

# Energía mecánica

## Unidad 1

### Capítulo 3

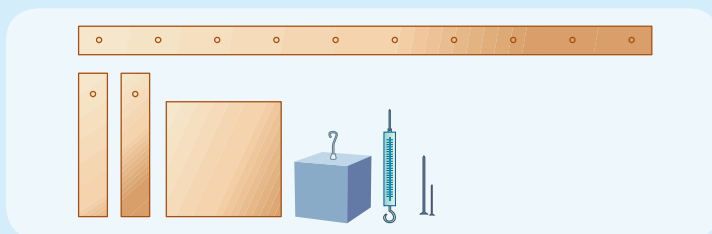
**S**i recurrimos a un diccionario o consultamos antiguos textos de física, es muy probable que al buscar el significado de energía encontremos la siguiente definición: “capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo”. Sin embargo, esta definición es muy restringida puesto que supone que la energía solo sirve para realizar trabajo y, como veremos en este Capítulo, en física, la definición de trabajo es muy diferente a la noción que empleamos en la vida cotidiana.

Todo lo que realizamos diariamente, desde nuestras funciones vitales hasta las actividades productivas y económicas, requieren de una u otra forma del empleo de energía. La energía es más que la capacidad de realizar trabajo: es lo que nos permite provocar cambios en la materia. Por lo tanto, podemos decir que es la energía la que nos permite cocinar un huevo, hacer funcionar un motor, iluminarnos o poner a nuestra ciudad en marcha.



## A Antes de comenzar

¿De qué manera podemos levantar o mover un cuerpo con la menor fuerza posible? En esta actividad utilizaremos dos tipos de máquinas simples que nos permitirán ahorrar esfuerzo.



### Habilidades y destrezas

Inferir  
Construir  
Medir  
Definir variables  
Calcular  
Observar  
Concluir  
Investigar  
Discutir

1. Con los materiales indicados construye un sistema como el que se muestra en la Figura 26.

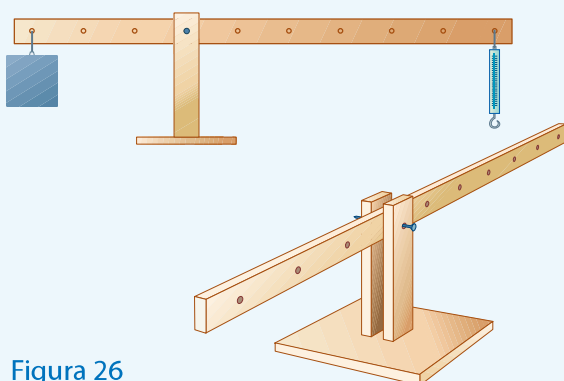


Figura 26

2. Toma uno de los cuerpos y mide con el dinamómetro la fuerza que se requiere para levantarlo verticalmente (el peso del cuerpo). Cuélgalo del extremo de la barra y mantén el equilibrio del sistema aplicando una fuerza mediante el dinamómetro como se muestra en la Figura 27.



Figura 27

A esta relación se le denomina ventaja mecánica, y es un indicador del "ahorro" en esfuerzo que se debe hacer para levantar el cuerpo mediante esta "máquina".

3. Mide la fuerza necesaria para mantener el equilibrio. ¿Cuál es la razón entre la fuerza aplicada y la fuerza peso?

$$\frac{P}{F_a} =$$

### Materiales

- 1 barra (listón de madera de un metro de longitud, de 1 x 2 pulgadas), a la que con un taladro practicaremos orificios espaciados por 10 cm.
- 2 listones de 1 x 2 pulgadas de 25 cm de longitud aproximadamente, con una perforación (como muestra la figura).
- 1 dinamómetro.
- 1 tabla o trozo de madera lisa y rígida (de aproximadamente 20 x 20 cm y de 2 cm de espesor).
- Algunos clips, huincha de medir, martillo, puntas (clavos) de 2 pulgadas, 1 clavo de 4 pulgadas y varios "pesos" o cuerpos que sirvan para levantar.

4. Mide la distancia que sube verticalmente el cuerpo ( $d_p$ ) y la distancia necesaria para que "baje" verticalmente el punto en el que se aplica la fuerza ( $d_f$ ). ¿Cómo será la razón entre estas distancias comparada con la ventaja mecánica?

$$\frac{d_p}{d_f} =$$

5. Repite el experimento para diferentes cuerpos. ¿Qué puedes concluir?

Investiga en qué consiste la "Regla de Oro de la Mecánica", ¿cómo se relaciona con el experimento realizado, y en qué otras situaciones se aplica esta "regla"?

# 1. El trabajo mecánico

## Exploremos

¿Has pensado en lo que se necesita para realizar trabajo mecánico?

