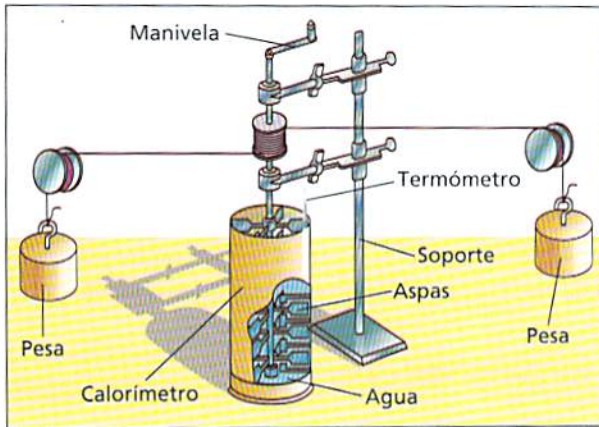


4

LA SUPERACIÓN DE LA SEPARACIÓN ENTRE MECÁNICA Y TERMOLOGÍA. LA INTERPRETACIÓN MECÁNICA DE LOS FENÓMENOS TÉRMICOS. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

4.1. Los trabajos de Joule sobre la producción de calentamiento a partir de la energía mecánica

El inglés J. P. Joule estudió el calentamiento de los cuerpos producido mediante trabajo mecánico. En la figura adjunta se muestra el dispositivo utilizado en una de sus investigaciones. Según las propias palabras de Joule:



«El aparato [...] consiste en una rueda de palas de bronce que gira horizontalmente en un recipiente con agua. Estas palas se mueven mediante pesas que se dejan caer [...]. Las palas se mueven con gran resistencia en el recipiente con agua, de modo que las pesas (de 4 libras cada una) descienden lentamente con una velocidad aproximada de 1 pie por segundo. La altura de las poleas sobre el suelo era de 12 yardas (11 m) y, en consecuencia, cuando las pesas habían descendido [...], tenían que ser elevadas de nuevo para renovar el movimiento de las palas. Después de repetir esta operación dieciséis veces, se medía el aumento de temperatura del agua».

El recipiente era un calorímetro, y, midiendo el aumento de temperatura, podía medir el calor que desprendería, al enfriarse a temperatura ambiente, el agua. El trabajo realizado por las pesas al descender con velocidad constante se empleaba **únicamente** en aumentar la temperatura. No producía ningún aumento de la energía mecánica del agua (no giraba cada vez más rápida: las palas pasaban muy ajustadas entre los topes de las paredes, de manera que había gran rozamiento).

Joule medía de esta forma el trabajo mecánico «**disipado**», es decir, el trabajo que no produce variación de energía mecánica, que se «gasta» en calentar (en este caso $P \cdot \Delta h$, siendo P el peso de las pesas y Δh su desplazamiento en la caída) y el calor que se producía debido a dicho trabajo. Hizo lo mismo en otros procesos en los que se realizaba trabajo mecánico cuyo único efecto era calentar un cuerpo. Y en todos ellos encontró que **la relación entre el trabajo mecánico disipado y el calor producido es siempre constante**. El promedio de los resultados experimentales es:

$$\frac{W \text{ (julios)}}{Q \text{ (calorías)}} = 4,184$$

Eso significa que cuando el trabajo se emplea únicamente en calentar, 4,184 J de trabajo producen el mismo efecto térmico que 1 cal.

Según las investigaciones llevadas a cabo por Joule, es equivalente calentar un cuerpo mediante trabajo mecánico que poniéndolo en contacto con otro cuerpo a una temperatura más elevada. Si un cuerpo pasa de un estado en que su temperatura es T_1 a otro en que su temperatura es T_2 , el cambio puede haberse realizado mediante trabajo mecánico, por calor o por una combinación cualquiera de ambos.

PROBLEMAS

- Si el trabajo de 1 J se emplea únicamente en calentar, ¿a cuántas calorías equivaldría?
Resultado: 0,24 cal.
- Se calientan 2 litros de agua en el calorímetro de palas de Joule dejando caer diez veces dos pesas de 1 kg que descienden 15 m de altura (a velocidad constante). Hallad el aumento de temperatura que se producirá en el agua.
Resultado: 0,35 °C.

