

ENERGÍA

Apuntes R.Oliva / revisión G. Dutt 07-2024

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA, POTENCIA Y EFICIENCIA

1.1 DEFINICIONES BÁSICAS: Es necesario conocer algunos conceptos **de energía, desde el punto de vista físico o de la ingeniería**. Sus definiciones formales nos permiten dar un encuadre al tema. En la infografía de la Figura 1 se da la definición de energía, sus unidades y características, y un ejemplo que muestra dos de sus formas (energía potencial y cinética).

QUÉ ES LA ENERGÍA?

- **ENERGÍA (DEL GRIEGO *ENERGEIA*: ACTIVIDAD, OPERACIÓN) ES UNA MAGNITUD FÍSICA QUE SE ASIGNA A CUALQUIER PARTÍCULA, OBJETO O SISTEMA COMO CONSECUENCIA DE SU ESTADO. TOMA DISTINTAS FORMAS, COMO ENERGÍA CINÉTICA, POTENCIAL, TÉRMICA, ACÚSTICA, ELECTROMAGNÉTICA..**

EJEMPLO: PELOTA SOBRE UNA PENDIENTE..

Lista para rodar
La energía potencial de una pelota aumenta con la altura a la que está colocada.

- **LA ENERGÍA ES UNA MAGNITUD ESCALAR (NO VECTORIAL), CUYA UNIDAD PRINCIPAL EN EL SISTEMA INTERNACIONAL ES EL JOULE [J]**
- **TIENE LA PROPIEDAD DE CONSERVARSE, ES DECIR QUE NO SE CREA NI SE DESTRUYE SINO QUE CAMBIA DE FORMA.**
- **LAS DISTINTAS FORMAS SON EQUIVALENTES**

Figura 1 Definiciones básicas de energía

La energía se conserva y sus formas son equivalentes (Figura 2), aunque la conversión entre estas formas no es siempre realizable. En general la conversión siempre conlleva que una porción se disipa al ambiente como energía térmica (“pérdidas”) y su recuperación a energía útil, debido a la reducida diferencia de temperaturas, es técnicamente compleja y costosa.

Formas de Energía

- Energía Nuclear
- Energía Magnética
- Energía Eléctrica
- Energía Potencial
- Energía Cinética
- Energía Química
- Energía Térmica

cinética → eléctrica

Wind Turbine Components

- A Blades
- B Nacelle
- C Low-speed shaft
- D Gearbox
- E High-speed shaft
- F Generator
- G Tower

Figura 2 Formas de la energía

1.2 TRABAJO Y ENERGÍA: **Levantar una caja** requiere una cantidad específica de **energía E** , que es asimilable al trabajo requerido. **Esta energía se mide en Joules [J], unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades ó SI [SI-Wiki, 2024] [SI-Wiki-d, 2024]**. A efectos de realizar la tarea (Figura 3), se requerirá la misma cantidad de energía si la caja se levanta rápidamente o en forma lenta.



Figura 3 El trabajo requerido para levantar una caja se expresa como energía E y se mide en Joules [J] – [UC-Energy Education, 2017]

Para levantar la caja con mayor rapidez, necesitamos incrementar la **potencia P** , es decir el cambio de energía en el tiempo. Justamente esto se expresa matemáticamente como:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad [W] \quad (\text{Eq. 1})$$

y su unidad, el Watt [W] (o vatio), es equivalente a un [J/s].

En una expresión de física mecánica, el trabajo es equivalente al producto de una fuerza F (expresada en newton[N]) por una distancia d , expresada en metros [m] por lo tanto la unidad de E es [Nm]=[J]. (Notar que tiene las mismas unidades que el torque o par [Nm], aunque es un fenómeno físico distinto.) Una relación muy importante, que surge de la Eq. 1 y que vincula la energía, la potencia y el tiempo transcurrido, se puede observar con un ejemplo en la Figura 4. Principalmente en lo que se refiere a energía eléctrica, el producto de la potencia P por el tiempo transcurrido Δt es lo que se denomina habitualmente energía consumida (o entregada) en ese período Δt , y la unidad más común es el [Ws] o vatio-segundo, que es lo mismo que Joule. Para la energía eléctrica en particular, se prefiere el uso de Wh o vatio-hora. En cantidades grandes, es habitual utilizar los prefijos k (x 1.000) o M (x 1.000.000).