¿Conoces la diferencia entre fuerza y trabajo?

Para resolver estas preguntas, te invitamos a realizar la siguiente actividad:

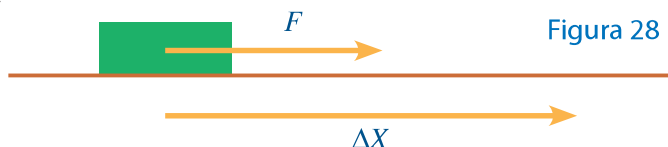
Con un dinamómetro, toma un cuerpo de cierta masa y levántalo desde el piso hasta una altura aproximada de un metro, tomando la precaución de mantener constante la fuerza aplicada. Posteriormente, baja el cuerpo hasta el suelo procurando también mantener constante la fuerza aplicada. ¿En cuál de los dos casos realizaste mayor esfuerzo? ¿En cuál caso realizaste mayor trabajo?

## Concepto clave

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo realiza **trabajo mecánico** sobre dicho cuerpo cuando lo desplaza en la misma dirección y sentido en que actúa.

En nuestra vida diaria no resulta extraño asociar la idea de esfuerzo o la sensación de fatiga con el concepto de trabajo. Por ejemplo, es común escuchar expresiones como: “me costó mucho trabajo hacer mi tarea” o “trabajé mucho desarrollando los ejercicios de álgebra”. Sin embargo, en física y, particularmente en la mecánica, el concepto de trabajo está asociado al efecto producido por una fuerza sobre el movimiento de un cuerpo; pero de una manera muy restringida: decimos que una fuerza produce un trabajo sobre un cuerpo cuando produce sobre él un desplazamiento en la misma dirección en que actúa (Figura 28).

Por ejemplo:



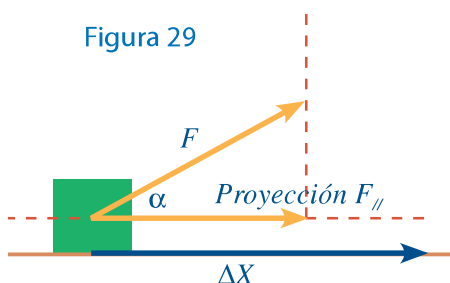
El trabajo se define operacionalmente como el producto entre el módulo de la fuerza aplicada sobre un cuerpo y la magnitud del desplazamiento que experimenta dicho cuerpo.

En el caso en que la fuerza es paralela al desplazamiento, podemos determinar el valor del trabajo como:

$$W = F \cdot \Delta x \rightarrow N \cdot m = \text{joule (J)}$$

A diferencia de lo que ocurre con el torque, en el caso específico del trabajo mecánico, la unidad  $N \cdot m$  equivale a joule (J), que es la unidad en el sistema internacional de unidades para el trabajo y la energía.

¿Y si la fuerza no es paralela al desplazamiento? En este caso debemos determinar su “proyección” sobre el desplazamiento, es decir, debemos determinar la componente de la fuerza paralela al desplazamiento, puesto que esta es la fuerza que produce trabajo (Figura 29). Para obtener la proyección de la fuerza es necesario trazar un eje cartesiano (X o Y) de manera paralela al desplazamiento y dibujar la “sombra” que proyecta la fuerza sobre dicho eje. Realizando una sencilla proporción por medio de longitudes, podemos asignar un valor de intensidad (en newton) a la fuerza paralela al desplazamiento. Así, podemos escribir:



$$W = F_{||} \cdot \Delta x$$

## Observaciones a la definición de trabajo

- Si no hay desplazamiento, entonces el trabajo realizado por la fuerza es nulo. En este caso, es necesario recordar que la definición de trabajo es estricta, de manera que si la fuerza no produce desplazamiento, aunque nos cansemos o “gastemos” energía, sin desplazamiento no hay trabajo.

$$W = 0$$



Si únicamente sostenemos el cuerpo, aunque nos cansemos, no realizamos trabajo porque no hay desplazamiento.

- Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, entonces el trabajo realizado por dicha fuerza es nulo.

$$W = 0$$



Si caminamos de manera horizontal, la fuerza vertical con la que sostenemos la caja no realiza trabajo alguno puesto que no tiene proyección sobre el desplazamiento.

- Cuando la fuerza es opuesta al desplazamiento, entonces el trabajo se considera negativo, tal como ocurre con el trabajo realizado por el roce.
- El trabajo neto ( $W_N$ ) corresponde al trabajo realizado por la fuerza neta, y también es equivalente a la suma de los trabajos realizados por todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo (incluyendo al roce que realiza trabajo negativo):

$$W_N = W_1 + W_2 + W_3 + W_{roce} + W...$$

El trabajo es una magnitud escalar, sin embargo, en ausencia de roce es independiente de la trayectoria del cuerpo. Esta situación queda claramente de manifiesto cuando se observa el trabajo realizado por la fuerza peso (como se verá más adelante).