¿Por qué no encontró Joule, entonces, que la cantidad de trabajo disipado era igual a la cantidad de calor producido?

Simplemente porque, como hemos dicho, la calorimetría y la mecánica se habían desarrollado como ciencias independientes, y las unidades de calor y trabajo se habían definido sin conexión alguna. Actualmente, la unidad que se utiliza para ambos es el **julio**, aunque por tradición se conservan la caloría y la kilocaloría. Debemos pensar, por ejemplo, que el aumento de temperatura en $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 1 kg de agua que utilizamos para definir la kilocaloría, se puede conseguir mediante trabajo o calor. Los resultados de Joule indican, pues, que **el calor específico del agua es $1\text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ o $4,184\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$** . En todas las expresiones que hemos desarrollado hasta aquí obtendremos la cantidad de calor en kilojulios si ponemos el calor específico en $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$. Siempre que encontremos un valor expresado en kcal (o cal) pasaremos a kJ (o J) multiplicando por 4,184.

El hecho de que el calentamiento producido por trabajo fuera indistinguible del producido por calor explicaba el calentamiento indefinido de los cañones de Rumford (que no podía ser explicado por la teoría del calórico), y reforzaba la hipótesis de la naturaleza mecánica (debido al movimiento de las partículas y a las fuerzas que se ejercen entre ellas) de los fenómenos térmicos y del calor.

Joule y sus contemporáneos fueron más allá, utilizaron los avances que en aquella época se estaban produciendo en la teoría cinético-corpúscular de la materia, para clarificar cualitativamente la naturaleza mecánica de los fenómenos térmicos, y ampliaron el concepto de energía para relacionarlos cuantitativamente.

4.2. Interpretación mecánica del calor

Según la teoría cinético-corpúscular, las partículas que forman los cuerpos están moviéndose y la temperatura está relacionada con la energía cinética media⁷ ($E_{C\text{ media}}$) de las partículas. Mayor temperatura implica mayor $E_{C\text{ media}}$ de las partículas. Explicad, según esto:

- a) La tendencia al equilibrio térmico.**
- b) La dilatación que se produce, en general, cuando se calienta un objeto.**

La energía cinética media de las partículas de un cuerpo a mayor temperatura es mayor que la de las partículas del otro cuerpo. Cuando se ponen en contacto térmico, millones de partículas de uno chocan con las del otro. Como resultado de estos choques, la energía cinética media de las partículas del cuerpo más caliente va disminuyendo y la del frío va aumentando, hasta que se iguala en ambos cuerpos. La temperatura de ambos es la misma: se ha alcanzado el equilibrio térmico.

La dilatación producida al calentar un cuerpo puede explicarse porque, al aumentar la energía cinética media de sus partículas (su temperatura), la distancia media de separación entre ellas también aumenta. Cuando se enfría ocurre al revés.

⁷ Los miles de millones de partículas que forman un cuerpo no se mueven todas con igual rapidez; la temperatura está relacionada con la energía cinética media.

EJEMPLO

Si las partículas se ejercen fuerzas de naturaleza eléctrica (y magnética) cuya intensidad depende de la separación entre ellas, explicad por qué:

- a) Una misma sustancia pasa de fase sólida a líquida y de líquida a gaseosa, cuando se calienta.*
- b) La temperatura permanece constante durante los cambios de fase (para una sustancia pura).*

Cuando se calienta un trozo de hierro inicialmente a 25 °C, sus partículas van aumentando su E_C , pero las fuerzas entre ellas son aún suficientemente intensas para mantenerlas vibrando en torno a posiciones fijas: el hierro aumenta su temperatura pero permanece en fase sólida (tiene una estructura interna «rígida»). Al alcanzar los 1.530 °C, si se sigue calentando (es decir, si sigue en contacto con otro cuerpo a una T mayor), los choques no aumentan la E_C sino la E_p (debida a las fuerzas eléctricas entre las partículas), rompiendo los «enlaces» entre las partículas que causaban una estructura rígida. Mientras quedan enlaces de este tipo por romper, la E_C no aumenta. Una vez que todo el hierro ha pasado a fase líquida, la E_C comienza a aumentar de nuevo. Así hasta llegar a la T_{cb} , 3.050 °C, donde ocurre lo mismo.

