

# Energía, trabajo y potencia

Henry Díaz Bordón

**Resumen.** El siguiente documento es una recopilación de mis apuntes tomados durante la unidad dedicada a los conceptos de energía, trabajo y potencia en el curso *Física I*. Estos apuntes no intentan ser detallados, ni mucho menos rigurosos, sino proveer una serie de fórmulas y definiciones que puedan resultar útiles a quien esté cursando esta materia y tenga un mínimo conocimiento del presente tema.

---

## Índice

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. Energía</b>   | <b>1</b> |
| <b>2. Energía cinética</b>                                    | <b>1</b> |
| 2.1. Traslacional . . . . .                                   | 1        |
| 2.2. Rotatoria . . . . .                                      | 1        |
| <b>3. Energía potencial</b>                                   | <b>2</b> |
| 3.1. Gravitacional . . . . .                                  | 2        |
| 3.2. Muelles . . . . .  | 2        |
| <b>4. Energía mecánica</b>                                    | <b>2</b> |
| 4.1. Ley de conservación de la energía . . . . .              | 2        |
| <b>5. Transformación de la energía</b>                        | <b>2</b> |
| <b>6. Trabajo</b>   | <b>3</b> |
| 6.1. Relación entre trabajo y energía . . . . .               | 3        |
| 6.2. Resolución de problemas que involucran trabajo . . . . . | 3        |
| <b>7. Energía térmica</b>                                     | <b>4</b> |
| <b>8. La energía en las colisiones</b>                        | <b>4</b> |
| <b>9. Potencia</b>  | <b>4</b> |
| <b>10. Máquinas</b>   | <b>4</b> |
| <b>11. Ventaja mecánica y rendimiento</b>                     | <b>5</b> |

# 1. Energía

El concepto de energía se define como “la habilidad de un sistema de hacer trabajo o provocar un cambio”. Existen dos tipos fundamentales de energía:

- La energía cinética—representada como  $E_c$  (en inglés  $E_k$ ), o  $K$  a secas—describe la energía del movimiento.
- La energía potencial—a la cual se le otorga el símbolo  $E_p$ , o  $U$ —es un tipo de energía intrínseco al sistema, a su posición, configuración y demás propiedades del mismo. Podría definirse como su la energía “guardada”, esperando a ser liberada y convertida en energía cinética. De este tipo existen dos categorías a las que se les dedica especial atención:
  - $U_g$ : Energía potencial gravitacional, causada (evidentemente) por la gravedad.
  - $U_s$ : Energía potencial elástica, aquella guardada en un objeto cuando cambia su forma.

Asimismo, hay también otros tipos de energía que, al menos durante esta unidad, resultan menos importantes en comparación:

- $E_{th}$ : Energía térmica (calorífica), refleja la diferencia de calor entre dos sistemas.
- $E_{chem}$ : Energía química, liberada tras las reacciones químicas entre átomos o moléculas.
- $E_{nuclear}$ : Energía nuclear, resultante de los cambios en los núcleos atómicos.
- $E_{magnet}$ : Energía proveniente de la luz o demás ondas electromagnéticas.
- $IE$ : Energía iónica, la cual liga a los electrones al núcleo de un átomo o molécula.

La unidad de medida de energía del Sistema Internacional es el julio (o *joule*), con símbolo J. Se define como  $N \cdot m$  (donde N representa el *newton*, unidad de fuerza), que a su vez como producto de las unidades básicas del SI equivale a  $kg \cdot m/s^2$ .

## 2. Energía cinética

Como ya mencioné anteriormente, la energía cinética es la energía del movimiento, y puede ser descompuesta en energía cinética traslacional ( $K_{trans}$ ) y rotatoria ( $K_{rot}$ ), siendo la energía cinética total ( $K$ ), la suma de ambas:

$$K = K_{trans} + K_{rot} \quad (1)$$

### 2.1. Traslacional

Cuando el movimiento es realizado a lo largo de una línea, es llamada energía traslacional. La ecuación que describe este tipo de energía cinética es la siguiente:

$$K_{trans} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

### 2.2. Rotatoria

Sin embargo, cuando la trayectoria no se realiza a lo largo de una línea, sino que en rotación, la energía cinética correspondiente pasa a llamarse energía cinética rotatoria, como se podría inferir. Su ecuación es análoga a la anterior, y se muestra a continuación:

$$K_{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3)$$

Donde  $I$  es el momento de inercia del objeto y  $\omega$  su velocidad angular.