Energía
 $E = P \cdot \Delta t \quad [Wh]$
 Ej.:
 Una plancha de 1000 W funcionando 2 horas consume una energía de **2000 Wh o 2 kWh** (en Joules = 2000 J/s x 3600s = 7,2 MJ)



Eficiencia Energética:
 $\eta = \frac{E_{\text{salida}}}{E_{\text{entrada}}} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}$



$\eta = 50/100 = 50\%$

Figura 4 Relación entre potencia P , tiempo t y energía E , y relación de eficiencia

La relación que surge del ejemplo de la Figura 4, y que se refiere a una energía (en este caso consumida por una plancha eléctrica) en un período determinado Δt funcionando a una potencia P puede escribirse entonces de esta forma:

$$E_{\Delta t} = P \cdot \Delta t \quad [Ws \equiv J] \quad (\text{Eq.2})$$

Nótese que esto es un PRODUCTO y NO es W/h o kW/h, unidades que expresarían una variación o cambio de potencia en el tiempo.

La otra relación importante es la eficiencia (muchas veces expresada con la letra griega “eta” o η) que es la relación entre la potencia de salida “útil” P_{sal} y la de entrada (“demandada o consumida”) P_{ent} en un dispositivo o máquina. En

el mismo período de tiempo, esto es equivalente al cociente entre energía de salida y energía de entrada. Hay que notar que se trata de una magnitud adimensional, con un valor entre 0 y 1 o en notación porcentual, entre 0 y 100%

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} = \frac{E_{\Delta t-sal}}{E_{\Delta t-ent}} \quad [] \quad (\text{Eq.3})$$

Una eficiencia del 100 % es inalcanzable en los límites teóricos de la física actual, aunque muchos equipos alcanzan valores muy próximos. A la derecha en la Figura 4 se observa un caso extremo de un motor eléctrico ficticio cuya potencia mecánica útil en el eje es de 50 W, y la potencia eléctrica que demanda es de 100 W, lo cual resulta en un cociente de 0,5 o sea una eficiencia de 50 % (Típicamente, la eficiencia de un motor asíncrono trifásico industrial supera el 90%).

2. PREFIJOS Y UNIDADES

Al estudiar el tema de la energía, aparecen como vimos conceptos físicos que debemos conocer. Su representación precisa es un tema importante, por eso dedicamos esta sección a las unidades y sus prefijos.

2.1 PREFIJOS: Los prefijos sirven para indicar multiplicadores que hacen más “manejables” los números en la representación de unidades físicas. Por ejemplo, es más práctico y entendible decir que una central eléctrica tiene una potencia de 100 MW (cien megavatios) que decir que tiene 100.000.000 W (cien millones de vatios) aunque el valor sea idéntico. Desde 1960 existe el mencionado **SI**, que es un acuerdo internacional en permanente actualización [ISO-80000-1,2022] sobre las unidades estándar a utilizar y en los nombres de dichos prefijos, que se muestran en la Figura 5. Se adoptó el esquema de utilizar múltiplos y submúltiplos de 10 para representar cantidades diversas. Cabe comentar que los prefijos se aplican para todas las unidades, no sólo relacionadas con la energía. Por ejemplo, la velocidad de la luz es 30 cm/ns (30 centímetros por nanosegundo).

		<u>SI-Prefijos</u>									
Múltiplos (I)	Name	yotta	zetta	exa	peta	tera	giga	mega	kilo	hecto	deca
	Symbol	Y	Z	E	P	T	G	M	k	h	da
	Factor	10 ²⁴	10 ²¹	10 ¹⁸	10 ¹⁵	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ²	10 ¹
Submúltiplos (II)	Name	deci	centi	milli	micro	nano	pico	femto	atto	zepto	yocto
	Symbol	d	c	m	μ	n	p	f	a	z	y
	Factor	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹⁸	10 ⁻²¹	10 ⁻²⁴

Figura 5 Prefijos del S.I o Sistema Internacional de Unidades [ISO-80000-1,2022]

La parte superior (I) corresponde a los múltiplos, y siguiendo con el ejemplo para la unidad derivada “potencia”, en la Tabla 1 se observa su aplicación típica.