PROBLEMA

Decid si se realiza calor o no:

- Cuando se calienta una bomba de hinchar balones al utilizarla.
- Cuando se enfría dicha bomba después de acabar de hinchar.
- Cuando se calientan las ruedas de un vehículo al frenar.
- Cuando se enfrían posteriormente las ruedas.
- Cuando se está congelando el agua de los charcos en un día frío.

Resultado: a) No; b) Sí; c) No; d) Sí; e) Sí.

¿Entonces, qué es el calor?

Como vemos, no hace falta ninguna sustancia para explicar los fenómenos térmicos. La interpretación mecánica a partir de la teoría cinético-corpúscular deja claro que **el calor es el nombre de un proceso en el que se transfiere energía de un cuerpo a otro debido a que sus temperaturas son diferentes**. Igual que trabajo es el nombre que le damos a una forma de variar la energía de un sistema, y hablamos de **realizar trabajo**, hablaremos de **realizar calor**.

4.3. La invención de la energía interna. Principio de conservación de la energía

La interpretación mecánica de los fenómenos térmicos facilitó una hipótesis de tipo cuantitativo para explicar el aumento de temperatura mediante trabajo (como en el calorímetro de Joule).

Si el aumento de temperatura de los cuerpos es debido a un aumento de la energía cinética de sus partículas, ¿de dónde proviene dicho aumento? ¿Tendrá algún límite?

Cuando se calentaba un cuerpo realizando trabajo, como ocurre en el calorímetro de Joule, la energía mecánica del sistema que realiza trabajo disminuye. Así, la energía mecánica del sistema Tierra-pesas disminuye, pues lo hace su energía potencial y no aumenta su energía cinética. La hipótesis de Joule y de otros científicos como Mayer, W. Thomson, Hemioltz y Clausius fue que **el aumento de la energía cinética y potencial de las partículas provenía de la disminución de la energía mecánica**.

Eso significa que si escogemos un sistema aislado formado por el calorímetro de Joule, las pesas y la Tierra, y llamamos E_C y E_p a la energía cinética y potencial de las moléculas («energía interna»), entonces $\Delta E_m + \Delta E_C + \Delta E_p = 0$.

Si llamamos **energía interna** (de origen térmico) a la suma de la energía cinética de todas las partículas de un cuerpo y de la energía potencial debido a fuerzas intermoleculares⁸, y la representamos por $U_{\text{térm}}$, la hipótesis de Joule afirma que:

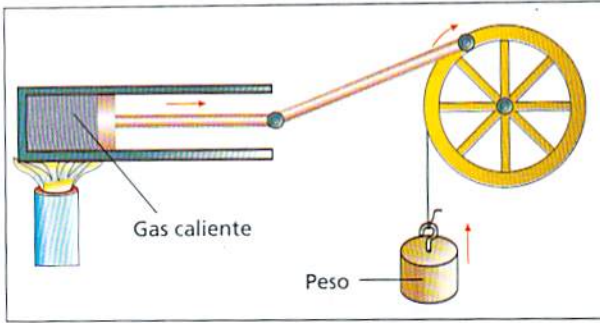
En un sistema aislado en el que sólo ocurren cambios mecánicos y térmicos, la disminución de energía mecánica (macroscópica) produce un aumento de igual valor en la energía interna (microscópica de origen térmico):

$$\Delta E_m + \Delta U_{\text{térm}} = 0 \quad [1]$$

Eso quiere decir que, en esos sistemas, **aunque la energía mecánica no se conserve, la suma de E_m y de $U_{\text{térm}}$ que llamaremos energía total, sí se conserva.**

⁸ Son fuerzas atractivas de tipo eléctrico responsables de la unión de unas moléculas con otras como ocurre, por ejemplo, en el agua cuando se encuentra en fase sólida (hielo) o líquida. No son fuerzas que mantienen unidos los átomos dentro de una molécula.

¿Qué ocurre con la energía de un sistema cuando se realiza trabajo sobre él y/o se le calienta, es decir, si no es un sistema aislado?



Realizando calor también se puede variar la energía mecánica.