### Apliquemos

1. Un carrito de juguete de 30 **kg** se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Mediante una fuerza paralela al piso, el cuerpo se desplaza 20 metros, con una aceleración de 2 **m/s<sup>2</sup>**. De acuerdo con esta información: ¿cuál es el valor de la fuerza ejercida sobre el carrito? ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por dicha fuerza?
2. Un cuerpo de 20 **kg** se mueve horizontalmente con una velocidad inicial de 10 **m/s** sobre una superficie que ejerce sobre él una fuerza de roce cinético de módulo 100 **N**. Determina la distancia que recorre antes de detenerse. ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por la fuerza de roce en este proceso?
3. Un piano de 200 **kg** descansa sobre una superficie horizontal y es arrastrado 10 metros, mediante una fuerza paralela al piso de 1200 **N**. Si el coeficiente de roce cinético entre la superficie y el piano es 0,4 determinar:
  - ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por la fuerza?
  - ¿Cuál es el valor del trabajo realizado por el roce?
  - ¿Cuánto es el trabajo neto sobre el cuerpo?

## Potencia mecánica

## Exploremos

Imagina la siguiente situación y trata de encontrar la respuesta a las preguntas que se plantean:

Víctor y Leonardo son dos compañeros que tienen la misma masa. En una competencia, ambos suben una colina por el mismo camino. Sin embargo, Leonardo llega antes que Víctor. ¿Cuál de los dos realiza más trabajo? ¿En qué se diferencia el trabajo realizado por Víctor respecto al de Leonardo?

## C Concepto clave

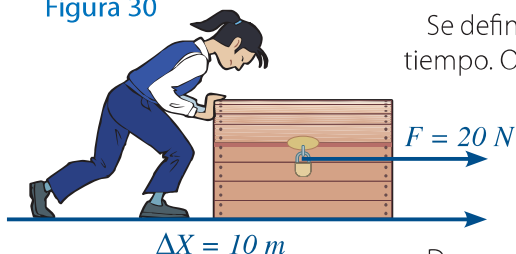
La **potencia mecánica** es una medida de la rapidez con que se realiza trabajo. Corresponde a la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo.

Como muestra la Figura 30, una niña empuja una caja sobre una superficie horizontal sin roce y desplaza dicho cuerpo a lo largo de 10 m, tardando en ello 10 segundos. Si desarrolla la misma tarea, con idéntica fuerza, pero tardando la mitad del tiempo, ¿realiza más trabajo?

Contrario a lo que podría sugerirnos el sentido común, la niña realiza exactamente el mismo trabajo, ya que aplica la misma fuerza y produce el mismo desplazamiento. Sin embargo, hay algo que cambia: y es “la rapidez con que realiza el trabajo”. Es decir, varía la potencia.

Se define la potencia como la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo. Operacionalmente, la potencia se define como:

Figura 30



$$P = \frac{W}{t} \rightarrow \frac{W}{t} = \text{watt (w)}$$

De acuerdo con la definición de trabajo, podemos escribir:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{s} = F \cdot \frac{\Delta x}{t}$$

$$P = F \cdot V_{\text{media}}$$

## P Para tener en cuenta

Cuando se trabaja con máquinas o procesos de gran magnitud, es común que la potencia se exprese en múltiplos de watt, como:

1kW (kilowatt) =  $10^3$  watt

1MW (megawatt) =  $10^6$  watt

## Apliquemos

1. El motor de un monopatín eléctrico desarrolla una potencia de 1,5 kW. Si funciona durante 2 minutos, ¿cuánto trabajo realiza?
2. Si un niño se sube al monopatín de la pregunta anterior, se observa que viaja con una rapidez constante de 2 m/s. ¿Cuál es la fuerza ejercida por el motor para empujar el sistema?
3. Una maleta de 12 kg se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Al ser empujada por una fuerza paralela al piso, se mueve con una aceleración de 0,5 m/s<sup>2</sup>. Determina el trabajo realizado y la potencia desarrollada por la fuerza al cabo de 10 segundos.



## Exploremos

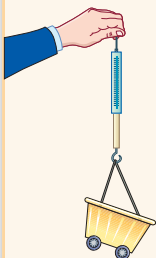
Trabaja en tu cuaderno: ¿de qué depende el trabajo realizado para levantar un cuerpo verticalmente?, ¿qué ocurre si en vez de levantarlo verticalmente empleamos un plano inclinado?

