



Armando Eugenio Zandanel

INTRODUCCIÓN A LA

FÍSICA

**LA ENERGÍA: TRANSFORMACIONES,
TRANSFERENCIAS Y SU APROVECHAMIENTO**



ÍNDICE

Capítulo 1: Los sistemas, los cambios y la energía	9
La energía como capacidad de producir cambios	9
Los sistemas materiales	12
Las numerosas caras de la energía	17
Energía cinética	17
La energía de interacción o potencial	17
Energía potencial gravitatoria	18
Energía potencial elástica	18
Energía potencial eléctrica	19
Energía potencial química	19
Energía radiante	19
Energía de la masa en reposo	20
Clasificación tecnológica de la energía	20
Cuestión de medida	23
A toda potencia: el ritmo con que se transfiere la energía	25
Potencia y velocidad	26
 Capítulo 2: La energía busca trabajo	29
El trabajo mecánico	31
Trabajo y energía cinética	34
Trabajo y energía gravitatoria	35
¡Limpiar una biblioteca y sus libros da trabajo!	35
El caso del tobogán	36
Manteniendo la energía: el intercambio entre energía cinética y potencial	37
Las máquinas y el trabajo	40
El plano inclinado	41
La polea	42
Una revolución en busca del movimiento	43
No es oro todo lo que reluce	44
 Capítulo 3: La energía y el núcleo de los átomos	45
El Sol es una estrella	45
Pequeñas grandes energías: la energía a nivel atómico	47
Cómo liberan energía las estrellas	48
La luz de las estrellas	52

De electrones, luces y espectros	54
Nacimiento, vida y muerte de una estrella	56
El núcleo del átomo y la radiactividad	63
Cuando a los sucesos los rige el azar	65
Fisión: cuando los núcleos se rompen	66
La reacción en cadena y su aplicación en las centrales nucleares	68
Seguridad nuclear	72
Fusión: cuando los núcleos se “pegan”	75
En busca de la energía de las estrellas	76
Chocando núcleos a enormes velocidades	78
Mensajeros del espacio	81
Capítulo 4: La electricidad mueve al mundo.....	83
Cuando las cargas se mueven	86
Cuantificando la corriente eléctrica	89
Todo tiene un límite	90
Combinando resistores	91
Potencia eléctrica: la electricidad se transforma	94
Cuando la electricidad se transforma en calor	96
La resistencia eléctrica depende de la temperatura	98
AC/DC: corriente alterna y continua	99
Cuando la luz se convierte en electricidad	101
Capítulo 5: Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica	103
Sistema Interconectado Nacional	103
Centrales eléctricas	104
La transmisión de la energía eléctrica	106
El rol de los transformadores en el transporte de electricidad	107
Consumo de energía eléctrica	109
Impacto ambiental de la producción de electricidad	111
Tamaño chico y problemas grandes	113
Capítulo 6: Termodinámica	115
El calor	116
Formas de transmisión del calor.....	116
Calor específico	120
Calor sensible	121
Calor latente.....	123
Las propiedades de un sistema	124
Las leyes de los gases	125

Ley de Avogadro	126
Ley de Boyle	126
Ley de Charles	126
Ley de Gay-Lussac	126
Más claro echale agua.....	127
Calor, trabajo y energía	130
Los cambios en un sistema.....	130
Analizando procesos con ayuda de un gráfico	131
Máquinas térmicas y segundo principio de la termodinámica	133
El ciclo de Carnot.....	134
Teorema de Carnot	135
Segundo principio y entropía	136
El ciclo frigorífico de Carnot.....	138
Bomba de calor	139
Los refrigeradores de uso cotidiano: las heladeras.....	140
Mejoras en la eficiencia.....	142
Ambiente: sistema natural y social	143
 Capítulo 7: La energía y los seres vivos	 147
Los seres vivos como sistema	148
Metabolismo.....	149
El caso de las plantas.....	152
¿Los seres vivos obedecen las leyes de la termodinámica?	153
El cuerpo humano y la temperatura	155
Regulación de la temperatura en animales de sangre caliente.....	156
Hipotermia e hipertermia	157
El abrigo de los mamíferos	157
Un mundo de sensaciones	159
Biología y matemática: la relación superficie-volumen	162
Adaptación e intercambio de energía.....	165
 Bibliografía.....	 168

Los sistemas, los cambios y la energía

LA ENERGÍA COMO CAPACIDAD DE PRODUCIR CAMBIOS

Computadoras, micros, trenes, aviones, teléfonos, semáforos, cocinas, heladeras... Todo lo que utilizamos en nuestra vida requiere de algún tipo de energía para funcionar.

La naturaleza a nuestro alrededor nos muestra a cada instante manifestaciones de la energía: la radiación que llega del Sol, las olas del mar que rompen en la costa, las ráfagas de viento, las nubes, los rayos...

Nosotros mismos, como el resto de los seres vivos, requerimos de energía para realizar nuestros procesos vitales: el movimiento, el habla, la digestión, la producción de saliva, el razonamiento...

Sin energía, ningún proceso físico, químico o biológico sería posible.



Energía es un término de origen griego que tiene diversas acepciones, todas estas relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento. En los tratados que escribiera Aristóteles hace más de veintitrés siglos, aparece como *energeia* (que algunos traducen como ‘realidad actuante’). Él, en la Antigua Grecia, usaba el término para designar aquello que hacía que algo pudiera realizar una acción y causar un efecto.

Si nos preguntan qué es una manzana, diremos que es una fruta y, si nos piden una descripción, bastará apoyar una manzana sobre un plato para mirarla, olerla, tocarla y probarla. En cambio, nos sería imposible colocar un poco de energía sobre un plato para arremeter con nuestros sentidos y responder a la pregunta: “¿Qué es?”.

De la energía podemos percibir los efectos: al quemar un trozo de madera, al descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno mediante una corriente eléctrica, al levantar un objeto para ubicarlo en un estante elevado, al lanzar una pelota... El significado actual de la palabra *energía* está asociado a la ‘**capacidad de producir cambios**’. Vale la pena subrayar que la energía no es la causa de los cambios; la causa son las interacciones y, como consecuencia de estas, la energía se transforma o se transfiere.

Todos los cuerpos poseen energía debido a su movimiento, a su composición química, a su posición, a su temperatura, a su masa y a algunas otras propiedades. Nuestro universo es escenario de continuos y múltiples cambios relacionados entre sí. En cantidades muy diferentes, hay algo a lo que llamamos *energía* que se pone en juego: se absorbe o se cede, se gana o se pierde.

