplo, el peso de un cuerpo. En el gráfico elongación versus peso, existe una zona elástica, donde las variables son directamente proporcionales.

- La pendiente de la recta elongación vs. peso corresponde al inverso de la constante elástica del resorte (1/k), cuya unidad de medida en el SI es N/m. (Págs.160 y 161)



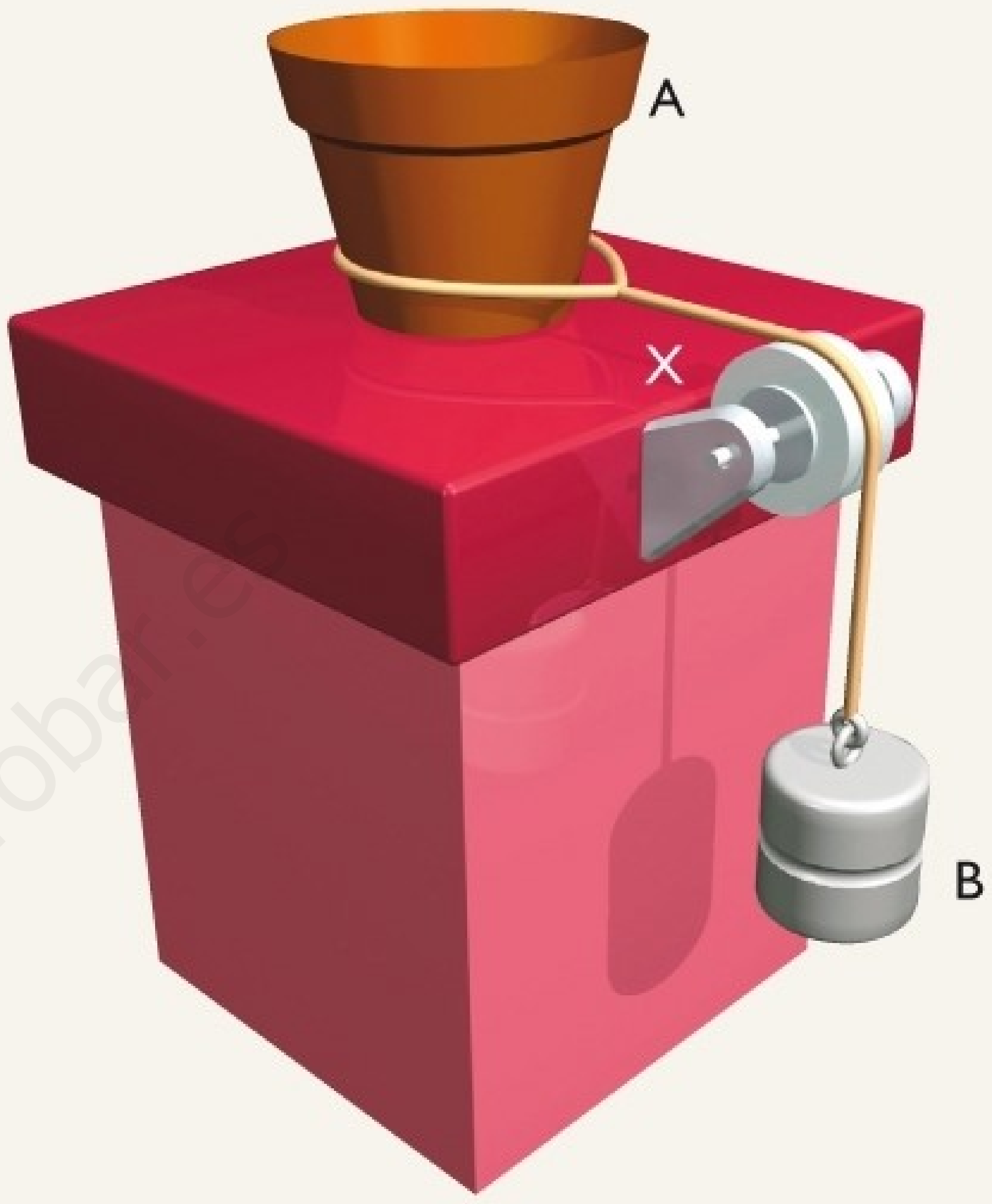
$$\Delta_L = \frac{P}{k}$$

1 Dos cajas aceleran igual cuando se aplica una fuerza de magnitud F sobre la primera y de magnitud 4F sobre la segunda. ¿Cuál es la relación entre las masas de las cajas?

2 Un bombero de masa 80 kg se desliza por un poste vertical con una aceleración de 4 m/s^2. ¿Cuál es la fuerza de fricción entre el poste y el bombero?

3 Dos niños se encuentran sobre una pista de patinaje sobre hielo, Sebastián tiene una masa de 50 kg y Javiera una masa de 25 kg. Si se empujan, Sebastián adquiere una aceleración de 2 m/s^2, entonces, ¿qué aceleración tomará Javiera?

4 El dibujo representa un cuerpo que es arrastrado por el peso de otro cuerpo, unidos por una cuerda sobre una superficie sin roce. Antes de llegar al punto X, la cuerda que une los cuerpos se rompe, ¿qué pasa con los cuerpos?



5 Si se habla de dos variables directamente proporcionales, ¿esto quiere decir que las variables son iguales? Justifica tu respuesta.

6 En una experiencia práctica se mide la rapidez de un carro en ciertos intervalos de tiempo. De acuerdo al experimento descrito, realiza lo que a continuación se indica:

Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5
Rapidez (m/s)	0	4	8	12	16	20

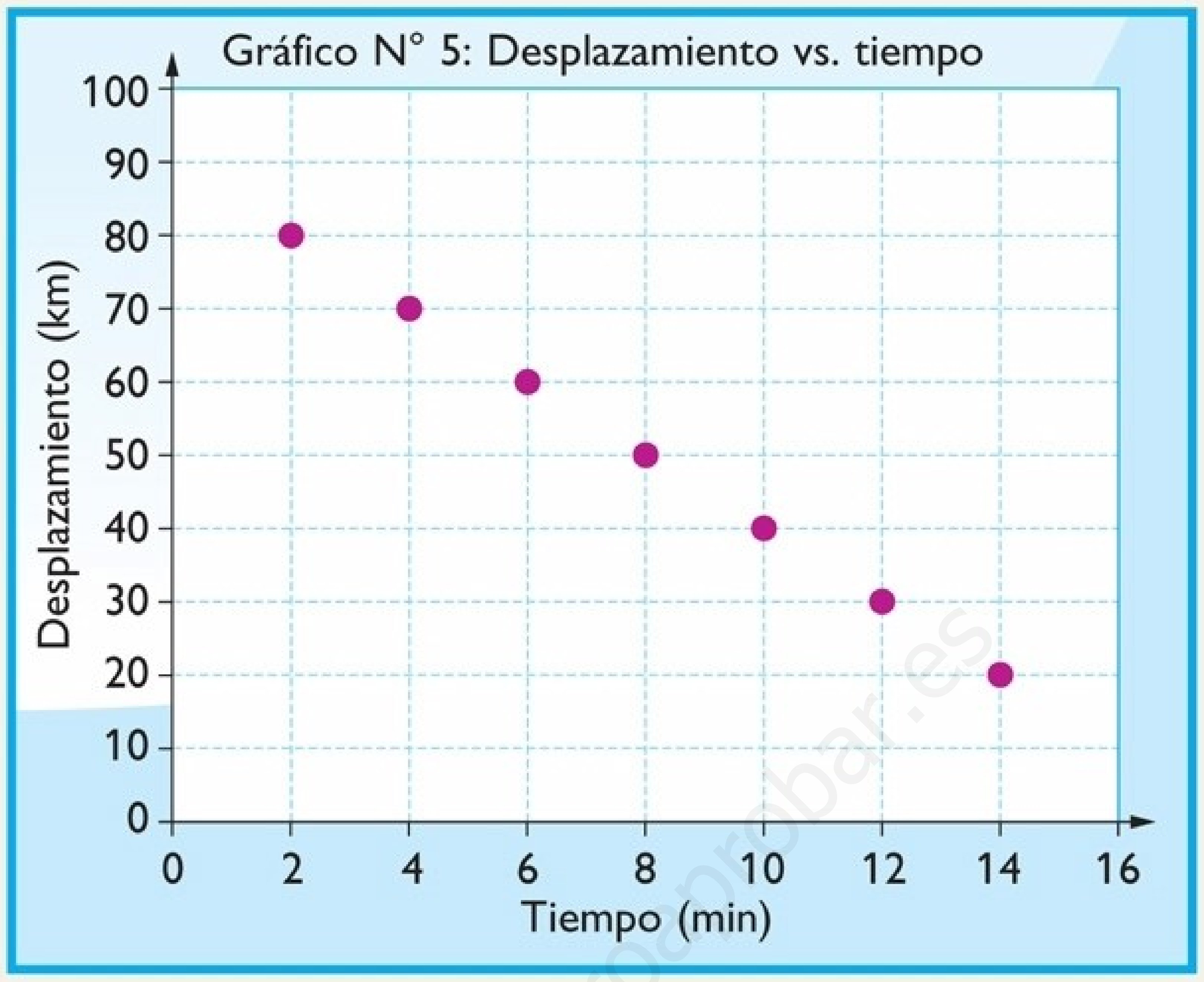
a. Construye el gráfico de la variable dependiente en función de la independiente.
b. Identifica la dependencia entre las variables de estudio.
c. Calcula el valor de la pendiente e indica sus unidades de medida.
d. Escribe la ecuación que relaciona las variables de estudio.