1. Ubica la tabla, apoyando uno de sus extremos en el piso y el otro en el borde de la silla, tal como se muestra en la Figura 31:

Figura 31



Figura 32



- a) Con la huincha mide la altura de la silla y el largo de la tabla.
- b) Con el dinamómetro, mide la fuerza necesaria para levantar verticalmente el carrito hasta la altura de la silla (Figura 32).
- c) Con este valor y la medida anterior, calcula el valor del trabajo necesario para subir el carrito hasta la silla. ¿Qué valor obtienes?

2. Empleando el plano inclinado formado por la tabla sube lentamente el carrito hasta la silla, como se muestra en la Figura 33.

Si subes el carrito de manera uniforme, la medida del dinamómetro se mantendrá constante (fuerza).

- a) En estas circunstancias, la fuerza necesaria, ¿es mayor o menor que cuando se sube verticalmente?
  - b) ¿En cuál de las dos situaciones el trabajo es mayor?
  - c) Verifica tu predicción, calculando y comparando el valor del trabajo en ambos casos. ¿Qué observas?
  - d) ¿A qué se debe lo observado?
3. Repite el experimento, variando la longitud de la tabla para la misma altura y mide en cada caso la fuerza empleada y la longitud recorrida. Completa en tu cuaderno una tabla como la siguiente:

Longitud	Fuerza	Trabajo

4. ¿Qué puedes concluir respecto del trabajo realizado para levantar un cuerpo (en contra del peso) hasta determinada altura?

## H Habilidades y destrezas

Predecir  
Medir  
Calcular  
Contrastar  
Comprobar  
Fundamentar  
Tabular  
Concluir

## M

## Materiales

- 1 silla.
- 1 carrito con ruedas.
- 1 dinamómetro.
- 1 tabla o trozo de madera lisa y rígida (de aproximadamente 1,5 m de largo por 15 ó 20 cm de ancho).
- Huincha de medir.

Figura 33



## 2. Energía potencial gravitatoria

### Exploremos

Reflexiona acerca de la siguiente situación:

Si dejamos caer un martillo sobre un clavo, aplicamos una fuerza sobre él y lo desplazamos, es decir, realizamos trabajo mecánico.

¿Por qué realizamos mayor trabajo cuando dejamos caer el martillo desde mayor altura, si la fuerza peso es la misma?

### Concepto clave

La **energía potencial gravitatoria**, es la energía que posee un cuerpo debido a su altura sobre la superficie terrestre. Esta energía es equivalente al trabajo que se debería realizar en contra del peso para subir a dicho cuerpo, desde el suelo hasta su altura.

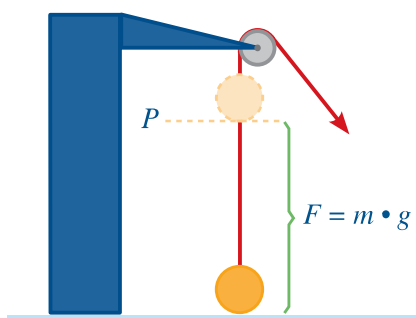


Figura 34

Consecuentemente con lo que hemos planteado al inicio del Capítulo, para realizar trabajo se requiere energía. Podemos preguntarnos entonces, ¿qué ocurre con la energía cuando realizamos trabajo?

Para buscar una respuesta a la pregunta, consideremos el experimento realizado en la página anterior: cuando dejamos el cuerpo a cierta altura dicho cuerpo tiene la posibilidad de caer y producir algún efecto. Es decir, el cuerpo queda con energía.

Al realizar trabajo para levantar un cuerpo, lo que hacemos es transferirle energía potencial gravitatoria ( $U$ ). Esta energía, operacionalmente, es equivalente al trabajo realizado en contra del peso para llevar al cuerpo desde el suelo hasta su posición final a cierta altura.

Supongamos que mediante un sistema de polea simple (Figura 34) se pretende subir con rapidez constante, un cuerpo de masa  $m$  hasta la altura  $h$  sobre el suelo. Para ello se aplica en la cuerda una fuerza equivalente al peso ejercido sobre el cuerpo ( $F = m \cdot g$ ). La energía potencial con que queda el cuerpo es equivalente al trabajo realizado para levantar al cuerpo, como se muestra a continuación:

$$U = W$$

$$U = F \cdot h$$

$$U = m \cdot g \cdot h \rightarrow kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = N \cdot m = \text{joule (J)}$$

Tal como hemos observado en la actividad de la página anterior, el trabajo realizado en contra de la fuerza peso, es independiente de la trayectoria. Por lo tanto, independientemente de la forma en que un cuerpo sea levantado, su energía potencial siempre estará determinada operacionalmente por la última ecuación.