La noción de *energía* se introduce en la física para facilitar el estudio de los sistemas materiales. Todos los **cuerpos** o **sistemas materiales** que vemos a nuestro alrededor y aún los que no vemos contienen alguna clase de energía, atributo en virtud del cual pueden transformarse modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros provocando procesos de transformación.

Para entender el concepto, quizá les sirva hacer una analogía con el dinero: la energía sería el “dinero” con el que se “compran” los cambios físicos de un sistema. En una transacción económica, quien compra da cierta cantidad de dinero al vendedor a cambio de un bien o de un servicio. El comprador tiene ahora menos dinero que antes, pero el dinero en sí no ha desaparecido: sólo ha cambiado de manos.

La energía existe bajo distintas formas y constituye la base de todos los fenómenos que tienen lugar en el universo.

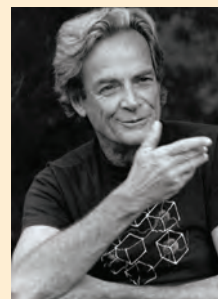


Representación digital del universo



Lectura

Uno de los grandes físicos del siglo xx fue el Premio Nobel de Física Richard Feynman (1918-1988). Le gustaba saber cómo y por qué ocurrían las cosas. Los que lo conocieron dan cuenta de su sencillez, honestidad, sentido del humor e ingenio.



En uno de sus textos en que se refiere a la energía, decía:

Hay un hecho o, si ustedes prefieren, una ley, que gobierna todos los fenómenos naturales conocidos hasta la fecha. No hay excepción conocida a esta ley: es exacta hasta donde sabemos. Se denomina ley de conservación de la energía. Establece que hay una cierta magnitud, que llamamos energía, que no cambia en los múltiples cambios que sufre la naturaleza. Esta es una idea muy abstracta, porque es un principio matemático; dice que hay una magnitud numérica que no cambia cuando algo sucede. No es una descripción de un mecanismo, o algo concreto; se trata sólo del extraño hecho de que podemos calcular cierto número, y que, si lo volvemos a calcular después de haber estado observando a la naturaleza haciendo sus trucos, este número es el mismo. (Algo parecido al alfil en una casilla blanca que, después de varias jugadas cuyos detalles se desconocen, sigue estando en una casilla blanca. Es una ley de este tipo).



Actividades

- 1 Averigüen sobre la vida de Richard Feynman, busquen anécdotas e intenten reconstruir cómo era su personalidad sobre la base del testimonio de quienes lo conocieron.
 - a) Amplíen la búsqueda a los aportes que Feynman hizo a la ciencia.
 - b) ¿Por qué puede atribuirse a Feynman el rol de padre de la nanotecnología?
 - c) ¿Qué dice el texto acerca de la energía?
- 2 Busquen en Internet el libro *Seis piezas fáciles* y lean atentamente el capítulo 4, “Conservación de la energía” (pág. 87). Allí Feynman nos cuenta sobre los cubos de un niño.
 - a) ¿Qué analogías encuentran entre esta historia y la conservación de la energía? Expliquen al menos una de estas.
 - b) Si en una ocasión la masa de la caja es de 1000 gramos, entonces ¿cuál es el número de bloques vistos y el número de bloques en la caja?
 - c) ¿Cuánto vale la constante?
- 3 Hagan un recuento histórico de todos los descubrimientos que llevaron a la formulación del principio de conservación de la energía.

LOS SISTEMAS MATERIALES

Siempre que sometemos a estudio un hecho o fenómeno, hacemos un recorte de la realidad. Para estudiar las propiedades de una porción finita de materia, la consideramos separadamente de cuanto la rodea y la denominamos **sistema**. De este modo, *sistema* es cualquier porción del universo que está aislada del resto física o conceptualmente para estudiar sus propiedades.

Un *sistema físico* es un conjunto formado por diversas partes relacionadas entre sí. Por ejemplo, el Sol, los planetas, planetas enanos y cuerpos menores conforman un sistema. La **interacción** entre los elementos y su **organización** es lo que posibilita el funcionamiento del sistema. En el caso del sistema solar, nos permite explicar fenómenos astronómicos como el día y la noche, las estaciones, los eclipses y las fases de la Luna, entre otros. Una nube, un árbol, una computadora o un ser humano también son ejemplos de sistemas.

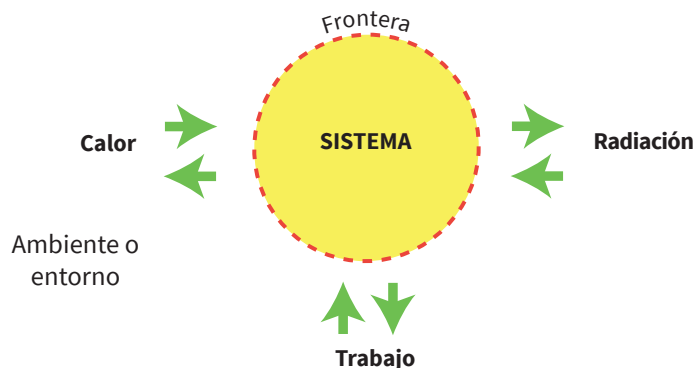
En la noción de *sistema*, están contenidas las ideas de *materia* y de *límite o frontera*. Todo el resto del medio material en el que se ubica el sistema y con el que puede o no interactuar se denomina **entorno o ambiente**. Por ejemplo, si se trata del *hardware* de una computadora, el *límite o frontera* es el gabinete que lo contiene.

Cuando decimos que las partes de un sistema interactúan entre sí y guardan alguna relación, suponemos que cada parte depende de las demás, que está influida, condicionada o restringida por el estado de las otras. El ser humano es un sistema con muchos subsistemas diferentes que contribuyen a mantenerlo vivo, a reproducirse y a actuar.

La frontera es imaginaria y arbitraria desde el momento en que se la define para separar el sistema estudiado del medio en el que está inserto y con el que interactúa directamente. A través de la frontera, el sistema intercambia materia y/o energía con el medio.



Cuando se trata de energía, hay tres modos de realizar el intercambio: calor, trabajo y radiación.



Formas de intercambio de energía de un sistema con su entorno

Un mismo sistema puede presentar diferentes propiedades con el transcurso del tiempo; decimos entonces que asume diferentes estados. El **estado** de un sistema es la noción sintética y cuantitativa de todas sus propiedades. Queda definido al medir magnitudes (parámetros) como la presión, el volumen, la temperatura, la masa, la posición y la carga eléctrica.