7 Encuentra la ecuación que relaciona las variables rapidez y tiempo según la información entregada en la siguiente tabla.

Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5	6
Rapidez (m/s)	5	8,2	11,4	13,7	17	19,9	23

8 El gráfico muestra el desplazamiento de un móvil para distintos tiempos.

a. ¿Qué tipo de gráfico observas?
b. ¿Cómo se relacionan las variables de estudio?
c. Encuentra una ecuación que represente la relación entre las variables de estudio.



9 Un resorte se estira 3,0 cm al suspender en uno de sus extremos un cuerpo de masa 0,5 kg. ¿Cuál es el valor de la constante elástica del resorte?

10 Si la constante de un resorte es de 5 N/m, ¿cuánto se estirará al colgar de su extremo un peso de 20 N?

11 Un estudiante de física se encuentra a 36 m sobre la superficie de un río, amarrado a una cuerda elástica, cuyo largo natural es 25 m. El estudiante sabe que la cuerda cumple con la ley de Hooke, y que su peso es 700 N. De acuerdo con esto, si al realizar el salto benji el estudiante queda a 4 m sobre la superficie del río, ¿cuál será la constante elástica de la cuerda?

12 En una experiencia práctica, se midió la longitud de un resorte al aumentar la fuerza aplicada en uno de sus extremos.

Fuerza (N)	0	1	2	3	4	5	6	7
Longitud (mm)	50	58	67	75	84	90	102	125
Elongación (mm)								

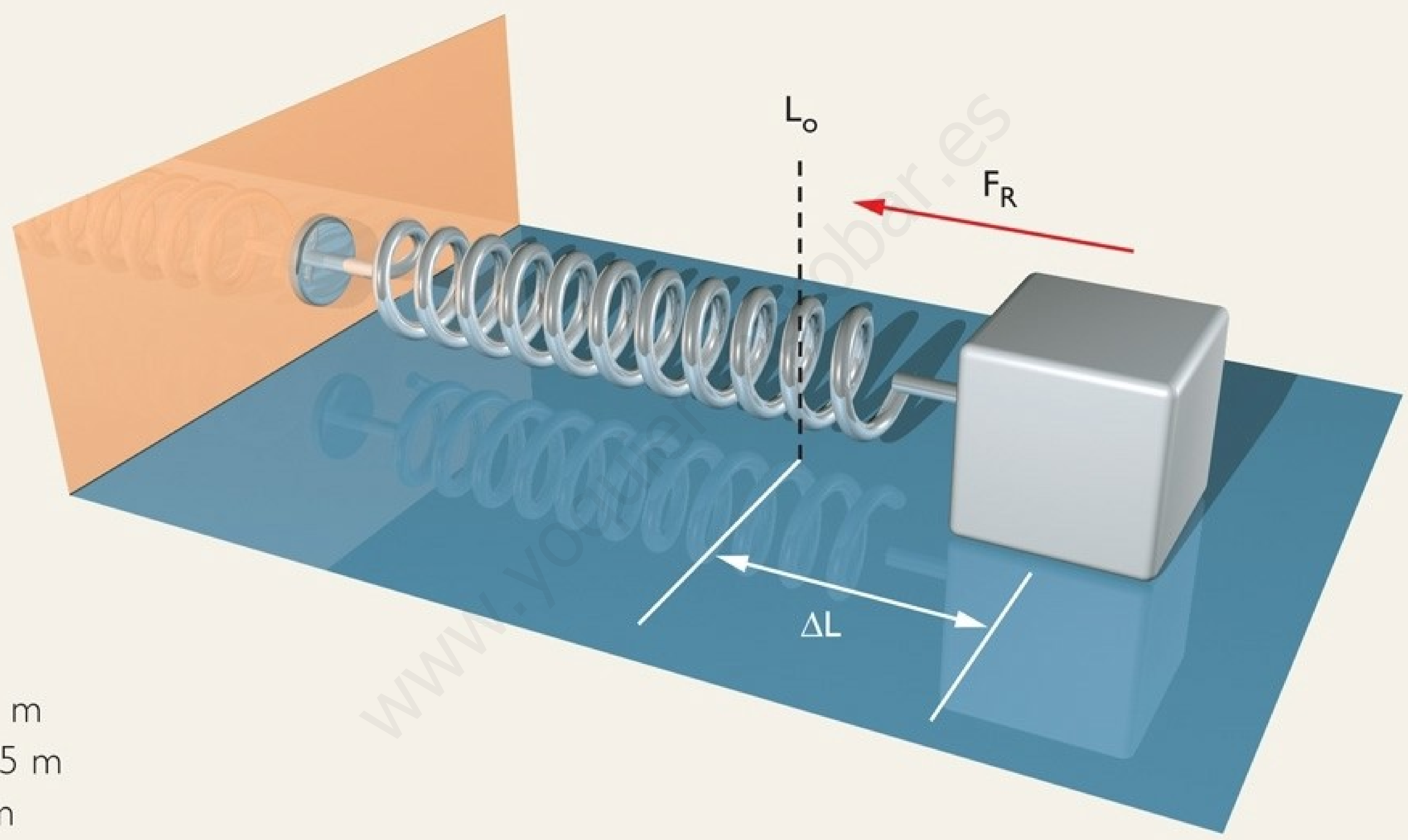
a. Basándote en la información, completa la fila correspondiente a la elongación del resorte.
b. ¿Cuál es la longitud natural del resorte?
c. Construye el gráfico elongación en función de la fuerza.
d. Ubica, en el gráfico, el punto que marca el límite elástico del resorte.
e. Determina la constante elástica k del resorte.
f. ¿Qué fuerza produce una elongación de 28 mm en el resorte?

13 Describe la diferencia entre la tensión y la compresión.

14 Sobre un resorte de 20 cm de longitud se aplica una fuerza de 5 N y se estira hasta 30 cm. Calcula:

a. La elongación que experimenta el resorte.
b. La constante elástica K del resorte.
c. La elongación que producirá una fuerza de 10 N.
d. ¿Cuál será el valor de la elongación del resorte al aplicar una fuerza de 50 N?

15 Un bloque de masa de 0,35 kg, unido a un resorte de constante K = 130 N/m, se mueve libremente sobre una superficie horizontal, sin roce, como se observa en la imagen. El bloque se libera desde una posición de reposo, cuando el resorte está comprimido 0,1 m. Determina la fuerza que actúa sobre el bloque en:



a. ΔL = 0,1 m
b. ΔL = 0,05 m
c. ΔL = 0 m
d. ΔL = –0,1 m

16 Un cuerpo de peso 50 N está unido a un resorte que cuelga verticalmente. Por acción del peso, el resorte se estira 5,0 cm. Se coloca el resorte en posición horizontal sobre una mesa y se estira 11 cm sobre su longitud natural.

a. ¿Qué fuerza se requiere para alargar el resorte hasta esta medida?
b. Realiza un gráfico de fuerza en función de la elongación del resorte respecto a su posición de equilibrio.

Reviso

- Revisa el **Solucionario** y luego escribe tu puntaje en el cuadro.

Descriptor	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Comprender la relación entre fuerza y aceleración.	1, 2, 3 y 4		Si obtienes menos de 4 puntos, realiza la actividad 1. Si obtienes 4 puntos, realiza la actividad 2.
Interpretar y analizar información de gráficos y tablas.	5, 6, 7 y 8		Si obtienes menos de 10 puntos, realiza la actividad 3. Si obtienes más de 10 puntos, realiza la actividad 4.
Comprender la relación entre fuerza y elongación.	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16		Si obtienes menos de 20 puntos, realiza la actividad 5. Si obtienes más de 20 puntos, realiza la actividad 6.
Aplicar y analizar la ley de Hooke.			