### Para discutir en clases

Un día de primavera, Jimena sube un cerro en 3 horas y media. Sin embargo, en un caluroso día de verano, sube el mismo cerro pero en 5 horas. ¿En qué estación del año Jimena realiza más trabajo? ¿En qué se diferencia el trabajo realizado en primavera respecto del realizado en verano?

### 3. Energía cinética

#### Exploremos

Busca la explicación a esta situación:

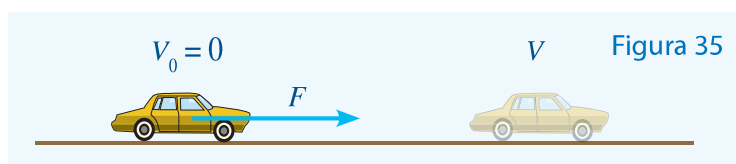
Durante una práctica de exhibición, con una manguera un bombero lanza un chorro de agua sobre una caja y la mueve a lo largo de cierto trecho, es decir, realiza trabajo sobre ella. Si sabemos que al igual que todos los cuerpos el agua no “tiene” ni “lleva” fuerza, ¿cómo puede realizar trabajo sobre el cuerpo?

Como ya sabemos, el trabajo es una forma de transferir energía a un cuerpo. Hemos observado el caso en donde se realiza un trabajo en contra del peso, sin embargo, ¿qué ocurre con el trabajo cuando empujamos horizontalmente un cuerpo mediante una fuerza neta?

Supongamos que un carrito de juguete se encuentra en reposo sobre una superficie horizontal sin roce. Si lo empujamos de forma paralela a la superficie, con una fuerza neta  $F_N$ , el cuerpo se pondrá en movimiento y quedará con una energía que llamamos cinética (de movimiento).

La energía cinética ( $K$ ) (Figura 35) o energía del movimiento, es la que posee un cuerpo debido a su movimiento y es proporcional a su masa y al cuadrado de su rapidez, como lo describe la siguiente expresión:

$$K = \frac{mV^2}{2}$$



En esta expresión, si la masa se expresa en  $[kg]$  y la rapidez en  $[m/s]$ , es fácil demostrar que la energía cinética se mide en joules  $[J]$ .

$$K = \frac{mV^2}{2} \rightarrow kg \cdot \left[ \frac{m^2}{s^2} \right] = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = N \cdot m = \text{joule } [J]$$

#### Apliquemos

1. Una pelota de 400 gramos es impulsada hacia arriba y sube hasta una altura de 12 metros, ¿cuál es el valor de la energía potencial que alcanza?
2. Un futbolista patea una pelota de 500 gramos y la impulsa con una rapidez de 54  $km/h$ . ¿Cuál es la energía cinética (medida en joules) con que se mueve la pelota?
3. Un autito de juguete (de masa 100 gramos) se mueve horizontalmente con una energía cinética de 1,25  $J$ . ¿Con qué velocidad se mueve el cuerpo?
4. Una bola de pool (**A**) de 200 gramos se mueve a 4  $m/s$ . Choca con otra bola idéntica que se encuentra en reposo (**B**) y le transfiere la cuarta parte de su energía cinética. ¿Con qué rapidez se mueve cada bola después del impacto?

#### Concepto clave

La **energía cinética** es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. Operacionalmente es proporcional al producto entre el cuadrado de la rapidez y la masa del cuerpo.



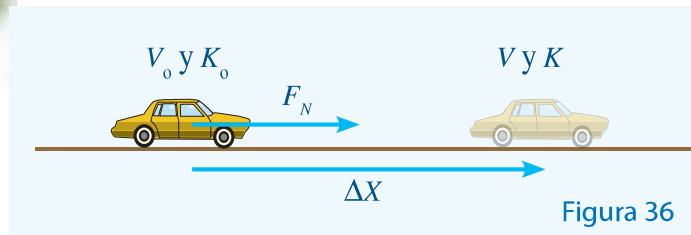
## Trabajo neto y energía cinética

Supongamos que una pelota se mueve con velocidad constante sobre una superficie horizontal. En cierto momento, Sergio patea la pelota de forma paralela a su movimiento, ¿qué ocurre con su energía cinética?

Evidentemente la energía cinética de la pelota experimentará un cambio ya que al aplicar una fuerza produciremos una aceleración y, por consiguiente, una variación en la velocidad.