Cada estado de un sistema tiene un valor de energía, medido desde un **estado de referencia**. Los sistemas físicos pueden estar **en equilibrio** o **fuera de equilibrio**.

Se puede decir que un sistema está en equilibrio cuando sus parámetros no se modifican con el transcurso del tiempo. Este equilibrio es estable cuando, alterado por un cambio en alguna de sus variables, tiende a regresar a ese estado.

Espontáneamente, una planta crece, un clavo se oxida y un objeto no apoyado ni suspendido cae. El clavo oxidado no se desoxida espontáneamente; tampoco se eleva el objeto que ha caído. Decimos que una lámpara suspendida de un techo está en equilibrio, ya que no cambia de estado mientras interactúa con la Tierra y con lo que la sostiene del techo. Se dice que un sistema está en equilibrio si su estado es tal que no puede experimentar ningún cambio espontáneo. Y cuando un sistema no está en equilibrio, tiende espontáneamente a alcanzarlo.

Los sistemas físicos presentan una tendencia a adoptar condiciones de energía mínima. A grandes rasgos, podemos decir que ello se debe a que, si hay energía para “gastar”, habrá algún proceso que la ceda al resto del ambiente.

Vocabulario



Calor:

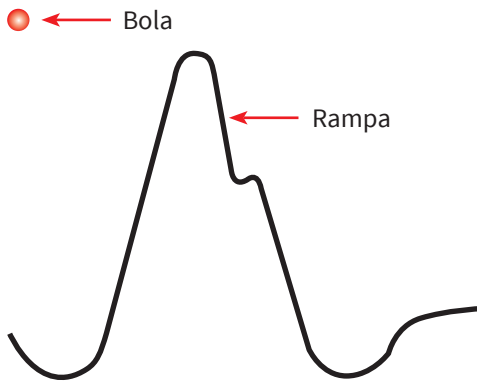
Es la energía transferida cuando existe un desequilibrio térmico (diferencia de temperatura).

Trabajo:

Es la energía transferida cuando existe un desequilibrio no térmico; debe existir una fuerza y desplazamiento o deformación en la dirección de esa fuerza para transmitir energía.

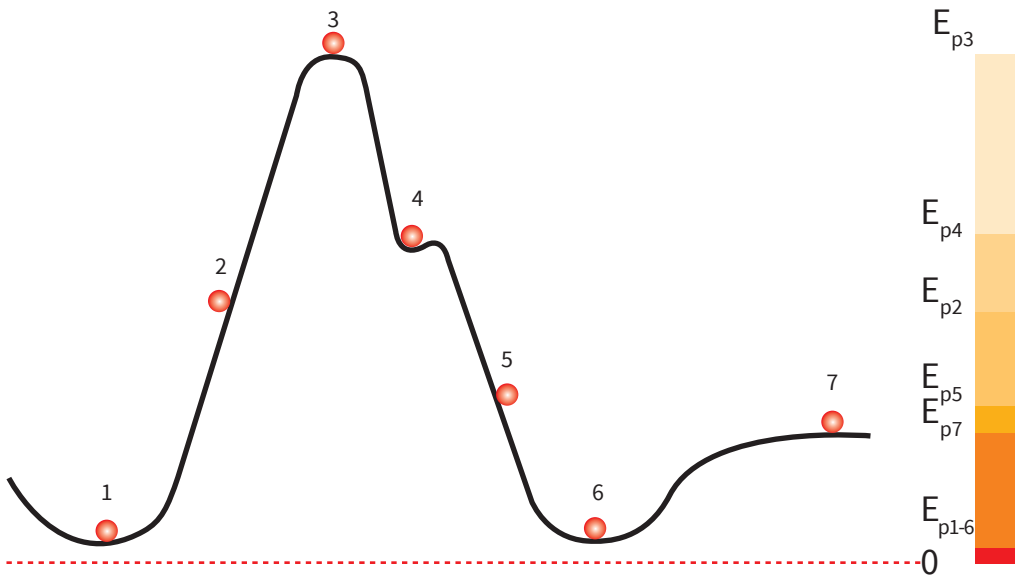
Radiación:

Es la energía transferida por un cuerpo, según su temperatura, en forma de ondas electromagnéticas.



El ejemplo más sencillo es la condición de energía potencial mínima. Recordemos que la energía potencial mecánica depende de la posición, más exactamente de la altura. Supongamos, entonces, tener una rampa y una bola.

Podemos colocar la bola en diferentes posiciones sobre la rampa; según sea su posición, será su energía potencial y su condición de equilibrio o de no equilibrio.



¿Sabías qué...?



Es importante distinguir dos tipos de equilibrio:

• Equilibrio estable

Después de una perturbación, el sistema regresa a su estado original.

• Equilibrio inestable

Después de una perturbación, el sistema se aleja de su estado original para alcanzar, usualmente, un nuevo estado de equilibrio.

Es evidente que la bola no puede permanecer en las posiciones 2 y 5, desde las que caerá por efecto de la gravedad hacia 1 y 6 respectivamente.

Los procesos 2→1 y 5→6 son espontáneos; en ambos la energía potencial de la bola disminuye.

Los procesos 1→2 y 6→5 no son imposibles, pero ambos requieren que alguien “ayude” a la bola; en otras palabras, ambos requieren un aporte energético externo.

Las posiciones 1, 3, 4, 6 y 7 son de equilibrio. Sin embargo, en la posición 3, en la que la bola tiene energía potencial máxima, hay un **equilibrio inestable**, ya que cualquier perturbación hará que la bola ruede y caiga para un lado o para el otro.

La posición 4 presenta un estado que requiere una perturbación mayor a la de la 3 para caer hacia una

posición más baja. La posición 7, en cambio, representa un **equilibrio indiferente**: al estar sobre un nivel horizontal la bola, permanecerá en esta condición a pesar de sufrir pequeños desplazamientos de su posición.

Por último, las posiciones 1 y 6, en las que la bola tiene la **mínima energía potencial** posible, corresponden al **equilibrio estable**.

Todo sistema en equilibrio con su entorno se encuentra en determinado estado. Para alcanzar ese estado, debe llevar a cabo procesos de intercambio de materia y de energía. Por ejemplo, al añadir cubitos de hielo a una bebida en un vaso para bajar su temperatura, encontramos que, luego de un tiempo, el hielo se ha fundido y la temperatura se ha vuelto uniforme ya que, gracias a la transferencia de calor, se ha producido el equilibrio térmico.

¿Sabías qué...?