Actividades

Actividad 1. **a.** Explica en qué consiste la primera ley de Newton y las variables que relaciona.
b. Explica la importancia de realizar un diagrama de fuerzas a través del DCL.

Actividad 2. **a.** Un objeto acelera a 0,8 m/s^2 bajo la acción de una fuerza de 16 N. ¿Cuál es su masa?
b. Si sobre el objeto actúa la misma fuerza y se agrega una segunda fuerza que se opone al movimiento, cuya magnitud es 10 N, ¿cuál será la aceleración del cuerpo?

Actividad 3. De acuerdo con la información de la siguiente tabla, responde:

Tiempo (s)	0	3	6	9	12	15	18
Distancia (m)	5	15	30	45	60	75	90

a. En un grafico ¿qué parámetro representarías como variable dependiente?
b. ¿Que relación existe entre las variables de estudio?

Actividad 4. **a.** Se conocen datos respecto de la magnitud de la fuerza de gravedad y la distancia de separación entre dos cuerpos. ¿Qué relación observaríamos en un gráfico de ambas variables?
b. ¿Cómo se obtiene una relación lineal entre la fuerza de gravedad y la distancia?

Actividad 5. Realiza un esquema de la fuerza desarrollada por un resorte al comprimirlo y estirarlo.

Actividad 6. En la tabla, se listan los datos longitud final de un resorte y la fuerza aplicada en uno de sus extremos.
a. ¿Es posible determinar la constante elástica del resorte al graficar fuerza vs. longitud? Justifica.
b. ¿Cuál es el largo natural del resorte?
c. Estima la elongación del resorte y obtén el valor de la constante elástica.

Fuerza (N)	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0
Longitud (cm)	12,1	15,5	18,9	22,3	25,8	33

Preparando la PSU

En esta sección, te invitamos a resolver preguntas similares a las expuestas en la PSU, cuyas claves están en el **Solucionario.** Para comenzar, revisa el análisis de una de ellas.

Analizando una pregunta

1 Al graficar fuerza peso vs. elongación, se obtiene una recta. ¿Qué propiedad del resorte se puede calcular a partir de su pendiente?

A. La fuerza sobre el resorte.
B. La elongación total.
C. La constante de elasticidad.
D. La masa del resorte.
E. El peso del resorte.

Corrección:

La alternativa A establece que en el gráfico, a partir de la pendiente es posible estimar la fuerza sobre el resorte, esto es incorrecto, ya que en este gráfico conocemos la fuerza y la elongación. La alternativa B es incorrecta también, ya que solo podemos estimar la elongación para el rango de fuerzas analizadas. Recordemos que sobre el límite elástico el resorte no se estira de modo proporcional a la fuerza. Las alternativas D y E también son incorrectas, ya que mencionan propiedades del resorte que son imposibles de determinar con el análisis del gráfico. La alternativa C es correcta, ya que la pendiente nos permite determinar la constante de elasticidad del resorte que se deriva de la ley de Hooke.

2 Un vehículo se encuentra detenido en un terreno plano. Para que se comience a mover es necesario aplicarle una:

A. fuerza peso.
B. fuerza horizontal.
C. fuerza vertical.
D. fuerza normal.
E. deformación.

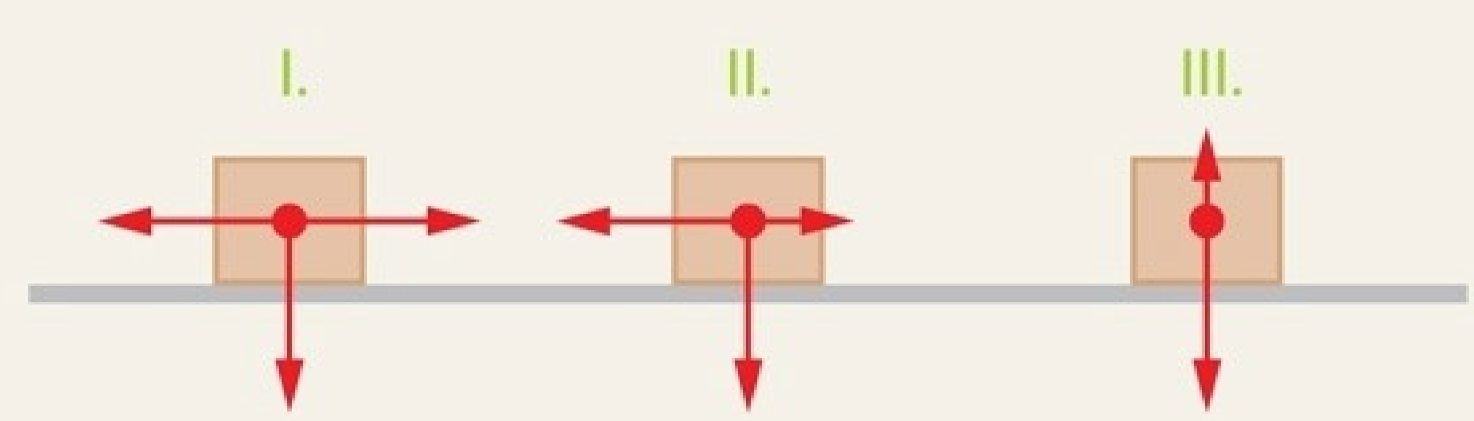
3 Sobre un cuerpo en reposo se aplican dos fuerzas de 5 N y 2 N, horizontalmente y hacia la derecha. Al mismo tiempo, se aplica una fuerza de 7 N, en la misma dirección pero en sentido opuesto. ¿Qué ocurre con el cuerpo?

A. Se mueve hacia la derecha.
B. Se mantiene en reposo.
C. Experimenta una aceleración.
D. Se mueve hacia la izquierda.
E. Se mueve con velocidad constante.

4 Un automóvil de masa 1.500 kg logra una aceleración de 2 m/s^2; eso quiere decir que se aplicó una fuerza de:

A. 3.000 N
B. 1.500 N
C. 4.500 N
D. 750 N
E. 6.000 N

5 ¿En cuál de los siguientes casos se podría producir movimiento?



A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. I y II
E. Todas

6 Para medir la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo se puede utilizar:

A. una balanza de torsión.
B. un densímetro.
C. una balanza digital.
D. un dinamómetro.
E. una regla.

7 Dos variables tienen una relación directamente proporcional, al llevar eso a un gráfico se obtendrá una:

A. parábola.
B. circunferencia.
C. recta.
D. línea quebrada.
E. pendiente.

8 Se considera que un material es elástico si luego de aplicarse una fuerza sobre él:

A. se deforma.
B. recupera su forma.
C. acelera.
D. recupera su masa.
E. se desplaza.

En un experimento se colgaron distintas masas de un resorte y se midió la elongación obtenida. A continuación se presenta una tabla que resume los valores medidos. De acuerdo a la información de la tabla, contesta las preguntas 9, 10 y 11.

Peso (N)	2,5	3	3,5	5	6,5
Elongación (cm)	1	1,2	1,4	2	2,6

9 ¿Qué tipo de relación hay entre las dos variables?

A. Decreciente.
B. Constante.
C. Creciente.
D. Directamente proporcional.
E. Inversamente proporcional.

10 A partir de los valores de la tabla, se calcula la constante de proporcionalidad del resorte, su valor es:

A. 2,5 N
B. 3,5 N/m
C. 25 N/cm
D. 2,5 N/m
E. 2,5 N/cm

11 ¿Con qué se relaciona la constante k en un resorte?

I. La ley de Hooke.
II. La constante de elasticidad.
III. La masa del resorte.

A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. I y II
E. II y III

12 Una masa $M_1 = 2$ kg está a 10 m de otra $M_2 = 4$ kg. Para que choquen con la misma aceleración sería necesario que:

I. se les aplicaran fuerzas en sentidos opuestos.
II. se aplicara sobre M_2 la mitad de fuerza que a M_1.
III. se les aplicaran fuerzas en la misma dirección.

A. Solo I
B. Solo II
C. Solo III
D. I y III
E. Todas

13 Un móvil se mueve con fuerza neta igual a 12 N, experimentando una aceleración de 6 m/s^2. ¿Qué pasa con esta fuerza, si en otro instante de su recorrido el móvil desarrolla una aceleración de 3 m/s^2?

A. Disminuye en 6 N.
B. Aumenta en 6 N.
C. Disminuye en 9 N.
D. Aumenta en 9 N.
E. Se mantiene en 12 N.

Fuente: www.demre.cl. Pregunta liberada del proceso de admisión 2009.