En realidad, aunque efectivamente es la fuerza neta la que produce las variaciones en la energía cinética al alterar la velocidad, podemos establecer una relación cuantitativa entre el trabajo que realiza dicha fuerza y la variación de la energía cinética:

Supongamos que el carrito de esta página (Figura 36) se mueve con cierta velocidad inicial  $V_0$  (y, por consiguiente, con energía cinética  $K_0$ ). Si aplicamos una fuerza neta paralela a su movimiento  $F_N$ , a lo largo de un desplazamiento  $\Delta X$ , realizaremos un trabajo neto  $W_N$  que podemos calcular como:



### Concepto clave

El **trabajo** es una forma de transferir energía. En efecto, el trabajo neto realizado sobre un cuerpo es equivalente a la variación de energía cinética experimentada por dicho cuerpo.

$$W_N = F \cdot \Delta X$$

$$W_N = m \cdot a \cdot \Delta X$$

Como este movimiento es uniformemente acelerado (de acuerdo con la segunda ley de Newton) tenemos que el desplazamiento es:

$$\Delta X = \frac{(V + V_0)}{2} \cdot t \quad \text{y} \quad a = \frac{(V - V_0)}{t}$$

Por lo tanto, podemos escribir:

$$W_N = m \cdot a \cdot \Delta X$$

$$W_N = m \cdot \frac{(V - V_0)}{t} \cdot \frac{(V + V_0)}{2} \cdot t$$

$$W_N = \frac{m \cdot t}{2 \cdot t} [(V + V_0) \cdot (V - V_0)]$$

Si desarrollamos la “suma por diferencia” entre corchetes, tenemos que:

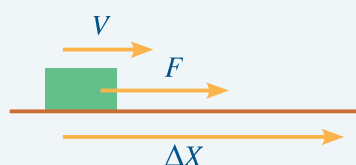
$$W_N = \frac{m}{2} \cdot (V^2 - V_0^2) = \frac{m \cdot V^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2}$$

$$W_N = K - K_0$$

$$W_N = \Delta K$$

El trabajo realizado por la fuerza neta sobre un cuerpo es equivalente a la variación de energía cinética experimentada por dicho cuerpo.

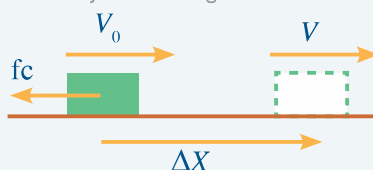
Si la fuerza neta sobre el cuerpo favorece el movimiento de este, entonces el trabajo realizado es positivo, y el cuerpo aumentará su energía cinética.



$$W = F \cdot \Delta X > 0$$

$$W > 0 \Rightarrow \Delta K > 0 \Rightarrow K > K_0$$

Si la fuerza neta sobre el cuerpo se opone al movimiento, como ocurre cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie con roce, el trabajo realizado es negativo, y el cuerpo disminuye su energía cinética.



$$W = f_c \cdot \Delta X < 0$$

$$W < 0 \Rightarrow \Delta K < 0 \Rightarrow K < K_0$$



### Para tener en cuenta

Las fuerzas disipativas provocan una disminución de la energía en el cuerpo.

A diferencia del trabajo realizado en contra del peso, que es independiente de la trayectoria, el trabajo realizado por las fuerzas de roce mecánico, sí depende de la trayectoria del cuerpo. En efecto, decimos que las fuerzas de roce son fuerzas disipativas, ya que al actuar sobre el cuerpo hacen que este disipe o “pierda” energía, normalmente en forma de calor que es transferido a las superficies de contacto o al medio.

Las fuerzas que realizan trabajo de manera independiente de la trayectoria se denominan fuerzas conservativas.

### Para discutir en clases

Un automóvil de 850 *kg* de masa se mueve a 36 *km/h*. En cierto instante comienza a acelerar de manera constante y después de haber recorrido 100 metros, su velocidad ha aumentado a 90 *km/h*. ¿Cuál es el valor del trabajo hecho por la fuerza neta sobre el vehículo? ¿Cuál es el valor de la fuerza neta ejercida en el proceso?

## 4. Energía mecánica

### Exploremos

Un gran avión de pasajeros se encuentra volando a una altura aproximada de 10 km de altura y viaja a una velocidad de 700 km/h, ¿puede realizar algún trabajo este vehículo? ¿Por qué?

### Concepto clave

**Energía mecánica:** esta energía permite realizar transformaciones y trabajo mecánico.

La **energía mecánica** es la que poseen los cuerpos o sistemas debido a su movimiento o posición respecto de la superficie de la Tierra. En otras palabras, la energía mecánica está compuesta por la suma de las energías cinética ( $K$ ) y potencial gravitatoria ( $U$ ). Estas energías, como lo hemos señalado anteriormente, dependen de la velocidad y la altura sobre la superficie de la Tierra, respectivamente.

$$E_{\text{mecánica}} = K + U$$

En las páginas anteriores se ha comentado que el trabajo mecánico es una forma de transferir energía a un cuerpo, ya sea subiéndolo hasta determinada altura (energía potencial gravitatoria) o impulsándolo con una fuerza neta (energía cinética). En efecto, podemos escribir que:

$$W = \Delta E$$

Un cuerpo posee energía mecánica cuando tiene la capacidad de realizar trabajo mecánico. Del mismo modo, si realizamos trabajo mecánico sobre un cuerpo, podemos transferirle energía mecánica.