El trabajo mecánico puede variar tanto la energía mecánica como la energía interna de un sistema. Mediante calor también es posible variar la energía interna y la energía mecánica (como ocurre en las máquinas térmicas, en las ollas a presión, o en los casos que se muestran en la figura adjunta). Por tanto, la relación que existirá debe ser:

$$W_{\text{ext}} + Q = \Delta E_m + \Delta U_{\text{term}} \quad [2]$$

Esta expresión se reduce a la relación [1] cuando el sistema es aislado.

Las relaciones anteriores constituyen el **principio de conservación de la energía** y se basan en resultados empíricos; no se deducen matemáticamente. Como vemos, relaciona cambios mecánicos con cambios térmicos: es el primer principio de una ciencia nueva (del siglo XIX) que unificaba el estudio del calor y la Mecánica: la **Termodinámica**. Dicha hipótesis amplía el concepto de energía (hasta entonces limitado a energía mecánica) y afirma que:

PROBLEMAS

1. Calculad el aumento de energía interna de un trozo de hielo de 2 kg cuando pasa de $-18\text{ }^\circ\text{C}$ a agua líquida a $20\text{ }^\circ\text{C}$. Idem para la disminución en el proceso inverso. Usad los valores del calor específico y de los calores latentes en $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. El calor específico del hielo es $0,5\text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$. Resultado: $912,1\text{ kJ}$; $-912,1\text{ kJ}$.
2. Comparad el aumento de energía de un vehículo de 1.000 kg cuando pasa de 0 a 100 km/h, con el de 1 kg de agua cuando aumenta su temperatura en $1\text{ }^\circ\text{C}$. Resultado: vehículo: 386.420 J ; agua: 4.180 J .
3. Utilizad el principio de conservación de la energía para hallar la temperatura que deben tener 20 litros de agua caliente para que al mezclarla con 35 litros de agua a $18\text{ }^\circ\text{C}$ se consiga una temperatura de equilibrio de $37\text{ }^\circ\text{C}$. Resultado: $70,25\text{ }^\circ\text{C}$.

Tanto la energía mecánica como la energía interna pueden aumentar o disminuir; pero si el sistema es aislado, los aumentos de una serán compensados por las disminuciones de la otra, de manera que la energía total (la suma de la energía mecánica e interna) permanece constante.

Cuando el sistema interacciona con el exterior, la expresión [2] relaciona «algo» que se le hace al sistema por el exterior ($W_{\text{ext}} + Q$) con la variación de «algo» que tiene el sistema (la energía mecánica más la interna) que sólo depende de propiedades del sistema. Puesto que sabemos expresar los cambios de energía mecánica en función de las propiedades mecánicas (velocidad, altura, masa, estiramiento...), si encontramos cómo expresar los cambios de U_{term} en función de las propiedades térmicas (temperatura, calor específico...), podremos usar el principio de conservación de la energía y relacionar las propiedades mecánicas con las térmicas.

¿Cómo podemos hallar una expresión de la energía interna en función de las propiedades de un cuerpo?

De la misma manera que hicimos en el tema anterior para hallar la expresión de la energía cinética, potencial gravitatoria o elástica: imaginando un proceso en el que sólo varíe la energía interna del cuerpo y expresando dicha variación en función de sus propiedades.

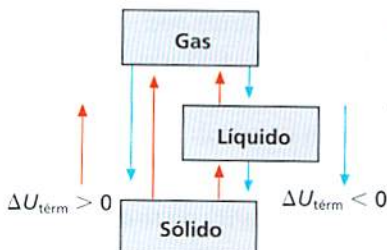
Pero eso ya lo hemos hecho empíricamente cuando, al estudiar los fenómenos térmicos, hemos calentado o enfriado un cuerpo sin dejar que variara su energía mecánica ni que realizara trabajo. En ese caso, según el principio de conservación de la energía: $Q = \Delta U_{\text{term}}$. Y puesto que la temperatura, el calor específico a volumen constante, la masa y los calores latentes de cambio de fase son propiedades del cuerpo:

$$\Delta U_{\text{term}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

(Para sólidos y líquidos, y para gases a volumen constante)

$$\Delta U_{\text{term}} = \Delta U_{\text{fus}} = m \cdot L_{\text{fus}}; \quad \Delta U_{\text{term}} = \Delta U_{\text{vap}} = m \cdot L_{\text{vap}}$$

(En los cambios de fase)