### 3. Energía potencial

Existen dos tipos de fuerzas con relación a la energía potencial:

1. **Fuerzas conservativas:** Fuerzas interactivas que pueden guardar energía útil, tales como la gravedad, las fuerzas elásticas o las eléctricas.
2. **Fuerzas no conservativas:** Aquellas que no guardan energía útil, por ejemplo, la fricción.

#### 3.1. Gravitacional

Se trata de la energía que un sistema tiene “guardado” por estar sometido a una fuerza gravitacional, pero por la atracción no poder ser ejercida. Por ejemplo, cuando uno está de pie, la Tierra lo atrae, pero el suelo le impide caerse.

La fórmula para este tipo de energía es la siguiente:

$$U_g = mgh \quad (4)$$

Donde  $h$  es la altura a la que está el objeto,  $m$  su masa y  $g$  la aceleración de la gravedad (aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$  en la Tierra).

#### 3.2. Muelles

La ley de Hooke establece una relación de proporcionalidad entre la fuerza que es ejercida a un muelle (que resulta igual a la que este ejerce, llámese  $F$ ), y la distancia que se ha estirado o encogido desde su posición estable, esto es,  $\Delta x$ . Tenemos entonces la siguiente proposición:

$$F \propto \Delta x \quad (5)$$

Que Hooke desarrolla en la ecuación subsiguiente, donde  $k$  es la constante elástica única al muelle:

$$F = -k\Delta x \quad (6)$$

Hooke demostró además la fórmula que describe la energía potencial elástica de un muelle:

$$U_s = -\frac{1}{2}k(\Delta x)^2 \quad (7)$$

### 4. Energía mecánica

La energía mecánica se define como el sumatorio de todos los tipos de energía en un sistema, esto es, de todas las energías, tanto cinéticas como potenciales:

$$E = \sum E_i = K + U_g + U_s + \dots \quad (8)$$

#### 4.1. Ley de conservación de la energía

Dado un sistema aislado, su energía mecánica ni bien incrementa ni decremanta, sino que permanece constante, esto es, si no ocurre ninguna interacción entremedia, la energía no varía—ni se crea ni se destruye de la nada—:

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s + \dots = 0 \quad (9)$$

### 5. Transformación de la energía

La energía puede verse alterada por los siguientes factores:

1. **Trabajo:** Representado como  $W$  (del inglés “work”), y es la transferencia mecánica de energía a o de un sistema al empujarlo o jalarlo.
2. **Calor:** La transferencia no mecánica de energía del entorno al sistema (o viceversa) debido a un cambio en temperatura.

## 6. Trabajo

El trabajo ocurre cuando una fuerza externa es aplicada a un sistema y provoca un desplazamiento. Si consideramos  $\mathbf{F}$  la susodicha fuerza ejercida y  $\mathbf{d}$  el desplazamiento resultante (ambos vectores), el trabajo  $W$  viene definido de la siguiente manera:

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} \quad (10)$$

Donde  $\vec{u} \cdot \vec{v}$  representa el producto escalar de dos vectores.

Desarrollando la ecuación anterior mediante la fórmula del susodicho producto, tomando  $\theta$  como el ángulo entre el vector fuerza y el vector desplazamiento, y los valores  $F$  y  $d$  como las magnitudes de los mismos, se obtiene la siguiente relación:

$$W = Fd \cos \theta \quad (11)$$

Nótese que, en el caso de que la fuerza ejercida sea paralela al desplazamiento producido, la igualdad se puede simplificar todavía más:

$$W = F_{\parallel} d \cos 0^{\circ} = F_{\parallel} d \quad (12)$$

Y si, por el contrario, ambos vectores son perpendiculares, su producto es se anula y el trabajo resultante es cero:

$$W = F_{\perp} d \cos 180^{\circ} = F_{\perp} d \cdot 0 = 0 \quad (13)$$

Finalmente, pero no por ello menos importante, cabe recordar que el trabajo es una magnitud **escalar**, no vectorial. La unidad de medida del Sistema Internacional para el trabajo es, al igual que para la energía, el julio (J).

