

Curso	Energía: pasado, presente y futuro
Tema	3. Primera revolución industrial
Subtema	3.3 Desarrollo científico vinculado a la primera revolución industrial: conservación de la energía, irreversibilidad de los procesos, bases para electricidad y magnetismo
Componente	HTML

Conservación de la energía e irreversibilidad

A continuación se presentan los conceptos de la conservación de la energía e irreversibilidad de los procesos y su relación con el desempeño de una máquina térmica.

De la misma manera en que se ha venido hablando del concepto de energía sin definirlo, también es cierto que se han mencionado diferentes **tipos de energía** sin necesariamente prestar atención a la **clasificación** de las mismas. En este momento, se puede diferenciar entre **formas nobles** y **formas degradadas** de energía.

Formas nobles de energía

La **energía mecánica y eléctrica** las denotamos como **formas nobles de energía** ya que teóricamente es posible transformar una en otra sin pérdidas de energía.

Hay máquinas que pueden llegar a realizar esto con una **eficiencia** por encima del **99%**. Por ejemplo, los motores eléctricos transforman de manera muy eficiente energía eléctrica (suministrada a través de una corriente eléctrica) a energía mecánica (movimiento de un eje rotatorio).



[97110131]. Enis Aksoy/istock

Formas degradadas de energía

Otro tipo de máquinas lo constituyen las **máquinas térmicas**. Una máquina térmica es un sistema que recibe calor y desarrolla trabajo mientras realiza un ciclo termodinámico.



[82522827]. filo/istock

Este tipo de máquinas transforma una forma «**degradada**» de energía (calor) en una forma «**noble**» (energía eléctrica o mecánica). Sin embargo, este proceso no puede realizarse sin rechazar (perder) parte del calor alimentado y por ello este tipo de máquinas tienden a ser ineficientes.

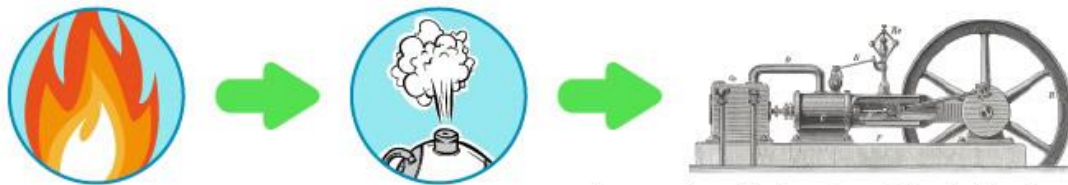
Existen explicaciones contundentes de este fenómeno, que han quedado plasmadas en las **Leyes de la Termodinámica**.

Leyes o principios de la termodinámica

Primera ley de la termodinámica

La primera Ley de la Termodinámica, también conocida como **principio de conservación de la energía** dicta que la energía no se puede crear o destruir durante un proceso, solo puede cambiar de forma. En un motor eléctrico, la energía eléctrica se transforma en energía mecánica.

En una máquina de vapor (la cual es una máquina térmica), **la energía** contenida en los enlaces químicos del combustible **se transforma en calor**, este calor se transfiere al agua para convertirlo en vapor, el cual eventualmente transfiere su energía para producir energía mecánica.



Imágenes tomadas y utilizadas conforme a la licencia de iStock.com

Esta primera ley nos dicta que **la energía final no puede ser mayor que la energía inicial**. A partir de estos argumentos resulta claro que los procesos ocurren en **cierta dirección** y no en dirección contraria. Sin embargo, la primera ley de la termodinámica no restringe la dirección de un proceso.



Ejemplo:



[85934973]. aldo_nat/istock

Es claro que si hay un vaso con limonada a temperatura ambiente y se le coloca un hielo, eventualmente el hielo se fundirá y la limonada se enfriará. La **energía se conserva**: el hielo absorberá calor de la limonada para fundirse y al momento de perder esa energía, el líquido se enfriará.

Es más, se podría sin mayor problema calcular la temperatura final de la limonada. Pero... ¿por qué no es posible ir en el sentido contrario?, ¿por qué no es posible que la limonada fría se separe y se tenga el sistema original: limonada a temperatura ambiente con un hielo?, ¿la energía seguiría siendo la misma?

De manera intuitiva se sabe que eso no es posible. De manera teórica, la segunda Ley de la Termodinámica brinda las bases para identificar si un proceso puede tener lugar o no. Esto lo estableció el científico alemán **Rudolf Clausius** en **1850**.