5

¿QUÉ OCURRE CUANDO EN UN SISTEMA HAY CAMBIOS DE OTRO TIPO? PRINCIPIO GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Ya hemos hablado de la conexión entre fenómenos de distinto tipo. Sabemos que la corriente eléctrica puede calentar agua (sin realizar calor ni trabajo mecánico) y elevar un paquete mediante un motor, que algunas reacciones químicas (por ejemplo, la combustión de gasolina) pueden utilizarse para realizar calor y para realizar trabajo, etc... Eso significa que **en un sistema aislado en el que hay reacciones químicas o corriente eléctrica, o reacciones nucleares..., la suma de la energía interna térmica y la energía mecánica puede aumentar o disminuir.**

Del mismo modo que hemos hecho con la energía interna térmica, podemos suponer que dicha variación es debida a la existencia de un nuevo tipo de energía asociada a los nuevos fenómenos que hay en el interior del sistema, y tratar de encontrar empírica y teóricamente la expresión de dicha energía en función de las nuevas propiedades que cambian. La energía total, que incluiría ahora la energía química, eléctrica, nuclear, etc., permanece así constante. Hasta ahora, esto siempre ha sido posible, por lo que podemos generalizar el principio de conservación de la energía para un sistema aislado en el que ocurre cualquier tipo de procesos:

Un sistema aislado en el que ocurren cambios mecánicos, térmicos, químicos, eléctricos..., puede cambiar de estado, pero lo hará de manera que el valor de su energía total permanecerá constante:

$$\Delta E_{TOTAL} = \Delta E_m + \Delta U_{term} + \Delta U_{quim} + \Delta E_{eléctrica} + \Delta E_{nuclear} + \dots = 0$$

Se trata de uno de los principios fundamentales de la ciencia más fructíferos para la comprensión de la naturaleza. Hasta ahora, nunca se ha observado un proceso que no cumpla dicho principio de conservación (cuando así parecía, se ha podido encontrar la «energía que faltaba»), desde la escala subatómica a la del universo.

Esta ampliación de la conservación de la energía a los cambios de propiedades de cualquier tipo también requiere una ampliación de los procesos mediante los cuales un sistema puede cambiar su energía total cuando no está aislado. Así, además de mediante la realización de trabajo mecánico y/o calor, la energía total de un sistema también puede variar mediante la realización de trabajo eléctrico o la emisión u absorción de radiación (cuando absorbe radiación solar, cuando emite ondas de radio o televisión...).



En un tostador se transforma la energía eléctrica en energía térmica.



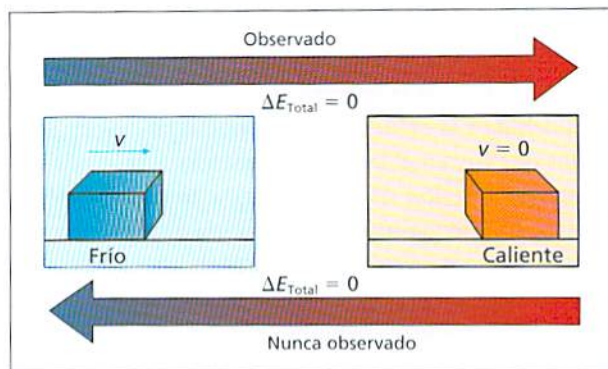
La energía química del combustible se convierte en energía térmica y luego en energía mecánica.

6

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA Y CRISIS ENERGÉTICA

Si, como acabamos de ver, la energía total de un sistema aislado siempre permanece constante, y siempre es posible elegir un sistema aislado (en el que se encuentren todos los objetos que interaccionan), ¿por qué se habla de «crisis de energía»?

Efectivamente, si elegimos un sistema aislado que contenga todos los cuerpos que experimentan cambios de cualquier tipo, podrá encontrarse en distintos estados, y, en todos ellos, la energía total será la misma.



Pensemos en el lanzamiento de un objeto sobre una superficie horizontal con rozamiento, dentro de una habitación cerrada con paredes aislantes del calor. Si escogemos el objeto (una vez lanzado), el suelo y el aire, tendremos un sistema aislado. La velocidad y la temperatura variarán. La energía cinética irá disminuyendo y la energía interna térmica aumentando. En todos los estados, desde el principio hasta que el cuerpo se para, la energía total será la misma. Sin embargo, por experiencia, sabemos que el cuerpo, una vez parado, no abandonará el reposo y se moverá con la velocidad que tenía inicialmente.