### 6.1. Relación entre trabajo y energía

La energía mecánica de un sistema varía según la cantidad de trabajo ejercido sobre el mismo:

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s + \dots = W \quad (14)$$

Nótese que en esta ocasión la diferencia de energía del sistema sí difiere de cero, puesto que se encuentra sometido a una interacción como lo es el trabajo y, por consiguiente, no se trata de un sistema aislado como el descrito en la ley de conservación de la energía.

Asimismo, aplicando la ecuación 2 a la igualdad 14—sabiendo que el trabajo es realizado a lo largo de una línea recta y que, por consiguiente, la energía resultante es cinética traslacional—es posible hallar otra fórmula con la que computar el trabajo:

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (15)$$

Donde  $v_f$  y  $v_i$  son las velocidades finales e iniciales del sistema respectivamente.

### 6.2. Resolución de problemas que involucran trabajo

La siguiente es una estrategia general que puede usarse para resolver problemas físicos relacionados con esta magnitud:

1. Identificar y hacer un boceto del sistema; mostrar las fuerzas que hacen trabajo en el mismo.
2. Establecer un sistema de coordenadas y dibujar los vectores de desplazamiento del sistema y los vectores fuerza provocando trabajo.
3. Encontrar el ángulo ( $\theta$ ) entre cada fuerza y desplazamiento.
4. Hallar cada trabajo producido por cada fuerza mediante la ecuación 10.
5. Calcular el trabajo total (neto).

## 7. Energía térmica

Se trata de la energía calorífica que refleja la diferencia de calor (valga la redundancia) entre dos sistemas. Su fórmula se muestra a continuación:

$$\Delta E_{\text{th}} = F_f \Delta x \quad (16)$$

Donde  $F_f$  es la fuerza ejercida tras la fricción, recuérdese que esta se computa con la ecuación siguiente:

$$F_f = \mu_k F_N \quad (17)$$

Donde  $F_N$  es la fuerza neta ejercida y  $\mu_k$  el coeficiente de fricción de la superficie.

## 8. La energía en las colisiones

Las colisiones pueden ser de dos tipos diferentes:

1. **Elásticas:** Aquellas donde la energía se conserva.
2. **Inelásticas:** Aquellas donde la energía no se conserva.

## 9. Potencia

La potencia—con símbolo  $P$ , en inglés “power”—es el ratio según el cual la energía es transformada, su ecuación es la siguiente:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{W}{\Delta t} = Fv \quad (18)$$

De la ecuación anterior se deduce entonces que la potencia es la derivada del trabajo con respecto al tiempo:

$$P = \frac{dW}{dt} = \dot{W} \quad (19)$$

La unidad de medida en el Sistema Internacional para la potencia es el vatio (o *watt*), con símbolo W. Se define como J/s, o en términos de las unidades básicas del SI  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^3$ .

## 10. Máquinas

Una máquina es un dispositivo cuyo propósito es hacer una tarea más sencilla cambiando, o bien la magnitud, o la dirección de una fuerza. Existen dos tipos fundamentales de máquinas:

- **Máquinas simples:** Las seis máquinas simples son:
  - PALANCA.
  - TORNO.
  - POLEA.
  - PLANO INCLINADO.
  - CUÑA.
  - TORNILLO.
- **Máquinas compuestas:** Consistentes de dos o más máquinas simples conectadas de tal manera que la fuerza producida por una máquina sea la fuerza ejercida en otra.

## 11. Ventaja mecánica y rendimiento

La ventaja mecánica, representada en ecuaciones como VM o MA, es el cociente entre la fuerza producida por la máquina (carga de resistencia,  $R$ ) y la fuerza ejercida por el usuario ( $F$ ), esto es:

$$MA = \frac{R}{F} \quad (20)$$

Asimismo, la ventaja mecánica puede clasificarse en dos tipos distintos:

- **Ventaja mecánica ideal:** Representada como IMA, es aquella obtenida de las condiciones ideales teóricas (miembros rígidos, ausencia de fricción, etc.).
- **Ventaja mecánica real:** Mide la eficiencia *real* de la máquina y es siempre inferior a la ventaja mecánica ideal.

El rendimiento, denotado como  $\rho$ , se define análogamente como el cociente entre el trabajo resultante de la máquina y el trabajo ejercido sobre la misma, o como la potencia de salida sobre la potencia aplicada:

$$\rho = \frac{W_{\text{salida}}}{W_{\text{entrada}}} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} \quad (21)$$