Unidad 4 Fuerzas y ley de Hooke

Evaluación diagnóstica (páginas 146 y 147)

1. 5 puntos en total.

   a. Peso: vertical hacia abajo. Empuje: vertical hacia arriba. Roce con agua: horizontal hacia atrás, opuesta al movimiento del roce del fluido. Fuerza muscular: hacia delante la que impulsa al nadador. (1 punto)
   b. Peso: vertical hacia abajo, el peso apuntando al centro de la Tierra. (1 punto)
   c. Peso: vertical hacia abajo. Roce por deslizamiento: desde el centro del cuerpo en dirección paralela al movimiento y en sentido contrario al movimiento. Roce con el aire: en la misma dirección y sentido que el roce por deslizamiento. (1 punto)
   d. Fuerza eléctrica: apuntando de forma radial desde el centro de la cabeza hacia arriba. Peso: vertical desde el centro del cuerpo hacia abajo. Normal: vertical desde el centro del cuerpo hacia arriba. (1 punto)
   e. Peso: vertical hacia abajo. Roce con el aire: vertical hacia arriba. (1 punto)

2. 3 puntos en total.

   a. $\vec{F} = 8\,\hat{x}$ N (1 punto)
   b. $\vec{F} = 6\,\hat{x}$ N (1 punto)
   c. $\vec{F} = 0\,\hat{x}$ N (1 punto)

3. 10 puntos en total.

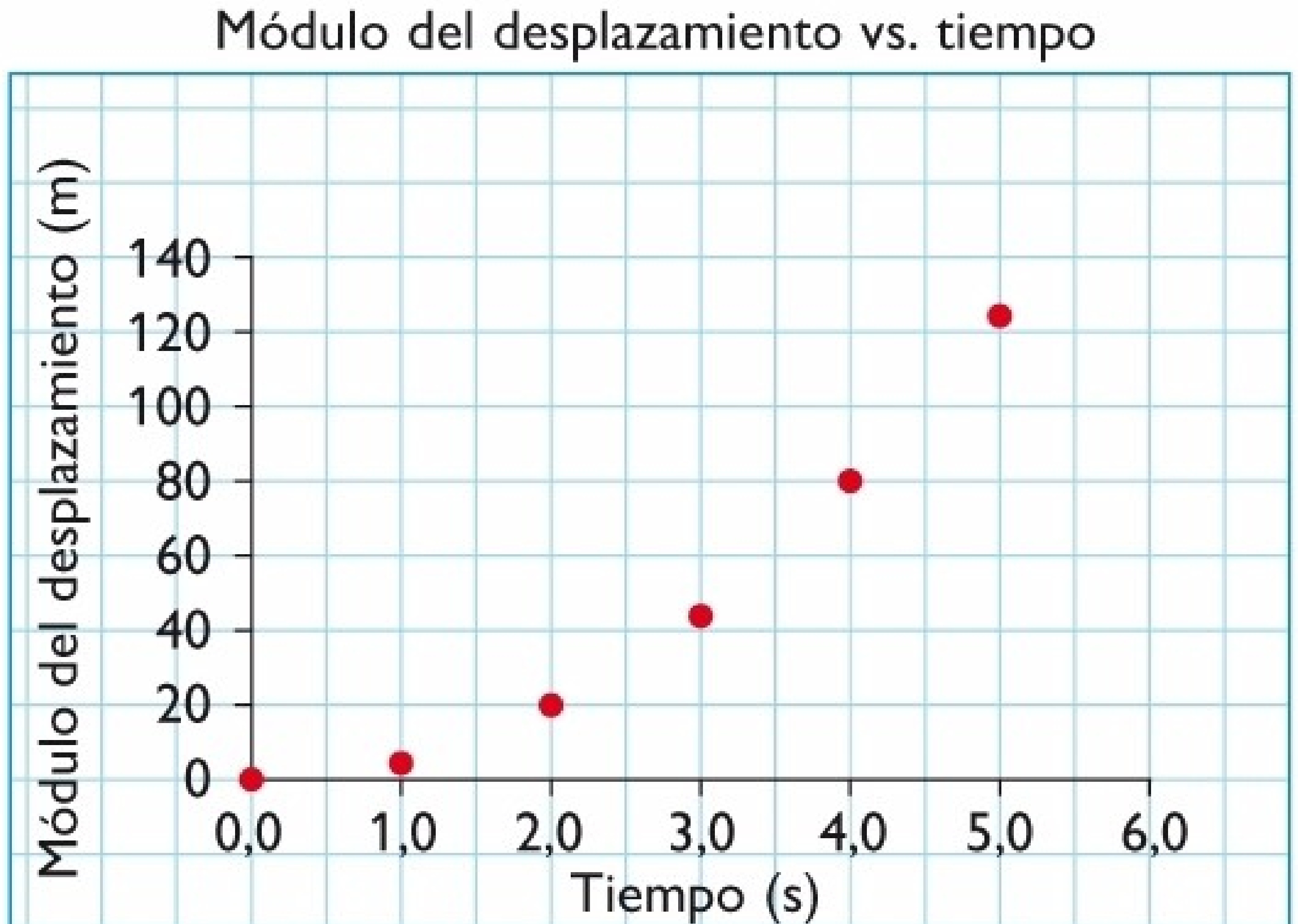
   a. 3 puntos

Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5
Módulo del desplazamiento (m)	0,0	5,2	19,8	45,0	80,1	125,0
Altura * (m)	125,0	119,8	105,2	80,0	44,9	0,0

* La altura se determina de acuerdo al valor inicial, 125 m en t = 0 s, menos la distancia recorrida en cada segundo.

   b. Variable independiente: tiempo; variable dependiente: módulo del desplazamiento. (1 punto)
   c. Gráfico desplazamiento en función del tiempo.

Módulo del desplazamiento vs. tiempo



(1 punto)

d. El gráfico resultante es una curva. Las variables no son directamente proporcionales. (1 punto)

e. No se puede determinar el módulo del desplazamiento exacto, pero debería ser cercano a los 2 m. (1 punto)

f. $|\vec{v}| = \dfrac{125\ \text{m}}{5\ \text{s}} = 2{,}5$ m/s. (1 punto)

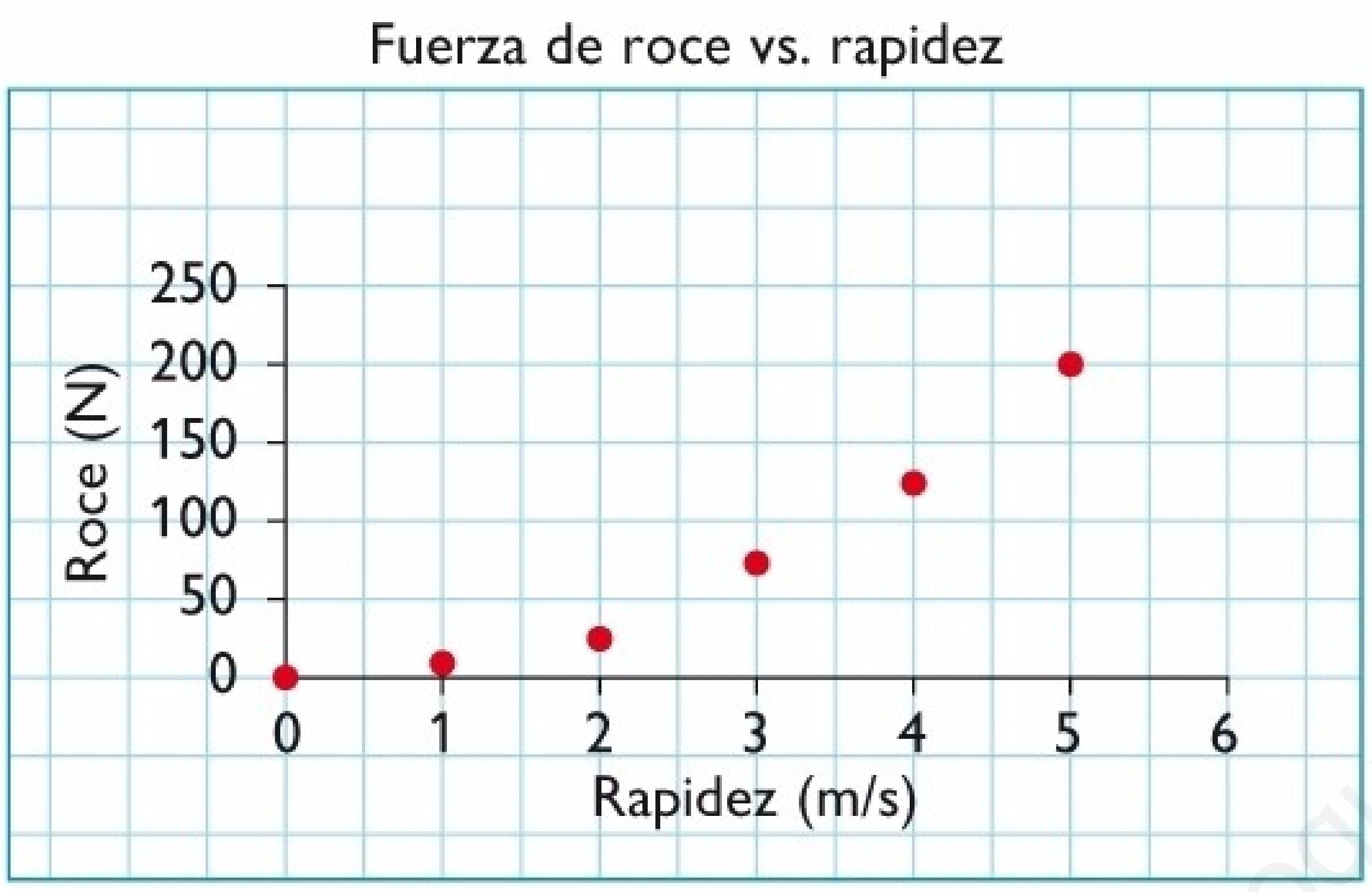
g.