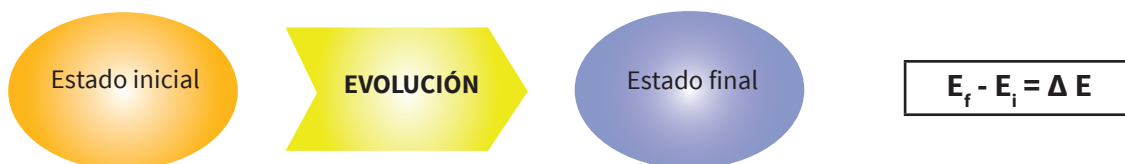


El químico francés Henri Louis Le Châtelier postuló en 1884:

Si se presenta una perturbación externa sobre un sistema en equilibrio, el sistema se ajustará de tal manera que se cancele parcialmente dicha perturbación en la medida que el sistema alcanza una nueva posición de equilibrio.

El término *perturbación* significa aquí un 'cambio', por ejemplo, de presión, de volumen, de temperatura, etc.).

Cuando un sistema pasa de un estado a otro, decimos que evoluciona; hay un estado inicial y otro final, y una cantidad de energía asociada a este proceso de cambio, que resulta de restar a la energía del estado final la energía del estado inicial.



La variación de energía puede producirse de dos maneras:

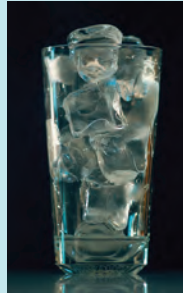
- **Como una transferencia de energía de un sistema material a otro:** por diversos mecanismos un sistema puede ceder energía, o recibirla de otro sistema o de su entorno. Por ejemplo, si mezclamos leche sacada de la heladera (a baja temperatura) con café recién hecho (a mayor temperatura que el ambiente), pasará energía del café a la leche.
- **Como la transformación de una forma de energía en otra dentro de un mismo sistema material:** es decir, la capacidad para convertirse en otro tipo de energía. Por ejemplo, la energía eléctrica puede transformarse en energía química al cargar la batería de un teléfono celular, o la combustión de la nafta en un motor puede convertirse en la energía cinética del vehículo. La energía puede transformarse dentro de un mismo sistema, o transferirse del sistema a su entorno o del entorno al sistema; pero, en conjunto, **permanece constante**.

Pensemos el caso de un péndulo. El objeto suspendido varía su altura en su movimiento de oscilación. Carece de velocidad cuando alcanza su altura máxima y llega a su velocidad máxima cuando pasa por la posición más baja. Podemos notar que este ejemplo presenta una variación de la energía diferente a la que se da en una olla sobre una hornalla encendida, que aumenta su energía al estar en contacto con la llama.

Actividades

En las siguientes imágenes:

- Identifiquen cuál es el sistema, cuál consideran que es la frontera, cuáles son las propiedades relevantes cuando se lo quiere estudiar y cuál es el entorno o ambiente.
- Identifiquen cuáles son las interacciones y describan brevemente las modificaciones que experimenta el sistema.



- Analicen las siguientes imágenes e identifiquen los sistemas que transforman o transfieren energía, indicando de cuál a cuál.



LAS NUMEROSAS CARAS DE LA ENERGÍA

La energía se manifiesta de múltiples formas, que se presentan en diferentes tipos. Si buscamos consensuar una forma de clasificar la energía, podríamos distinguir cuatro grandes grupos: la energía de movimiento o cinética, la energía de interacción o potencial, la energía radiante y la energía de masa en reposo.

Energía cinética

Kinesis en griego significa ‘movimiento’; de allí el nombre que se le ha asignado a la energía de todo aquello que se mueve. Por ejemplo, el viento produce cambios al mover las aspas de un molino de agua, o el disco de una amoladora al girar permite cortar una varilla de hierro o un trozo de ladrillo.

La cantidad de energía cinética de un cuerpo depende de su **rapidez** y de su **masa**. Un camión y un auto que se desplazan por una ruta con la misma rapidez tienen diferente energía cinética porque sus masas son distintas. Un mismo auto, cuando incrementa su velocidad, aumenta su energía cinética.

La expresión matemática para determinar la energía cinética es la siguiente:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

En donde **m** es la masa del cuerpo, dada en kilogramos, y **v** es la velocidad del cuerpo, medida en m/s.

De esta expresión es fácil deducir que, si un cuerpo duplica su velocidad, su energía cinética se cuadruplica; si triplica su velocidad, su energía cinética aumenta nueve veces.

Un cuerpo en movimiento es capaz de cambiar la velocidad de otros, o de realizar un trabajo. Por ejemplo: una bola de *bowling* lanzada lleva una velocidad que por consecuencia derriba los bolos; un clavo se encaja en la madera porque el martillo que se usa va a una velocidad que permite golpearlo con la energía suficiente para efectuar ese trabajo.

La **energía térmica** (movimiento aleatorio de las moléculas) y la **energía acústica** (vibración rítmica de las moléculas) son también manifestaciones de la energía cinética. ¡Los diversos tipos de energía tienen mucho en común!



La energía cinética del disco permite el corte del material



La energía cinética de la bola derriba los bolos

La energía de interacción o potencial

La **energía potencial** es aquella que se encuentra almacenada en espera de ser utilizada. Se llama así porque en este estado tiene el *potencial* para realizar trabajo. Por ejemplo, un resorte comprimido tiene potencial para hacer un trabajo o, cuando se le da cuerda a un juguete, se está almacenando energía. También la energía química de los combustibles es energía potencial, así como cualquier

sustancia capaz de realizar trabajo por medio de una reacción química posee este tipo de energía. También está presente en los combustibles fósiles (por ejemplo, la nafta), en las pilas, en los enlaces entre átomos de las moléculas de los alimentos que ingerimos, en un limón que cuelga de la rama de un limonero y en un martillo alzado para golpear un clavo.

Energía potencial gravitatoria

Todo lo que tiene masa genera un campo gravitatorio. Por ejemplo, nuestra estrella el Sol, el planeta Marte o el planeta Júpiter. Cuanto mayor es la masa, más intenso es ese campo.

Dentro de cualquier campo gravitatorio (por ejemplo, el de nuestro planeta), todo cuerpo que está apoyado o suspendido ejerce una fuerza llamada *peso*, o se cae con movimiento acelerado si es libre de caer. Cualquier objeto que se suelte desde cierta altura caerá, ganando velocidad a medida que se acerque al suelo. Cuanto más alto esté, más energía potencial tendrá.