Segunda ley de la termodinámica

La **segunda Ley** de la Termodinámica afirma que **la energía tiene calidad como cantidad**. Esta ley proporciona los medios necesarios para determinar la **calidad**, así como el **grado de degradación** de la energía durante un proceso.



También se utiliza en la determinación de los **límites teóricos** para el **desempeño** de los sistemas de ingeniería, tales como máquinas térmicas. Incluso, nos puede ayudar a predecir el grado de realización de las reacciones químicas.

Un primer resultado relevante de la segunda ley es el enunciado de **Kelvin-Planck** que menciona que: ninguna máquina térmica puede convertir todo el calor que recibe en trabajo útil. Es decir, es imposible que una máquina térmica sea 100% eficiente.

Entonces, ¿qué tan eficiente puede ser? La respuesta la proporcionó **Nicolás Léonard Sadi Carnot** (científico e ingeniero francés) al inicio del Siglo XIX (**1824**).

Carnot sentó las bases para comprender la **obtención de energía cinética o potencia mecánica** a partir del **flujo de calor**, además de definir la **eficiencia máxima** que se puede obtener de una máquina térmica reversible (ideal), también denominada **máquina de Carnot**.

Una máquina térmica, de manera conceptual la podemos ver en la figura de la derecha. La máquina toma calor (**Q_{entrada}**) de una fuente a temperatura alta (por ejemplo, gases de combustión calientes), transforma ese calor en trabajo mecánico, **W_{neto}** (por ejemplo, el calor se entrega al agua, la cual se vaporiza para posteriormente usarse para mover un pistón), y finalmente rechaza calor, **Q_{salida}**, a un sumidero que se encuentra a baja temperatura (por ejemplo, el condensado que se tiene que rechazar en cualquier máquina de vapor).



La máxima eficiencia de una máquina térmica está dada por la siguiente fórmula:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \left(1 - \frac{T_F}{T_C} \right) \times 100$$

Donde **T_C** es la temperatura absoluta de la fuente caliente y **T_F** es la temperatura absoluta del sumidero frío de calor. Carnot estableció que es imposible construir una máquina térmica que opere entre dos regiones de temperatura distinta, y que sea más eficiente que una máquina externamente reversible que opere entre las mismas regiones de temperatura (máquina de Carnot).



Ejemplo:

Si una máquina térmica ideal funciona de tal manera que un vapor de agua de presión alta con temperatura de **439°C** se expande y se enfría a una temperatura de **184°C**, tendría una eficiencia del **35.8%**, lo que significa que solo el **35.8%** de la energía térmica se puede convertir en potencia mecánica y esto de manera ideal si el sistema fuera reversible.

¿Cómo se obtuvo ese valor?

Primero se necesita obtener lo que es la temperatura absoluta tanto para Q_{entrada} como para Q_{salida} , pasando de usar grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) a grados Kelvin (**K**):

$$Q_{\text{entrada}} = 439^{\circ}\text{C} + 273 = 712 \text{ K}$$

$$Q_{\text{salida}} = 184^{\circ}\text{C} + 273 = 457 \text{ K}$$

Para así poder sustituir los valores:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \left(1 - \frac{T_F}{T_C}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{457}{712}\right) \times 100 = (1 - 0.6418539) \times 100 = 35.8$$

La conversión de grados **centígrados** a grados **Kelvin** es una práctica necesaria en **evaluaciones termodinámicas** ya que es indispensable usar una escala que parta de un “**cero absoluto**” y no contenga temperaturas negativas.

La escala de temperatura en grados centígrados es un tanto arbitraria ya que establece su “cero” en la temperatura en la que se congela el agua. Al contrario, el “cero” de escala Kelvin es absoluto: no puede haber una temperatura inferior y así no hay el inconveniente de lidiar con temperaturas negativas.

En realidad, las máquinas que se pueden construir son irreversibles y los estudios y deducciones de Carnot a principios del Siglo XIX permitieron establecer el máximo límite posible a conseguir.

Ésta es una de las contribuciones más importantes para **relacionar** la potencia **mecánica** con la potencia **térmica** ya que **establece los límites** a la conversión de energía que la naturaleza ha impuesto.

Julius von Mayer después de realizar experimentos para verificar si el trabajo mecánico se convertía en calor obtuvo el valor del equivalente mecánico del calor publicando sus hallazgos en **1842**. Esto dio como resultado tres años después al **postulado de conservación de la energía** para todos los fenómenos naturales: electricidad, luz, magnetismo, etc.