Tiempo (s)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Módulo de la velocidad (m/s)	0,0	5,2	14,6	25,2	35,1	44,9

El módulo de la velocidad no permanece constante sino que aumenta en cada segundo; esto es, la piedra experimenta aceleración. (2 puntos)

4. 4 puntos en total.

a. Gráfico fuerza de roce vs. rapidez.



(1 punto)

b. Se puede estimar que cuando F = 100 N, la rapidez es cercana a 3,5 m/s. (1 punto)

c. A partir de los 2 m/s se observa que la rapidez y el roce son directamente proporcionales; entonces, si no existe cambio en el estado del movimiento del cuerpo, sí es posible predecir que la fuerza de roce, pasados los 5 m/s, será mayor que 200 N. (1 punto)

d. Ciclista. Fuerzas verticales: peso, hacia abajo; fuerza normal, hacia arriba. Fuerzas horizontales: fuerza de roce por deslizamiento y fuerza de roce con el aire, en sentido contrario al movimiento del ciclista; fuerza desarrollada por el ciclista, en sentido del movimiento. (1 punto)

Evaluación de proceso (páginas 156 y 157)

1. 4 puntos en total.

a. La fuerza de gravedad es una fuerza de atracción debida a la interacción de dos cuerpos ubicados a cierta distancia de separación. El peso es una forma simplificada de estimar la fuerza de gravedad de cuerpos de gran masa (como los planetas del Sistema Solar) sobre cuerpos de menor masa en su superficie o bien en sus cercanías. El peso define la atracción que genera el cuerpo celeste sobre cualquier masa considerando la aceleración de gravedad. (1 punto)

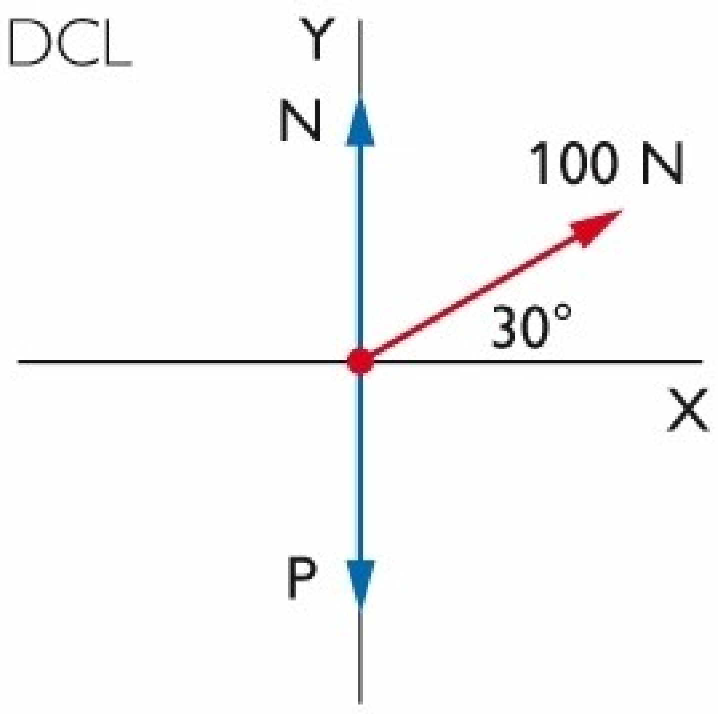
b. El peso depende de la ubicación geográfica de los cuerpos, ya que la aceleración de gravedad se define en función de la distancia de separación entre los cuerpos, y siempre disminuye cuando aumenta la distancia de separación. (1 punto)

c. La fuerza eléctrica y la fuerza gravitatoria son fuerzas de campo, actúan a distancia y dependen de la separación que existe entre los cuerpos que interactúan. (1 punto)

d. La fuerza de roce es toda fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo. (1 punto)

2. 3 puntos en total.

a. (1 punto) DCL



b. $\vec{F}_x = 100 \cos 30° \ \hat{x}$ N $\quad \vec{F}_y = 100 \text{ sen } 30° \ \hat{y}$ N. (1 punto)

c. $\vec{F} = 100 (\cos 30° \ \hat{x} + \text{sen } 30° \ \hat{y})$ N. (1 punto)

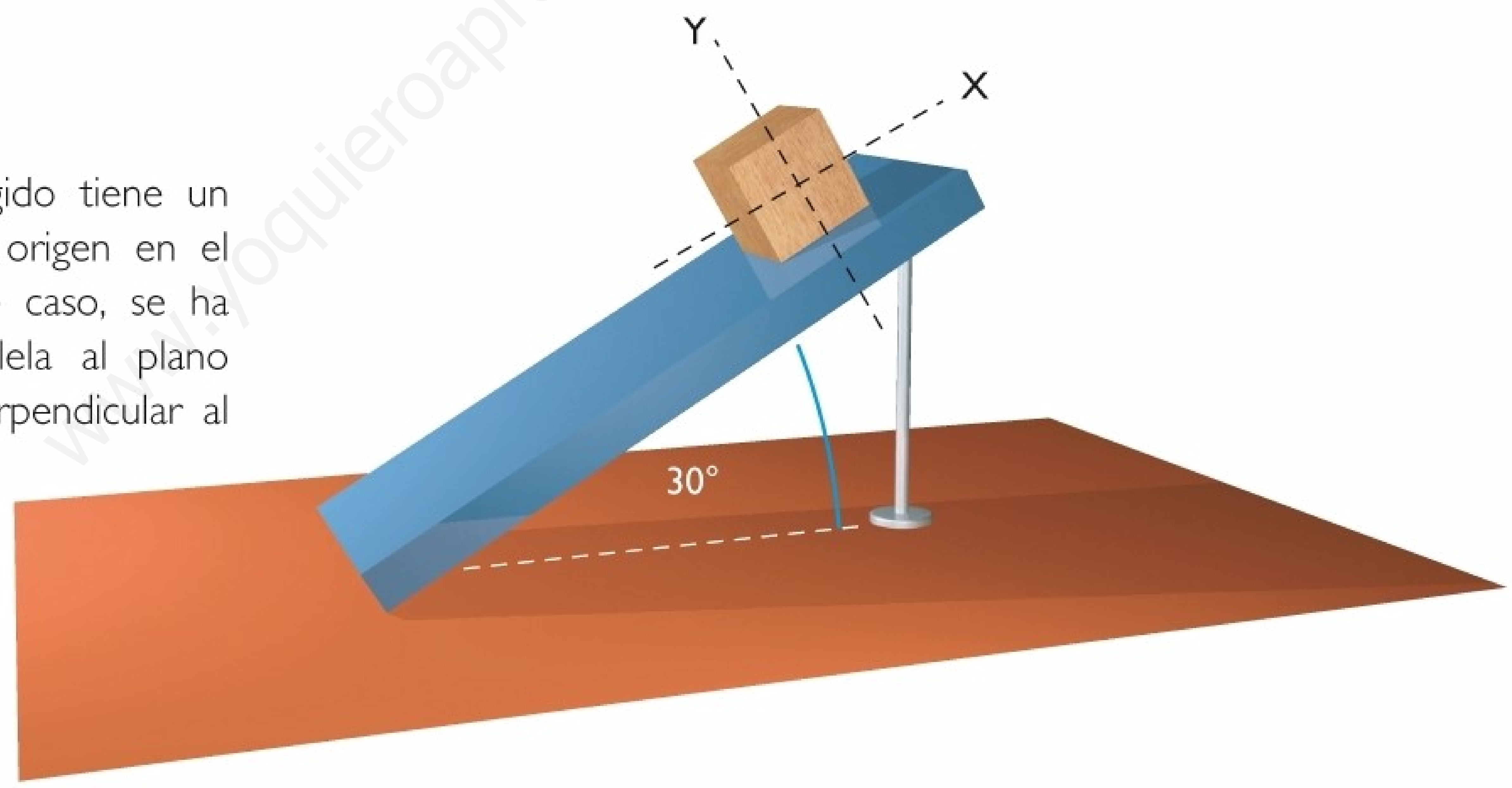
3. 2 puntos en total.