La fórmula para determinar el valor de la energía potencial de un cuerpo es la siguiente:

$$E_p = m \cdot h \cdot g$$

En donde **m** es la masa del cuerpo, **h** es la altura a la que se encuentra y **g** es el valor de la aceleración de la gravedad, que en nuestro planeta tiene un valor medio de 9.8 m/s².

Si un libro de 1 kilogramo de masa está en una estantería a 1 metro del suelo, su energía potencial será de 9,8 julios. Si cae, llegará al suelo con una energía cinética de 9,8 julios. Si tomamos el libro del suelo y lo colocamos en un estante ubicado a 2 metros sobre el suelo, nuestro libro tendrá ahora el doble de energía potencial, ya que la altura se ha duplicado. Ahora tiene 19,6 julios, la energía que tuvimos que proporcionarle para colocarlo en esa nueva posición.

Energía potencial elástica

La energía potencial elástica es la que tienen los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas elásticas o recuperadoras. Un cuerpo elástico es aquel cuerpo deformable que recupera su forma y tamaño originales después de deformarse. Cuando un arquero tensa la cuerda de su arco, el sistema arco-cuerda almacena energía potencial elástica que, al ser liberada, se comunica como energía cinética a la flecha.

La ecuación matemática que nos permite determinar el valor de la energía potencial elástica es:

$$E_{p(\text{elástica})} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

En donde **k** es la constante propia del material elástico y **x** es la deformación expresada en unidades de longitud, por ejemplo, en centímetros.

Los cuerpos elásticos acumulan energía potencial elástica. Cuanto mayor es la deformación, mayor es la cantidad de energía acumulada.

Energía potencial eléctrica

Así como un objeto tiene energía potencial de acuerdo a su posición en un campo gravitatorio, una carga tiene energía potencial eléctrica dentro de un campo eléctrico debido a la posición que ocupa dentro de este campo. Por ejemplo, si en un punto cualquiera del espacio se coloca una carga positiva q_1 , cualquier otra carga positiva q_2 que se traiga a su cercanía experimentará una fuerza de repulsión y por tanto tendrá energía potencial, calculable según la expresión:

$$E_{pe} = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d}$$

En donde:

- E_{pe} es la energía potencial eléctrica. En el Sistema Internacional (S.I.) se mide en julios (J).
- q_1 y q_2 son los valores de las dos cargas puntuales. En el S.I. se miden en culombios (C).
- d es el valor de la distancia que las separa. En el S.I. se mide en metros (m).
- k es la constante de la ley de Coulomb.
Para el vacío su valor es aproximadamente $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ utilizando unidades en el S.I.

Energía potencial química

La materia está formada por átomos y moléculas que resultan de la unión eléctrica de los átomos. Llamamos **energía potencial química** a la que está presente en las fuerzas de unión que mantienen juntos a los átomos o iones de una molécula o compuesto químico, y que es susceptible de ser liberada a través de distintos procesos. Por ejemplo, la nafta y el azúcar “guardan” energía potencial química en sus moléculas. Cuando las uniones se rompen o se modifican, la energía “guardada” puede transformarse o transferirse, y aprovecharse de distintas formas.

Energía radiante

Llamamos **radiación** a la emisión continua de energía desde la superficie de cualquier cuerpo. Esta clase de energía se denomina **radiante** y es transportada por ondas electromagnéticas. Todas estas ondas tienen idéntica naturaleza y diferente frecuencia; algunos ejemplos son la luz que alumbra el lugar en que estamos, la señal de nuestra emisora de radio favorita, las que se encuentran en el horno de microondas de la cocina de un restaurante, las que recibe una antena de telefonía móvil, las que se emplean para obtener una placa radiográfica...

Todo el campo de radiación conforma lo que llamamos **espectro electromagnético**, que corresponde a la distribución energética de todas las ondas electromagnéticas.

Todos los cuerpos **emiten** radiación según sea su temperatura absoluta. Para que la radiación sea visible, la temperatura debe ser alta ($T > 850 \text{ K}$). Si observamos la llama de una vela, podemos identificar diferentes colores; el azul será el que corresponde a la temperatura mayor.



La llama de una vela emite radiación en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias

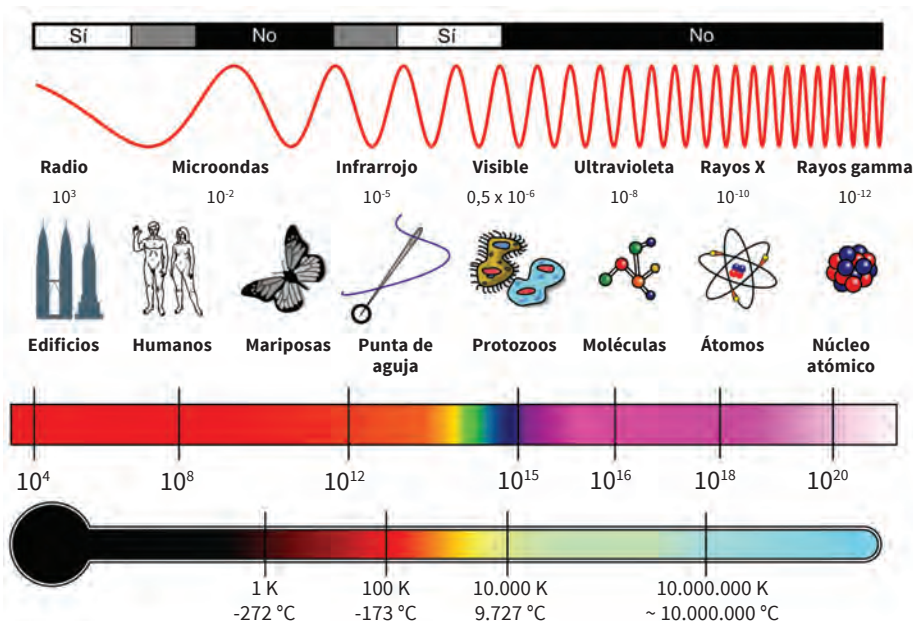
¿Penetra la atmósfera terrestre?

Tipo de radiación
Longitud de onda (m)

Escala aproximada de la longitud de onda

Frecuencia (Hz)

Temperatura de los objetos en los cuales la radiación con esta longitud de onda es la más intensa



Espectro de ondas electromagnéticas

Los cuerpos que emiten radiación pierden energía; por el contrario, los que la absorben ganan energía y aumentan su temperatura.