### Transformaciones de la energía

¿Cómo responderías las preguntas para este caso?

Cuando subimos un cerro realizamos un trabajo en contra de la fuerza peso para llevar nuestro cuerpo hasta determinada altura. ¿De dónde obtenemos energía para este proceso?

Al bajar el cerro disminuye nuestra energía potencial, ¿qué se hace con esta energía? ¿Se transforma en algo?

Como aprendiste en la enseñanza básica, la energía tiene la particularidad de presentarse en múltiples formas: luminosa, eléctrica, química, calórica, etc.



También recordarás que la energía no solo puede presentarse en cualquiera de sus formas, sino que además, está transformándose constantemente. Por ejemplo, los alimentos tienen almacenada energía química, la cual mediante el proceso de digestión es transferida al cuerpo humano, el que la deja “almacenada”, o bien, la ocupa para los diversos procesos vitales.

En todos estos procesos, la energía solo se transfiere de un cuerpo a otro o se transforma de una forma a otra, pero no se “pierde”. Es decir, no se “gasta” no se “aniquila”, como tampoco se “fabrica”; sino que se obtiene a través de la transformación.

## Conservación de la energía mecánica

Los procesos de transformación de la energía también se producen entre la energía cinética y la energía potencial. En efecto, si lanzamos verticalmente hacia arriba una pelota, podemos darnos cuenta de que esta disminuye paulatinamente su velocidad y, por consiguiente, su energía cinética, sin embargo, al mismo tiempo aumenta su altura y su energía potencial. Es decir, la energía cinética se puede transformar en potencial y esta en cinética cuando el cuerpo cae.

**“En un sistema sin roce, y en ausencia de fuerzas externas, la energía mecánica se conserva constante”.**

Este postulado se conoce también como el principio de conservación de la energía mecánica. En otras palabras, plantea que la energía puede transformarse o transferirse, pero la suma de las energías cinética y potencial en cualquier instante, es siempre la misma, como se muestra en la Figura 37.

En ella se muestra a un acróbata de 70 kg que se deja caer ( $V_0 = 0$ ) desde una plataforma de 3 metros de altura. Al inicio de su caída solo posee energía potencial gravitatoria (2100 J), a medida que va cayendo, su altura disminuye y con ella, su energía potencial. Sin embargo, al caer, su velocidad aumenta paulatinamente y, por consiguiente, también aumenta su energía cinética. Cada disminución de energía potencial es compensada con el correspondiente aumento de energía cinética, de tal forma que la energía mecánica total se mantiene constante. Obviamente, en este caso despreciamos los efectos del roce. Cuando el acróbata llegue al suelo, toda su energía potencial se habrá transformado en energía cinética. Es decir, su energía potencial será nula (0) y su energía cinética, de 2100 J.

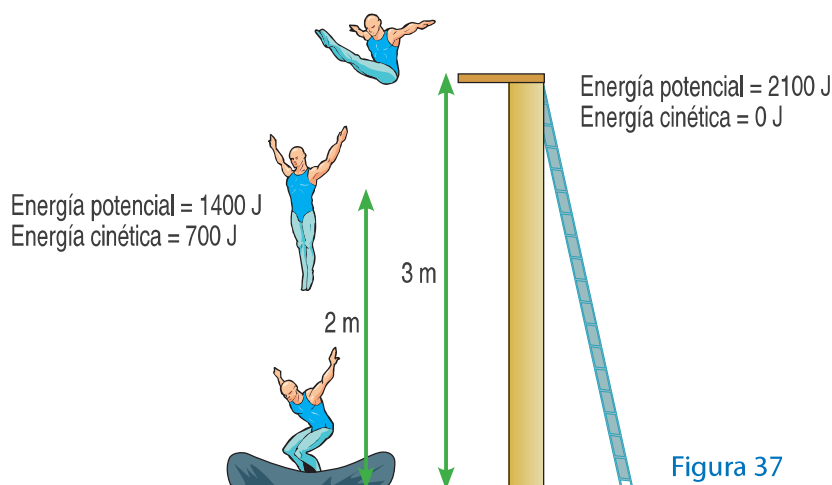


Figura 37



Cuando una persona se encuentra corriendo, decimos que tiene energía cinética, la que obtiene transformando parte de la energía obtenida de sus alimentos.