a. $\vec{F}_x = 150 \cos 30° \ \hat{x}$ N $\quad \vec{F}_y = 150 \text{ sen } 30° \ \hat{y}$ N. (1 punto)

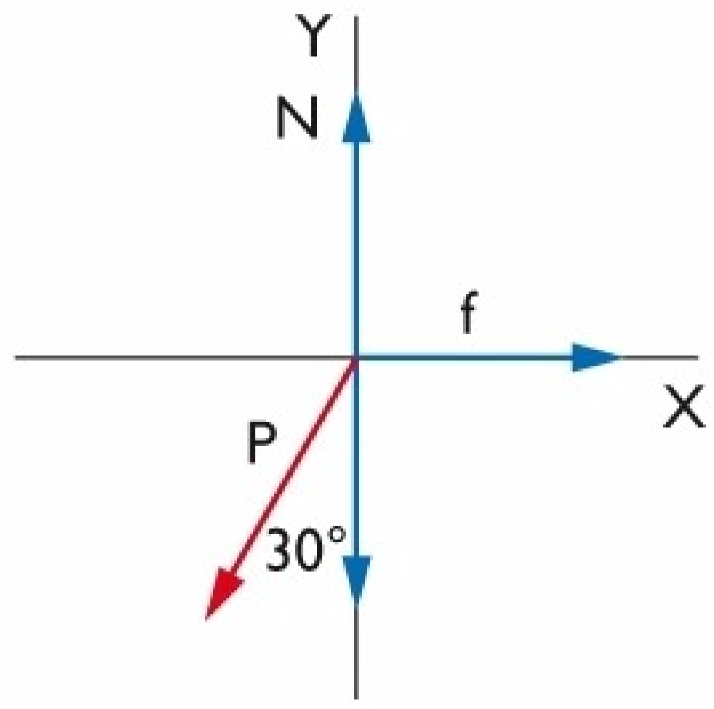
b. $\vec{F} = -80 \ \hat{x}$ N. (1 punto)

4. 4 puntos en total.

a. El marco de referencia escogido tiene un sistema de coordenadas con origen en el centro del cuerpo y, en este caso, se ha elegido la dirección **X**, paralela al plano inclinado y la dirección **Y**, perpendicular al plano. (1 punto)



b. (1 punto)



c. El bloque no se mueve, debido a que el sistema está en equilibrio; es decir, la fuerza resultante es cero. Para que el cuerpo salga del equilibrio, se debe aumentar la fuerza peso o bien disminuir el roce con la superficie. (2 puntos)

Evaluación final (páginas 172 a 175)

1. La masa de la primera caja es un cuarto de la masa de la segunda: $m_2 = 4\ m_1$. (1 punto)

2. Escribiendo la suma de fuerzas tendremos: $\vec{F} = \vec{P} \cdot \vec{f}$ ▶ $m\vec{a} = \vec{P} - \vec{f}$ ▶ $\vec{f} = \vec{P} - m\vec{a}$.

   Remplazando en la ecuación anterior, la fricción entre el poste y bombero: $\vec{f} = 480$ N. (1 punto)

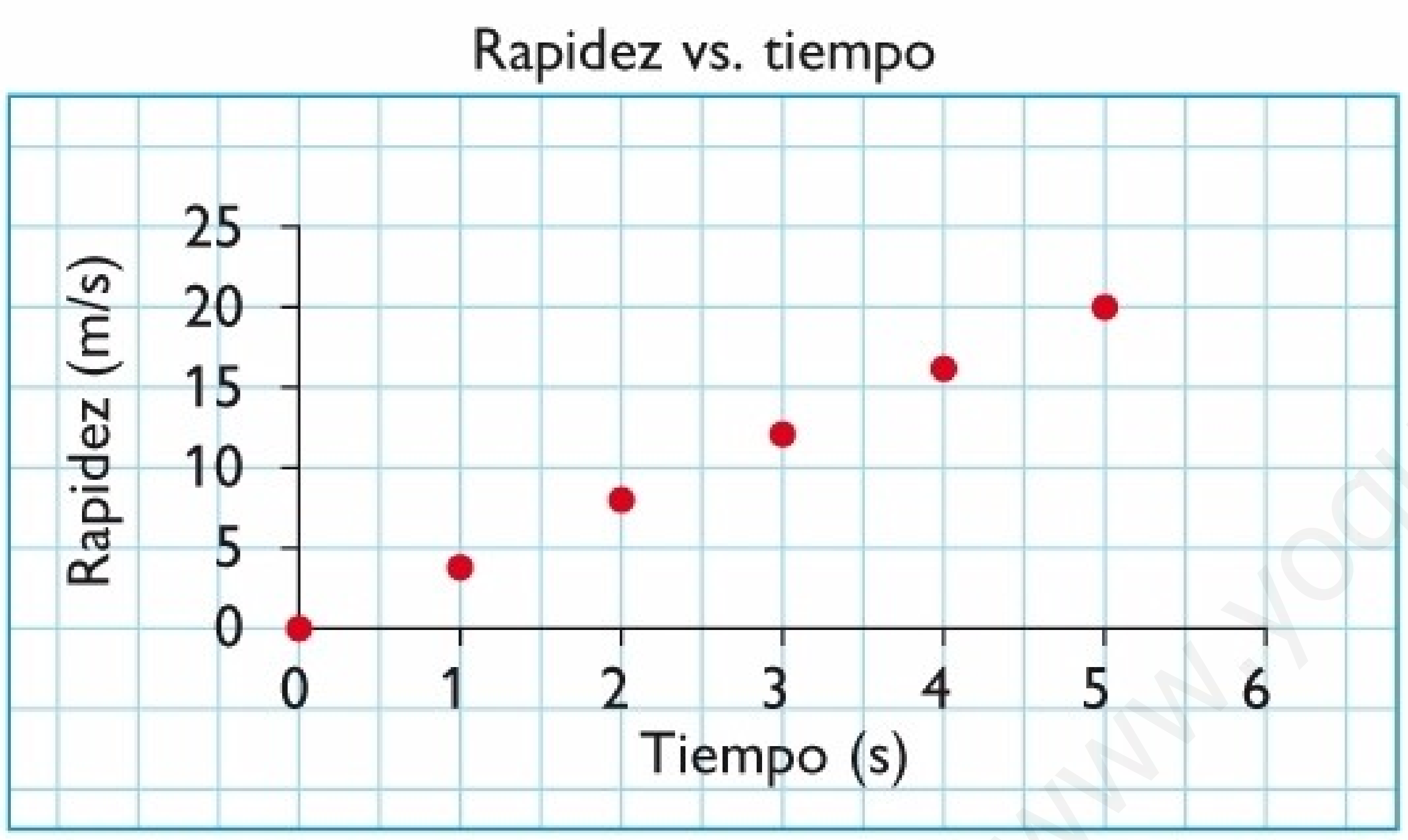
3. Javiera experimenta igual fuerza que Sebastián pero en sentido contrario; entonces, su aceleración es $-4\ m/s^2$. (1 punto)

4. Si la superficie no tiene roce, el cuerpo A debe avanzar con velocidad constante hasta el tope, el cuerpo B bajará por acción de su peso, hasta llegar al suelo. (1 punto)

5. Cuando dos variables son directamente proporcionales quiere decir que el cociente entre ellas es constante; esto significa que existe un factor de proporcionalidad constante entre ellas. El aumento de la variable independiente implica el aumento de la variable dependiente. (1 punto)

6. 4 puntos en total.

   a.