Energía de la masa en reposo

Albert Einstein (1879-1955) reveló que la propia masa tiene una energía asociada que puede ser liberada si se destruye la materia. El modelo matemático es la famosa ecuación:

$$E = m \cdot c^2$$

Una cantidad muy pequeña de masa en reposo equivale a una enorme cantidad de energía radiante. Es algo bastante fácil de comprobar si tenemos en cuenta que el factor c^2 (velocidad de la luz al cuadrado) tiene un orden de magnitud de 90.000 billones. Por ejemplo, un kilogramo de masa convertido en energía aportaría lo suficiente para que un acondicionador de aire funcione 300.000 años, o para que un auto recorra 180.000 veces la distancia que corresponde a una vuelta al mundo.

CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA

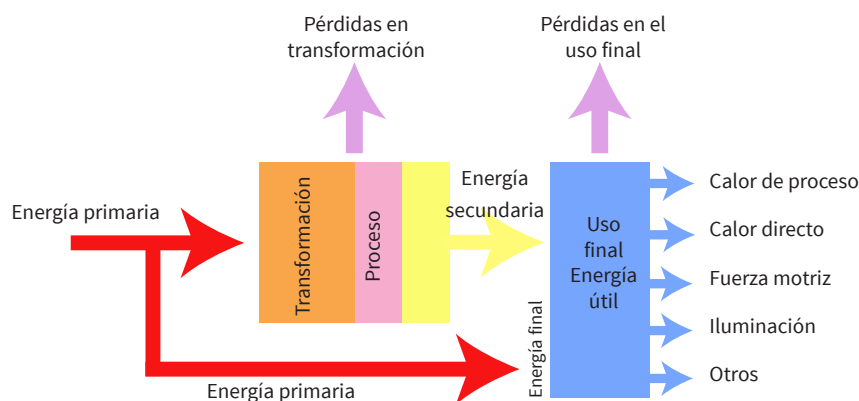
Un sistema que provee energía para que funcione un dispositivo se denomina **fente de energía**. Con este nombre agrupamos los recursos o medios que pueden ser transformados en algún tipo de energía para luego ser consumida.

Si bien el origen de casi todas las fuentes de energía es el Sol, que “recarga los depósitos de energía”, podemos clasificarlas atendiendo a los siguientes criterios: según su utilización, su origen, su disponibilidad y sus efectos sobre el medioambiente.

Según la forma de su utilización

La **energía primaria** es la que se extrae, se capta o se produce a partir de portadores energéticos naturales, independientemente de sus características y siempre que su obtención no conlleve transformaciones energéticas. Un ejemplo es la utilización de la energía del agua.

La **energía secundaria** se refiere a los productos resultantes de la transformación o elaboración de recursos energéticos naturales primarios (por ejemplo, petróleo crudo, agua o gas natural) o, en determinados casos, a partir de otra fuente energética ya elaborada. Nos referimos a procesos de transformación físicos, químicos o bioquímicos que modifican sus características iniciales (como una refinería de petróleo, una central hidroeléctrica o termoeléctrica, etc.). La electricidad y la nafta son ejemplos de fuentes energéticas secundarias.



Utilización de las energías primarias y secundarias

Según su origen: fuentes renovables o no renovables

Son fuentes **renovables** aquellas que son inagotables o que se renuevan a un ritmo mayor al que se consumen. Por ejemplo, la energía solar, la del viento (eólica), la energía producida por la atracción gravitatoria de la Luna (mareomotriz), la de la Tierra (geotérmica) o el biogás (que se genera por la descomposición de la materia orgánica).

Son fuentes **no renovables** aquellas que no se renuevan a corto plazo y, por tanto, se agotan. Se trata de la energía convencional proveniente de combustibles como el uranio, el gas natural, el carbón y el petróleo.



Aerogenerador que transforma la energía del viento en electricidad

Según su grado de disponibilidad: convencionales o alternativas

Llamamos fuentes **convencionales** a aquellas cuyo uso se ha extendido y que proporcionan la mayoría de la energía que utilizamos los seres humanos, por ejemplo, los combustibles derivados del petróleo.



Pozo de petróleo

¿Sabías qué...?



El astrofísico ruso Nikolái Kardashov propuso en 1964 una escala para medir el grado de evolución tecnológica de una civilización. Estableció tres categorías llamadas “Tipo I, II y III”, basadas en la cantidad de energía utilizable que una civilización tiene disponible: la civilización Tipo I ha logrado el dominio de los recursos de su planeta; la II, de su sistema planetario y la III, de su galaxia. Al día de hoy, nuestra civilización no alcanza a ser Tipo I. En 1973, el astrofísico Carl Sagan calculó que la humanidad es una civilización Tipo 0,7 en relación con el modelo propuesto por Kardashov.

Las fuentes no convencionales o **alternativas** son aquellas cuya utilización está menos extendida que la de las anteriores, si bien cada vez adquieren más importancia, sobre todo, en el caso de las energías eólica y solar.

➤ Según sean limpias o contaminantes

En los casos de la energía solar, eólica y la del agua (hidráulica, mareomotriz, geotérmica), no quedan residuos al utilizarlas.

Las contaminantes no renovables son todas las derivadas de combustibles fósiles o radiactivos.

Las contaminantes renovables se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible. Por ejemplo, madera u otra materia vegetal sólida, bioetanol, biogás, biodiésel o residuos urbanos.

Todas las combustiones emiten dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero, y a menudo este proceso no es limpio ya que arroja hollines y otras partículas sólidas.



Actividades

- 1 Nombren las fuentes de energía que conozcan.
- 2 Para clasificar las distintas fuentes de energía, se pueden utilizar varios criterios:
 - a) Según sean o no renovables.
 - b) Según su grado de disponibilidad: convencionales o alternativas.
 - c) Según sea la forma de su utilización: energías primarias o utilizadas directamente y energías secundarias o finales, que son aquellas que han sufrido un tipo de transformación anterior a su uso.

Utilizando los criterios expuestos en a), b) y c), clasifiquen las fuentes de energía que han mencionado.
- 3 Identifiquen cuáles son nuestras necesidades energéticas y qué fuentes utilizamos para cubrirlas.

CUESTIÓN DE MEDIDA

La energía es una propiedad de los sistemas. Hay sistemas que tienen más energía que otros. Por ejemplo, dados dos toboganes, uno el doble de alto que el otro, un niño tendría el doble de energía en lo más alto del primero que en lo más alto del segundo.