De la misma manera, si pensamos en el calorímetro de Joule y elegimos el sistema aislado formado por las pesas-Tierra-calorímetro, siempre se ha observado que, cuando las pesas descenden, el agua se calienta. Nunca se ha observado que el agua se enfríe y las pesas se eleven.

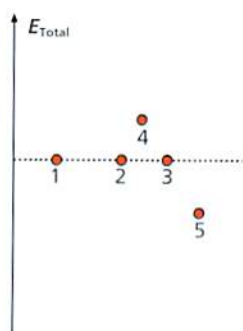
Aunque el sistema tiene la energía necesaria para ello (podría disminuir la energía interna y aumentar la energía cinética o potencial), nadie ha visto nunca que suceda esto.

El principio de conservación de la energía (PCE) no nos dice qué secuencia de estados puede ocurrir y cuál no. Sólo prohíbe el cambio del sistema aislado a un estado de mayor o menor energía total.

Cuando en un sistema aislado ocurren cambios de modo que disminuye la energía mecánica y aumenta la energía interna térmica, ya no puede volver, espontáneamente, a la situación inicial. Toda la disminución de energía mecánica se puede «convertir» en aumento de energía interna térmica, pero el proceso inverso no ocurre nunca. Lo mismo sucede cuando se quema gasolina (reacciona con oxígeno) para que un coche recorra unos kilómetros. Si escogemos el sistema aislado formado por el aire, el vehículo y el suelo, la energía total al final será la misma que al principio, pero nunca dicho sistema podrá volver a su estado inicial, de manera que se recupere la gasolina y el oxígeno iniciales.

Estas ideas, que muestran la necesidad de inventar nuevos conceptos para explicar por qué ocurren los cambios, pueden concretarse de un modo cualitativo de la forma siguiente:

En un sistema aislado, la secuencia o cadena de cambios que ocurren, siempre tiene un sentido: aquel en que la energía del estado final⁹ se encuentra más «dispersa» y «desordenada».



El PCE prohíbe los cambios a los estados 4 y 5. Sólo permite los cambios entre los estados 1, 2 y 3. Pero no explica por qué pueden ocurrir en un sentido y nunca en sentido contrario.

⁹ Eso no significa que en una parte del sistema aislado no pueda disminuir la «dispersión» y el «desorden», siempre que sea compensado por el aumento en otras partes del sistema. Algunos procesos que no son espontáneos pueden ocurrir, pero siempre «impulsados» por otros procesos espontáneos.

Coloquialmente se suele decir que la **energía se «degrada»**, que es «menos aprovechable». Teniendo en cuenta los ejemplos que hemos analizado, podemos decir también que:

Cuando un sistema aislado evoluciona espontáneamente, aunque la energía total sea la misma que al principio, su capacidad para realizar trabajo (para elevar un cuerpo, por ejemplo) sobre otro sistema disminuye (en igualdad de condiciones que al principio).

Puesto que en cualquier sistema en el que se produzca una secuencia de cambios va a existir rozamiento y/o realización de calor, si deseamos que el funcionamiento del sistema continúe exactamente igual (realizando sin interrupción los cambios que nos interesen), será necesario gastar materias primas (petróleo, gas, uranio...) que puedan «impulsar» dicho funcionamiento.

A estas materias primas se les llama «**fuentes de energía**»¹⁰, y al hablar de «**crisis energética**» nos estamos refiriendo al agotamiento de estos recursos energéticos (y, a veces, a la contaminación ambiental que produce la utilización de unos u otros recursos).

6.1. Cadenas energéticas y rendimiento

Cuando en nuestros hogares conectamos una batidora eléctrica o un radiador, o cuando utilizamos un vehículo para desplazarnos, el cambio que deseamos conseguir (hacer girar unas cuchillas, elevar la temperatura de una habitación, hacer que unas ruedas giren) es fruto de una cadena de cambios cuyo origen puede ser una «fuente energética» que se encuentre a cientos de kilómetros de distancia (una central eléctrica) o que el propio vehículo lleve incorporada (la gasolina en un coche).

¿Qué aspectos de una cadena energética sería interesante estudiar?