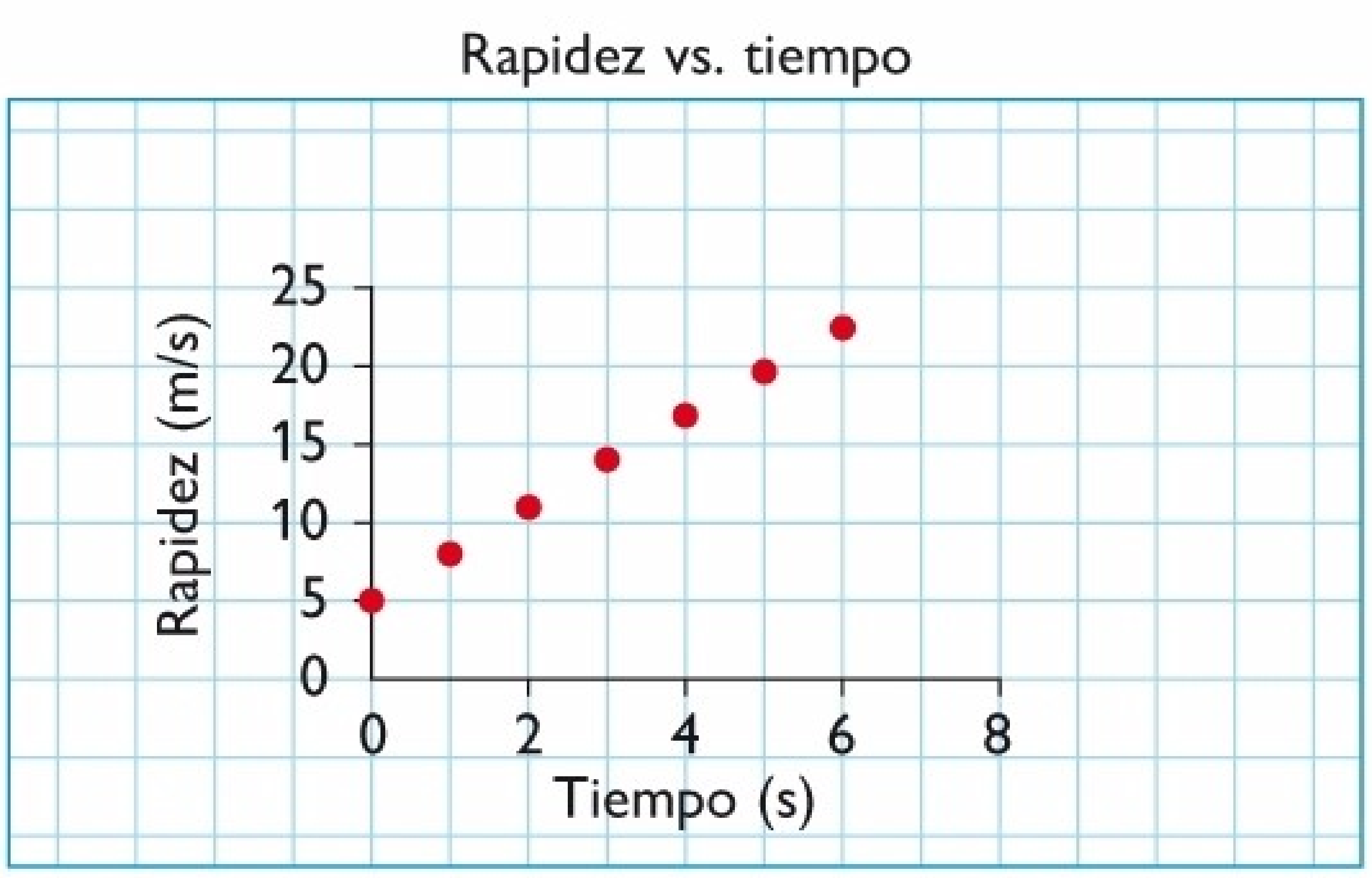


(1 punto)

   b. La rapidez aumenta a medida que pasa el tiempo; por lo tanto, la rapidez depende del tiempo. (1 punto)
   c. La pendiente que une el origen con el punto (5, 20) vale $4\ m/s^2$. (1 punto)
   d. La ecuación que relaciona la rapidez y el tiempo será: $v(t) = 4\ t$. (1 punto)

7. 4 puntos en total.

   - Primero se grafican los datos donde se observa que las variables son directamente proporcionales. (1 punto)



- De la tabla es posible obtener el valor del intercepto de la recta, según el valor inicial de la velocidad t = 0 s; entonces, v (t = 0) = 5 m/s. (1 punto)
- La pendiente se determina por el cociente de la variación de x e y. Utilizando los puntos A(0, 5) y B(6, 23), tenemos que $m = (23 - 5)/(6 - 0) = 3\ m/s^2$. (1 punto)
- Finalmente, la ecuación de velocidad en función del tiempo será: v(t) = 5 + 3 t. (1 punto)

8. 4 puntos en total.

a. Es un gráfico de dependencia lineal entre las variables de estudio: desplazamiento (km) y tiempo (min.). (1 punto)
b. Las variables son directamente proporcionales y la constante de proporcionalidad es negativa. Esto implica que al aumentar los valores de la variable independiente (tiempo), la variable dependiente (velocidad) disminuye. (1 punto)
c. La ecuación de la recta que representa la dependencia lineal del desplazamiento y el tiempo tendrá un intercepto de 90 km. La pendiente determinada con los puntos A(0, 90) y B(14, 20) es m = –5 km/min = –83,3 m/s. (1 punto)
La ecuación que representa la relación entre las variables de estudio es: x(t) = 90 – 5 t (km). (1 punto)

9. 2 puntos en total.

- El estiramiento del resorte es x = 0,03 m al suspender una masa de 0,5 kg que efectúa un peso de 5 N, igual y opuesto a la fuerza restauradora del resorte. Es decir, P = –Fr. (1 punto)
- Entonces, según la ley de Hooke: $Fr = -k \cdot \Delta L = -P$ ▶ $k = \dfrac{P}{\Delta L} = 167$ N/m. (1 punto)

10. Si la constante del resorte es k = 5 N/m y se cuelga en su extremo un peso de 20 N, que es igual y opuesto a la fuerza restauradora del resorte, P = –Fr, entonces: $P = k \cdot \Delta L$ ▶ $\Delta L = \dfrac{P}{k} = 4$ m. (1 punto)

11. 2 puntos en total.

- Si el estudiante queda a 4 m de la superficie del río, quiere decir que la longitud final de la cuerda elástica es 32 m, es decir, $L_f = 32$ m; la elongación de la cuerda será $\Delta L = 7$ m. (1 punto)
- Si la cuerda cumple la ley de Hooke, relacionamos el peso del estudiante con la elongación de la cuerda:
$Fr = -k \cdot \Delta L = -P$ ▶ $k = \dfrac{P}{\Delta L} = 100$ N/m. (1 punto)