Toda magnitud que puede ser medida o calculada necesita de una unidad que se ha convenido utilizar para hacer comparaciones. En lo que respecta a la energía, la más familiar en la vida cotidiana es el **kilovatio hora** que aparece en la factura de electricidad, dado que es más fácil de manejar para esta tarea que la correspondiente al Sistema Internacional, que es el **joule** o **julio** (J). Mientras el kilovatio hora (3.600.000 J) es una unidad grande, que aproximadamente equivale a 1 hora continua de funcionamiento de una fotocopiadora (o 10 horas de un ventilador de techo, o casi 100 horas de una lámpara de bajo consumo), el joule es una unidad pequeña, de allí que frecuentemente usemos prefijos que indican por cuánto la multiplicamos. Por ejemplo, usamos el **kilojoule**, que vale 1000 joules, o el **megajoule**, que representa 1.000.000 joules.

Por definición, un joule es la energía transferida cuando una fuerza de 1 newton (N) produce un desplazamiento de 1 metro (en la dirección en que fue aplicada la fuerza).

Cuando nos referimos al valor energético o valor calórico de un alimento, aparece otra unidad: la **caloría**, o el múltiplo más habitual: la **kilocaloría** (1 kcal = 1000 calorías). Recordemos que es la cantidad de calor necesario para aumentar en un grado la temperatura de un gramo de agua.

En la actualidad, en la generación y disponibilidad de energía eléctrica, aparecen unidades muy grandes como el **gigavatios hora** (1.000.000 kilovatios hora).



La central hidroeléctrica de Itaipú, en la frontera entre Paraguay y Brasil, es una de las mas grandes del mundo con una capacidad de 14 gigavatios

Actividades

Diferentes procesos involucran diferentes cantidades de energía. La tabla que se adjunta a modo de ejemplo da cuenta de ello.

Sistema/Proceso	Cantidad de energía
Energía de un fotón de luz visible	$4 \times 10^{-21} \text{ J}$
Equivalente energético de la masa de un electrón	$5 \times 10^{-14} \text{ J}$
Equivalente energético de la masa de un protón	$1,5 \times 10^{-10} \text{ J}$
Aleteo de una abeja	$8 \times 10^{-4} \text{ J}$
Energía necesaria para levantar 10 cm una masa de 1 kg	1 J
Energía cinética de una persona caminando	$6 \times 10^1 \text{ J}$
Energía cinética de una persona corriendo	$1 \times 10^3 \text{ J}$
Energía de una pila AA de 1,5 v	$2 \times 10^3 \text{ J}$
Energía cinética de un ciclista en ruta	$5 \times 10^3 \text{ J}$
Energía cinética de un auto medio a 100 km/h	$5 \times 10^5 \text{ J}$
Energía potencial de 1000 litros de agua a 4 m de altura	$3,9 \times 10^4 \text{ J}$
1 kilovatio hora	$3,6 \times 10^6 \text{ J}$
Energía potencial de un hombre en la cima de la montaña más alta del mundo	$7 \times 10^6 \text{ J}$
Consumo diario de energía de una mujer joven	$8 \times 10^6 \text{ J}$
Consumo diario de energía de un hombre joven	$10 \times 10^6 \text{ J}$
Combustión de 1 litro de nafta	$5 \times 10^7 \text{ J}$
Consumo eléctrico bimestral de una familia	$1,5 \times 10^9 \text{ J}$
Bomba atómica de Hiroshima	$8,4 \times 10^{13} \text{ J}$
Consumo mensual de energía eléctrica en la Argentina	$4 \times 10^{16} \text{ J}$
La Tierra girando sobre su eje	$3 \times 10^{29} \text{ J}$
Energía liberada por el Sol en un minuto	$2,3 \times 10^{28} \text{ J}$
Energía cinética de la Tierra en su órbita	$2,7 \times 10^{33} \text{ J}$
Energía liberada en una explosión supernova	$1 \times 10^{44} \text{ J}$

- 1 Teniendo en cuenta los órdenes de magnitud aportados por la tabla, comparen la energía necesaria para elevar los 1000 litros de agua con la que puede aportar una pila.
- 2 ¿A cuántos kilovatios hora equivale la energía potencial de un hombre en la cima más alta del planeta: 8848 m? ¿Cuál es la masa supuesta para el montañista?
- 3 ¿Cuántos kg de uranio 235 se transformaron en energía durante la detonación de la bomba de Hiroshima?
- 4 ¿A cuántos litros de nafta corresponde la energía cinética de un auto que viaja a 100 km/h?
- 5 ¿A cuántos kilovatios hora corresponde el consumo eléctrico mensual de la Argentina?
- 6 ¿A cuántos consumos eléctricos mensuales de la Argentina equivale la energía liberada por el Sol en un minuto?
- 7 ¿Al aleteo de cuántas abejas corresponde la energía aportada por una pila?
- 8 ¿Qué cantidad de nafta puede proveer la energía que necesita una persona durante un día?
- 9 ¿Cuántas veces más energía tiene la Tierra trasladándose en torno al Sol que girando sobre su propio eje?
- 10 Comparen la energía que libera el Sol en un segundo con la que se libera en una explosión supernova.

A TODA POTENCIA: EL RITMO CON QUE SE TRANSFIERE LA ENERGÍA

En la vida cotidiana, nos interesa saber no sólo el trabajo que se pueda efectuar, sino también la rapidez con que se realiza. Llamamos **potencia** a la rapidez con que se transfiere energía. La potencia es una magnitud física cuya medida está dada por el cociente entre la energía transferida de un sistema a otro y el tiempo en que ello ocurre.

$$\text{Potencia} = W/t = \text{trabajo/tiempo} = \text{energía transferida/tiempo}$$

La unidad de potencia que se emplea convencionalmente es 1 joule por segundo y se denomina watt o vatio (W).

Este concepto se aplica a cualquier proceso de transferencia energética. Por ejemplo, podemos hablar de la potencia de una grúa para elevar una carga como el trabajo desarrollado por esta máquina en una unidad de tiempo. Por tanto, al caracterizar un intercambio de energía no sólo importa la cantidad, sino también la duración del proceso.

Una plancha de 1500 W consume 1500 J por segundo, es decir que, en una hora (3600 segundos), consume 5.400.000 joules. Este ejemplo muestra que el joule es una unidad de medida demasiado chica para los usos prácticos, por lo que, para facturar la energía eléctrica que consumimos, se usa el kilowatt-hora (o kilovatio-hora), simbolizado por kWh. Un kWh es la energía que consume en una hora un aparato de una potencia de 1000 W. En consecuencia, la plancha que usamos como ejemplo consume 1,5 kWh.