Tabla 1 Ejemplo de uso de múltiplos de potencia

Multiplo	Ejemplo con unidad de potencia [W]
kilo = x 1.000	kW ó kilovatio (1000 W = 1 kW, sería la potencia típica de una plancha doméstica)
Mega = x 1.000.000	MW o Megavatio = 1000 kW
Giga = x 1.000.000.00	GW o Gigavatio = 1000 MW

Obsérvese que, los prefijos en mayúsculas son múltiplos mayores a mil. Es importante notar que “kilo” (mil) se denota con la k minúscula, para diferenciarla de la unidad base K (Kelvin) de temperatura (ver 2.2). Por ello, es incorrecto escribir kilowatt-hora como KWh. La forma correcta es kWh.

Para representar cantidades pequeñas se utilizan los submúltiplos (II en Figura 5), partes menores a uno que se observan en la parte inferior de la Figura 5. Estos implican multiplicar por 10 con potencias negativas, por ejemplo para la unidad base metro (m) la centésima parte se conoce como el **cm** o centímetro (multiplicador por 10⁻² = 1/(10*10) = 1/100 = 0,01 m, dos ceros a la izquierda del símbolo decimal). Similarmente, el milímetro o **mm** implica dividir cm por 10 (para el metro es un multiplicador por 10⁻³ = 1/(10*10*10) = 1/1000 = 0,001 m, tres ceros a la izquierda del símbolo decimal).

2.2 UNIDADES: Las unidades base del S.I. se pueden observar en la Figura 6 y algunas de las unidades derivadas (que se mencionaron en la Parte 1) en la Tabla 2. Una infografía gratuita muy útil sobre las unidades base y las derivadas se encuentra disponible gratuitamente en [NIST SI Base Units Relationships Poster, 2020]. Si bien el origen de las unidades base, las constantes asociadas y la forma de replicar las mediciones se encuentra detallada en la Normativa ISO/IEC 80000, con versiones para distintas ramas de la física y la tecnología, existen guías sobre recomendaciones de forma y su evolución histórica como [NIST- The International System of Units (SI), 2019], y otras que constituyen guías prácticas de uso como [NIST Guide for the Use of the International System of Units (SI), 2008] que son gratuitas. En estas guías es posible encontrar unidades no encuadradas en el SI pero aceptadas en su uso (hora, minuto por ejemplo) y hay conversiones a unidades históricas (psi, pie, caloría, BTU) que todavía tienen amplia utilización en la industria.



Figura 6 Unidades base del S.I o Sistema Internacional

Tabla 2 Algunas unidades derivadas del SI o Sistema Internacional, que se expresan en función de las unidades base.

Magnitud física	Nombre Formal	Nombre usual	Símbolo de la unidad	Expresada en unidades derivadas	Expresada en unidades básicas
<u>Fuerza</u>	<u>Newton</u>	Newton	N		$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
<u>Presión</u>	<u>Pascal</u>	Pascal	Pa	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
<u>Trabajo</u>	<u>Julio, joule</u>	Joule	J	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
<u>Potencia</u>	<u>Vatio, watt</u>	Watt	W	$\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
<u>Carga eléctrica</u>	<u>Culombio, coulomb</u>	Coulomb	C		$\text{A} \cdot \text{s}$
Potencial eléctrico, fuerza electromotriz	<u>Voltio, volt</u>	Volt	V	$\text{J} \cdot \text{C}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
<u>Resistencia eléctrica</u>	<u>Ohmio, ohm</u>	Ohm	Ω	$\text{V} \cdot \text{A}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$

El conocimiento sobre temas de energía, y los cálculos asociados, requiere el manejo de muchas de estas unidades físicas y su correcta expresión. La ventaja es la universalidad y uniformidad a lo largo de idiomas y países a nivel mundial, lo cual es importante dado el valor económico y estratégico de los intercambios energéticos.

REFERENCIAS

[ISO-80000-1,2022] ISO 80000-1:2022 Quantities and units <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:80000:-1:ed-2:v1:en>

[SI-Wiki, 2024] Sistema Internacional de Unidades: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades

[SI-Wiki-d, 2024] Unidades derivadas del Sistema Internacional: https://es.wikipedia.org/wiki/Unidades_derivadas_del_Sistema_Internacional

[UC-Energy Education, 2017] Energy vs power: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_vs_power

[NIST- The International System of Units (SI), 2019] <https://www.nist.gov/pml/special-publication-330>

Or in PDF: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.330-2019>

[NIST Guide for the Use of the International System of Units (SI), 2008] <https://www.nist.gov/pml/special-publication-811>

[NIST SI Base Units Relationships Poster, 2020] <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1247>