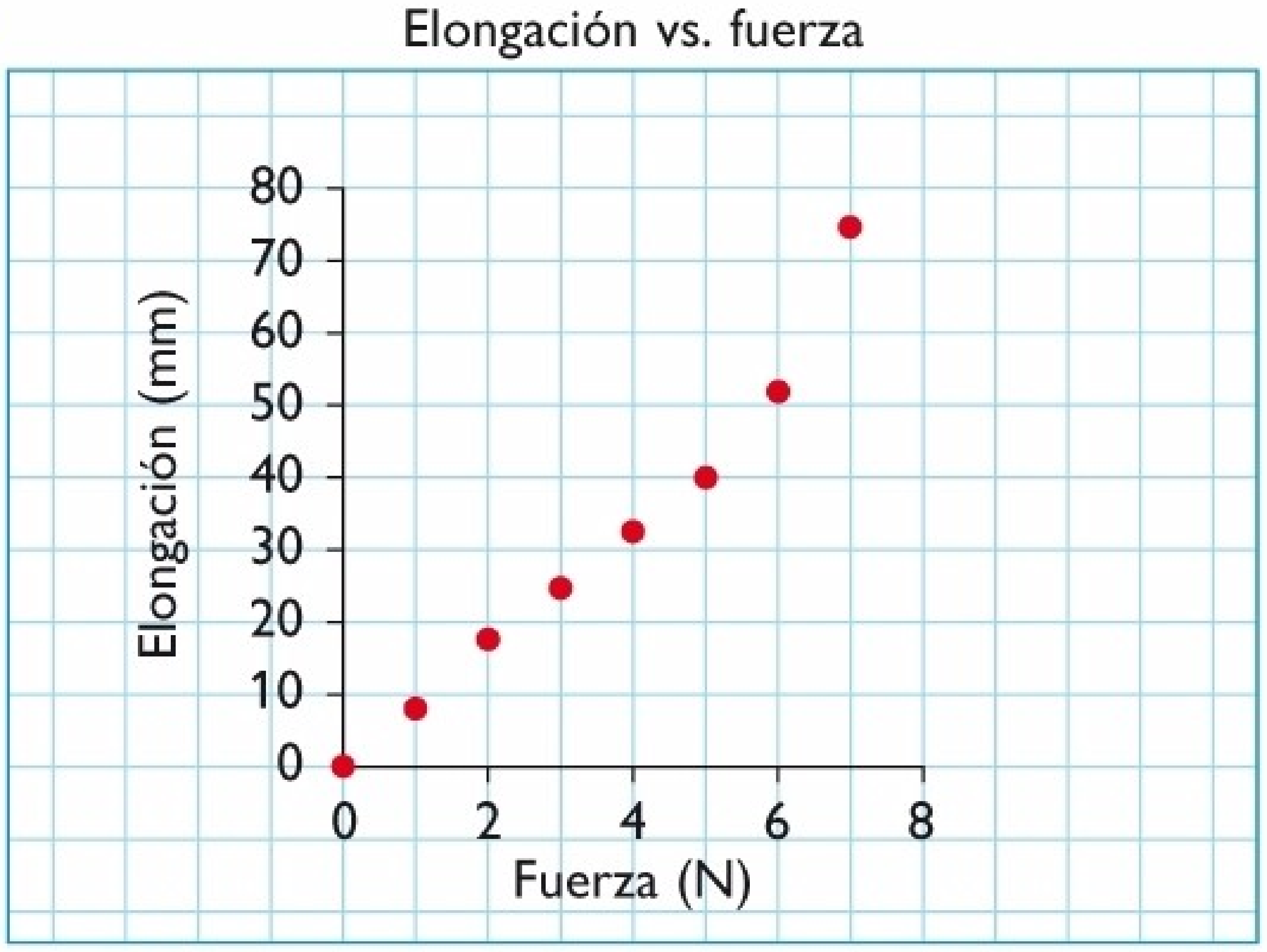
12. 6 puntos en total.

a. (1 punto)

Fuerza (N)	0	1	2	3	4	5	6	7
Elongación (mm)	0	8	17	25	34	40	52	75

b. La longitud natural del resorte es 50 mm o 0,05 m. (1 punto)

c.



(1 punto)

d. En el gráfico, el punto L(4, 34) puede considerarse el límite elástico del material, ya que hasta este punto la elongación y el peso son directamente proporcionales, es decir, el cociente de elongación y fuerza es casi constante. (1 punto)

e. En la zona elástica es posible determinar el valor de la pendiente entre el origen (0, 0) y el punto L(4, 34), siendo $m = 8,5 \times 10^{-3}$ m/N. De acuerdo a este valor, la constante elástica del resorte será su inverso, k = 1/m, = 117 N/m. (1 punto)

f. La fuerza en el resorte es igual y opuesta al peso: $Fr = -k \cdot \Delta L = -P$ ▶ $P = k \cdot \Delta L = 3,3$ N. (1 punto)

13. La tensión y la compresión están referidas a dos tipos de fuerzas que actúan en dirección perpendicular a una cara en la superficie de un cuerpo. La diferencia entre ellas está referida al sentido de la fuerza. (1 punto)

14. 4 puntos en total.

a. 10 cm. (1 punto)
b. 50 N/m. (1 punto)
c. 0,2 m. (1 punto)
d. 1 m. (1 punto)

15. 4 puntos en total.

- Para determinar la fuerza que actúa sobre el bloque es necesario estimar la fuerza restauradora $Fr = -k \cdot \Delta L$.

a. $\vec{F}_R = -13\ \hat{x}$ N. (1 punto)
b. $\vec{F}_R = -6,5\ \hat{x}$ N. (1 punto)
c. $\vec{F}_R = 0\ \hat{x}$ N. (1 punto)
d. $\vec{F}_R = 13\ \hat{x}$ N. (1 punto)

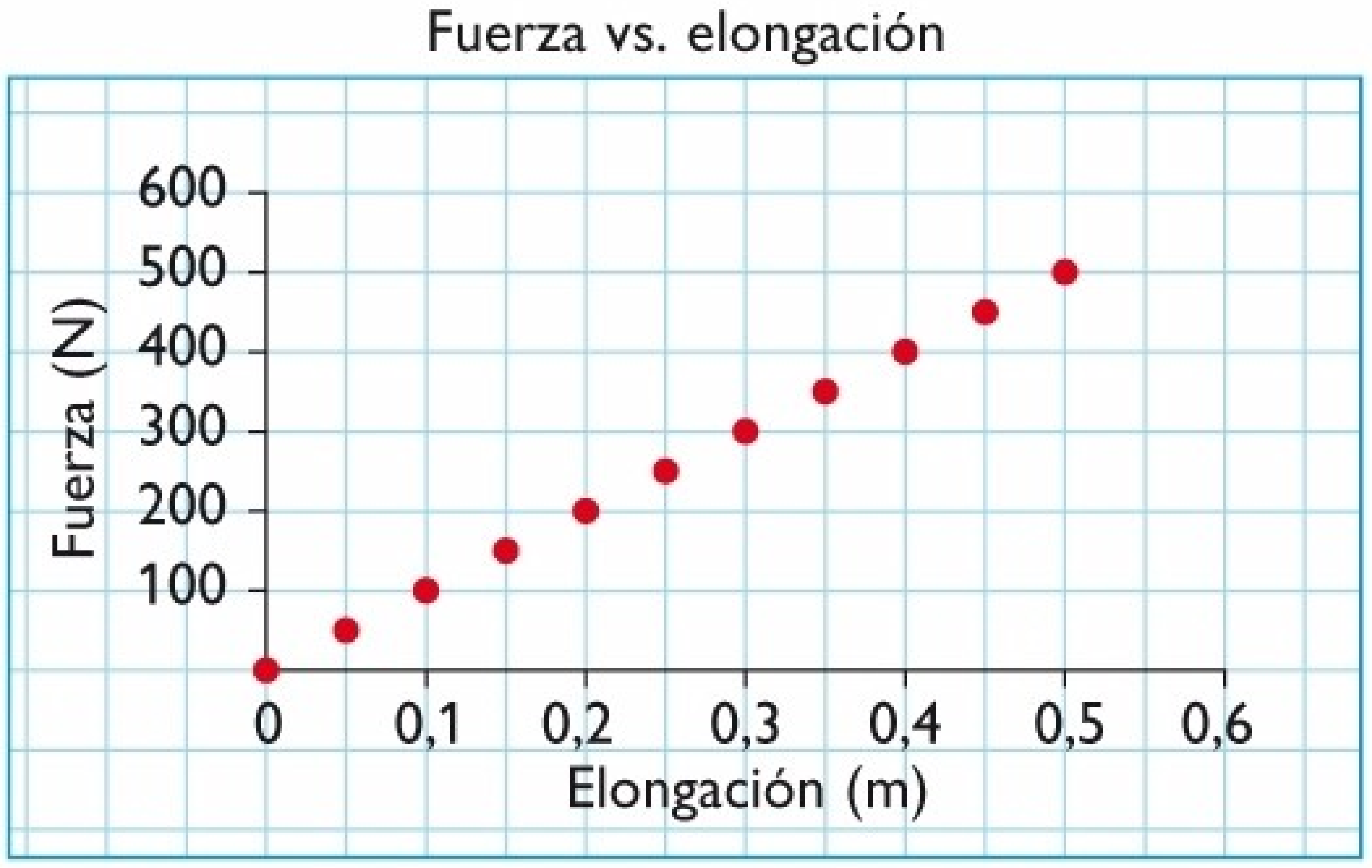
16. 3 puntos en total.

a. Primero se calcula la constante elástica del resorte con los datos de la medición inicial.

$P = -Fr = -(-k \cdot \Delta L) = k \cdot \Delta L$ ▶ $k = \dfrac{P}{\Delta L} = \dfrac{50\ \text{N}}{0,05\ \text{m}} = 1000$ N/m. (1 punto)

De acuerdo con esto, se estima la fuerza aplicada sobre su extremo para estirarlo hasta 11 cm.
$Fr = -F_{Aplicada} = -k \cdot \Delta L$ ▶ $F_{Aplicada} = 1000\ \text{N/m} \cdot 0,11\ \text{m}$ ▶ $F_{Aplicada} = 110$ N. (1 punto)

b.



(1 punto)

Preparando la PSU (páginas 176 y 177)

1. C
2. B
3. B
4. A
5. B
6. D
7. C
8. B
9. D
10. E
11. D
12. E
13. A