La energía necesaria para secar el cabello de una persona depende de la cantidad de cabello y de cuán mojado esté. El trabajo de secado será el mismo con cualquier secador; sin embargo, un secador profesional de 1600 W hará la tarea cuatro veces más rápido que un secador de viaje de 400 W.

Supongamos tener que contratar a un albañil para que realice una refacción en nuestra casa. Un albañil A nos propone realizar el trabajo total por \$ 3000; un albañil B nos dice que cobra \$ 900 por día y nos asegura tenerlo terminado en 3 días.

Si contratamos al albañil A, debemos cuidar que cumpla con el trabajo pactado. Si nos decidimos por el B, además debemos controlar que el trabajo sea realizado en un tiempo razonable. En caso contrario, el albañil B nos puede salir demasiado caro.

En el primer caso (A), debemos tener en cuenta el **trabajo**. En el segundo caso (B), debemos considerar la **potencia**. Es decir, nos interesa la rapidez con que se realiza el trabajo.



Equipo de trabajadores junto a máquina taladradora de túneles

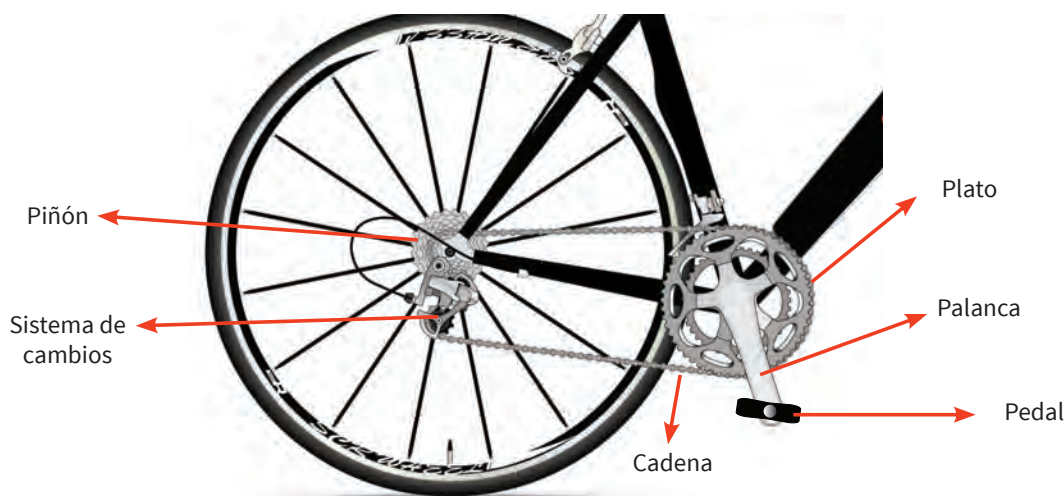
Potencia y velocidad

También se puede expresar la potencia en términos de la fuerza neta aplicada a un objeto y su velocidad.

Como el trabajo resulta igual al producto de la fuerza aplicada por la distancia recorrida por el objeto $W = F \cdot d$, al ser la potencia $P = W/t$ y la velocidad $v = d/t$, se puede escribir, reemplazando W :

$$P = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v$$

Teniendo en cuenta esta expresión, podemos explicar, por ejemplo, para qué sirven los cambios de una bicicleta para subir una cuesta. La potencia dependerá del ciclista; su energía muscular se transferirá a la bicicleta con el pedaleo.



Partes de una bicicleta

Si se han fijado en las velocidades de una bicicleta, habrán visto que se compone de una o de varias coronas que giran al pedaleo, unidas por una cadena a los engranajes del piñón.

De manera general, cuanto más pequeño sea la corona (o plato) y más grande sea el piñón, el pedaleo es más suave. En una velocidad suave, la rueda trasera recorre menos distancia por cada revolución del plato (pedaleo). Este tipo de combinación es útil para arrancar de manera eficiente o para subir cuestas, ya que se pierde en velocidad, pero se gana en fuerza. A la inversa, una corona grande con un piñón pequeño nos dará mayor velocidad y menos fuerza. La *relación de marchas* se refiere a la velocidad con que las piernas del ciclista dan vueltas en comparación con la velocidad a la que giran las ruedas. Esta relación consiste en el número de dientes de la corona dividido el número de dientes del piñón. La cifra obtenida nos indica la cantidad de vueltas que dará la rueda trasera por cada vuelta de pedal completa. Por ejemplo, si la corona tiene 52 dientes y el piñón, 13, la rueda dará 4 vueltas por cada pedaleo. Si la corona tiene 32 dientes y el piñón, 17, por cada vuelta de la corona, la rueda dará 1,88 vueltas. Si la corona tuviera el mismo número de dientes que el piñón, cada vuelta de la corona correspondería a una vuelta de la rueda. Iríamos a poca velocidad, pero podríamos subir la cuesta.

¿Sabías qué...?



Existe una unidad de potencia llamada **caballo de fuerza** (HP), que todavía se utiliza en la actualidad, y que compara la cantidad de trabajo que puede producir un motor en un determinado tiempo con el trabajo que puede producir un caballo. Es una unidad práctica del sistema inglés de unidades. Equivale al esfuerzo que hace un caballo para levantar a 1 m de altura, en un segundo, un peso cuya magnitud es de 75 kg.

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ W}$$

James Watt (1736-1819), un ingeniero escocés que inventó la máquina de vapor, definió para la potencia una unidad llamada **caballo de vapor** (CV), refiriéndose a la potencia de una máquina de vapor que podía reemplazar el trabajo que realizaba un caballo en la mina sacando agua (las bombas que extraían el agua de las minas eran accionadas por caballos).

$$1 \text{ CV} = 735,5 \text{ W}$$

Actividades

- 1 Analicen y discutan la siguiente situación:

Hay que subir bolsas de cemento (50 kg) hasta un quinto piso. Un operario sube una bolsa de cemento de aproximadamente 500 N usando las escaleras, hasta la obra en construcción en el quinto piso de un edificio. Otro operario, que utiliza una polea, sube una bolsa de cemento en menos tiempo.

- ¿Quién realiza mayor trabajo?
- ¿Quién desarrolla mayor potencia?
- Si los operarios contaran con una grúa que pudiese levantar 30 bolsas y subirlas los 15 m que separan el suelo del quinto piso en dos segundos, ¿qué potencia desarrollaría esa grúa?

- 2 Dado que la caja de cambios de un automóvil controla la fuerza y la velocidad con la que se moverá, establezcan una relación entre los cambios (posiciones de marcha), la fuerza, la velocidad y la potencia que puede desarrollar.