Asimismo, al subir un cerro el niño adquiere energía potencial. Este proceso, también lo realiza transformando la energía obtenida de los alimentos.



### Para tener en cuenta

La energía, al igual que otras magnitudes de la física, no tiene una definición exacta, sin embargo, podemos caracterizarla como una propiedad de la materia que se presenta en diversas formas y permite realizar transformaciones. Sumado a esto, la energía se puede transformar y transferir de una forma en otra y de un cuerpo a otro.

**P** Para tener en cuenta

En todos los procesos de transformación que ocurren en un sistema cerrado y sin roce, el total de la energía mecánica se conserva constante. Es decir, en la misma medida que el sistema disminuye su energía potencial, aumenta su energía cinética y viceversa. Del mismo modo, si un cuerpo del sistema "pierde" energía, necesariamente otro cuerpo "gana" energía en la misma cantidad.

## Representación gráfica de la energía mecánica

De acuerdo con la conservación de la energía, un cuerpo que cae de manera libre desde cierta altura  $h_c$ , a medida que transcurre el tiempo disminuye su altura y, por consiguiente, su energía potencial. Sin embargo, paulatinamente aumenta su rapidez y, por consiguiente, su energía cinética, en la misma proporción que disminuye su energía potencial. En efecto, la energía potencial es la que se transforma en energía cinética a medida que transcurre el tiempo.

¿De qué manera varían estas energías a medida que el cuerpo va cayendo?

Cuando el cuerpo cae libremente, la ecuación que permite determinar la distancia recorrida verticalmente (es decir, la altura caída) respecto del tiempo es:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Por lo tanto, la altura a la que se encuentra el cuerpo respecto del suelo en cada instante está dada por:

$$h = h_c - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Por su parte, la rapidez del cuerpo a medida que transcurre el tiempo, está dada por:

$$V = g \cdot t$$

Por ejemplo, si un cuerpo de 2 kg se deja caer libremente ( $V_0 = 0$ ) desde un acantilado de 180 metros ( $h_c = 180 \text{ m}$ ), su altura y rapidez en cada instante están dadas por la Tabla 5:

### Apliquemos

Construye los gráficos para cada una de las energías respecto del tiempo. ¿Cómo varían las energías respecto del tiempo, para un cuerpo que cae libremente?

t(s)	h (m)	V (m/s)
0	180	0
1	175	10
2	160	20
3	135	30
4	100	40
5	55	50
6	0	60

Tabla 5



## Formulación matemática del principio de conservación de la energía mecánica

### Exploremos

Una pelota de 1  $kg$  de masa se mueve horizontalmente a 20  $m/s$ . Si transforma toda su energía cinética en potencial, ¿hasta qué altura llegaría el cuerpo?

Si el cuerpo tuviese el triple de masa, ¿hasta qué altura subiría?

¿Qué puedes concluir?

Supongamos un carrito de montaña rusa (Figura 38) que se mueve debido a su propia inercia, es decir, sin una fuerza (motor) actuando sobre él. Del mismo modo, supondremos que no hay roce mecánico. En estas condiciones, la energía mecánica de este cuerpo se conserva constante al moverse desde el punto A hasta el punto B.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica, podemos escribir que:

$$E_{\text{mecánica}} = \text{constante}$$

$$E_B = E_A$$

$$U_B + K_B = U_A + K_A$$

$$m \cdot gh_B + \frac{m \cdot V_B^2}{2} = m \cdot gh_A + \frac{m \cdot V_A^2}{2}$$

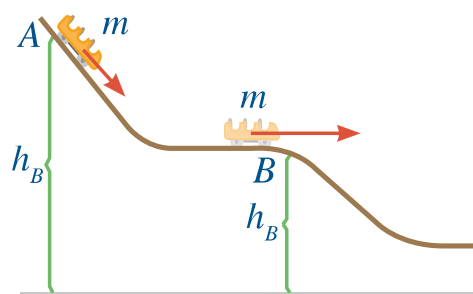


Figura 38

Como la masa es un factor en cada uno de los miembros de la ecuación, podemos simplificar y tenemos:

$$gh_B + \frac{V_B^2}{2} = gh_A + \frac{V_A^2}{2}$$

Es decir, la conservación de la energía mecánica es independiente de la masa del cuerpo.

### Para discutir en clases

En una prueba de funcionamiento, un carrito de montaña rusa (vacío) se mueve horizontalmente sobre una rampa ubicada a 12 metros de altura con una velocidad de 20  $m/s$ , el carrito sube por una pendiente con su impulso y salta hacia el vacío. ¿Cuál es la máxima altura a la que puede subir el carrito, despreciando los efectos del roce?