Es fácil comprender el interés práctico de estudiar estas cadenas de cambios para contestar cuestiones como:

- ¿Cuánto gasóleo o carbón hay que quemar en la central eléctrica para calentar el agua necesaria para una ducha?
- ¿Cómo podríamos conseguir que un coche recorriera más kilómetros con un litro de gasolina?
- ¿Podemos conseguir una cadena de cambios más eficiente que otras?
- ¿Cómo podemos hacer que la cadena energética cuya finalidad es realizar un cambio que deseamos sea menos contaminante?

Para contestar a estas cuestiones (que son objeto, en la actualidad, de una intensa investigación por ingenieros y científicos) es necesario descomponer la cadena energética (desde la «fuente energética» hasta el cambio final deseado), identificando los distintos sistemas que forman parte de ella y la función que desarrolla cada uno de ellos.

Uno de los objetivos de los fabricantes de automóviles es mejorar el rendimiento para consumir el menor combustible posible.

¹⁰ Se trata de un nombre muy intuitivo pero erróneo: no es energía lo que se necesita para producir cambios («energía siempre hay»). Lo que se necesita son «cambios que puedan impulsar otros cambios». Cuando se quema gasolina con oxígeno, se producen otros cambios. La gasolina y el oxígeno se gastan; la energía, sin embargo, no.

Una manera muy gráfica y útil de analizar cualquier cadena energética es clasificar los distintos sistemas que forman parte de la cadena, según su papel, en:

- «**Depósitos**» o «**almacenes**». Son sistemas/componentes de la cadena que aumentan o disminuyen su energía (al final es distinta que al principio). Pueden ser «**fuentes**» o «**receptores**». Los representaremos mediante un rectángulo, indicando el tipo de energía.
- «**Convertidores**». Son aquellos componentes de la cadena que reciben energía de un «depósito» y la transfieren a otros sistemas. Su energía al final del «funcionamiento» de la cadena es la misma que antes. Un motor eléctrico, una bombilla, una célula fotoeléctrica, o una central térmica, son ejemplos de convertidores. Los representaremos mediante un círculo u elipse, indicando el tipo de convertidor. En algunos casos, algunos componentes pueden desarrollar una función de «depósito» y convertidor simultáneamente (por ejemplo, una persona tiene energía química, de los alimentos, y puede transformarla en energía interna térmica y en energía mecánica; una pila eléctrica es un «depósito» y transforma energía química en energía eléctrica).

Es necesario, además, identificar el **tipo de proceso** por el que se transfiere energía de un componente a otro: **calor** si es debido a diferencia de temperaturas, **radiación** si existe emisión o absorción de ondas electromagnéticas (luz, microondas...) o **trabajo** si es debido a otras causas (puede ser mecánico o eléctrico). Los procesos de transferencia de energía los representaremos con flechas de color (calor: amarillo; trabajo mecánico: verde; trabajo eléctrico: rojo; radiación: violeta).

EJEMPLO

Imagínad una máquina elevadora que utiliza como combustible gasolina y que se usa para elevar paquetes muy pesados desde el suelo hasta cierta altura. Identificad los distintos sistemas que participan en la cadena energética como «depósitos» y «convertidores» y realizad un diagrama donde se representen todos los componentes de la cadena y los procesos de transferencia.



Los «**depósitos**» son:

- El sistema gasolina + oxígeno¹¹, que tiene energía interna química que disminuye (fuente energética).
- El sistema paquete-Tierra, que aumenta su energía potencial gravitatoria (receptor).
- El aire (el medio ambiente), que se calienta, aumentando su energía interna térmica (receptor). Recibe, además, gases calientes (dióxido de carbono, vapor de agua y otros contaminantes).

Los **convertidores** son:

- El motor, que gracias a los gases de la combustión de la gasolina realiza trabajo mecánico (motores de «combustión interna»), empujando un émbolo cuyo movimiento de vaivén se transforma (mediante un conjunto de piezas) en un movimiento de rotación a la salida del motor. Inevitablemente, además, el motor se calienta y realiza calor sobre el aire.

¹¹ Ambos son necesarios: si en la atmósfera hubiera vapor de gasolina y no oxígeno, llenaríamos el depósito de combustible de los vehículos con oxígeno.