

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

Enrique Guzmán y Valle

*Alma Máter del Magisterio Nacional*

FACULTAD DE CIENCIAS

Escuela Profesional de Ciencias Naturales



MONOGRAFÍA

**SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.**

**Enunciados de Kelvin-Planck y Clausius. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot Eficiencia.**

Examen de Suficiencia Profesional Res. N°0087-2021-D-FAC

Presentada por:

**Lagos Quispe, Kattia**

Para optar al Título Profesional de Licenciado en Educación

Área Principal: Química - Área Secundaria: Matemática

Lima, Perú

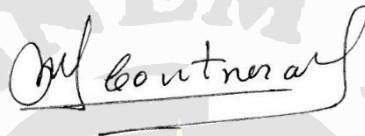
2021

MONOGRAFÍA

**SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.**

**Enunciados de Kelvin-Planck y Clausius. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot Eficiencia.**

Designación del Jurado Resolución N°0087-2021-D-FAC



---

**Mg. Contreras Vargas, Moisés Domingo**

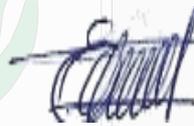
**Presidente**



---

**Dr. Osorio de la Cruz, Isidro Martín**

**Secretario**



---

**Mg. Yachas Jiménez, Leónidas Eugenio**

**Vocal**

Línea de investigación: Educación experimental en sistemas bióticos y abióticos

**Dedicatoria**

A Dios por estar siempre presente en nuestras vidas guiándonos.

A mis padres Teresa y Adalberto por darme el mejor apoyo para mi formación profesional.

A Cynthia, Madyson, Julio y Juvenal, que siempre estuvieron incondicionalmente en mi formación académica.

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Hoja de firmas de jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Lista de figuras .....	vii
Introducción.....	vii
Capítulo I. Segunda ley de la termodinámica.....	8
1.1    Conceptos de la segunda ley.....	8
1.2    Limitación de la primera ley termodinámica.....	9
1.3    Introducción de la segunda ley de la termodinámica .....	11
1.4    Entropía .....	12
1.4.1 Medida de la entropía.....	13
1.4.2 Procesos reversibles de la entropía.....	14
1.4.3 Proceso irreversible de la entropía.....	14
1.5    Aspectos del segundo principio.....	15
Capítulo II. La segunda ley de termodinámica.....	16
2.1    Enunciados de la segunda ley termodinámica.....	16
2.1.1 Enunciado de kelvin- Planck.....	16
2.2    Enunciado de Rudolf Clausius (1850).....	18
2.3    Equivalencia del enunciado de kelvin – Planck y Clausius .....	19
2.4    Máquinas térmicas.....	22
2.4.1 Definición.....	22
2.5    Proceso reversible e irreversible.....	25
2.5.1 Proceso reversible.....	26

2.5.2 Proceso irreversible.....	27
2.5.2.1 Irreversibilidad interna.....	28
2.5.2.2 Irreversibilidad externa.....	28
2.5.2.3 Irreversibilidad mecánica.....	29
2.5.2.4 Irreversibilidad térmica.....	29
2.6 Maquinas frigoríficas.....	30
2.6.1 Bombas de calor y refrigeradores.....	30
2.6.2 Aplicación de ejercicio.....	32
Capitulo III. Ciclo de Carnot.....	35
3.1 Antecedentes del ciclo de Carnot.....	35
3.2 Principio de Carnot.....	38
3.3 Teorema de Carnot.....	39
3.4 Colorario del teorema de Carnot.....	42
3.4.1 Primer colorario.....	43
3.4.2 Segundo colorario.....	43
3.5 La eficiencia de la máquina de Carnot.....	44
3.6 Eficiencia de un refrigerador.....	46
3.7 Aplicaciones a problemas.....	47
Aplicación didáctica.....	51
Síntesis.....	60
Apreciación crítica y sugerencias.....	61
Referencias.....	63
Apendice.....	63

## Lista de figuras

Figura 1. Dirección del calor .....	9
Figura 2. Entropía del agua.....	12
Figura 3. Experimento de entropía .....	13
Figura 4. Ciclo de Kelvin- Planck .....	17
Figura 5. Máquina térmica con una eficiencia de 100% .....	17
Figura 6. Enunciado de Clausius .....	18
Figura 7. Máquina anti kelvin- Planck .....	20
Figura 8. Máquina térmica.....	21
Figura 9. Equivalencia de enunciados kelvin-Planck y Clausius .....	22
Figura 10. Tren de vapor .....	23
Figura 11. Proceso de una máquina térmica.....	24
Figura 12. Ciclo de una máquina a vapor.....	25
Figura 13. Cambio físico .....	27
Figura 14. Esquema frigorífico.....	31
Figura 15. Máquina frigorífica .....	32
Figura 16. Ciclo de cilindro de motor .....	36
Figura 17. Proceso reversible de Carnot.....	37
Figura 18. Ciclo de Carnot de una bomba de agua.....	38
Figura 19. Teorema de Carnot.....	40
Figura 20. Máquina antiplanck.....	42
Figura 21. Máquina primer colorario .....	43
Figura 22. Máquina segundo colorario.....	44
Figura 23. Máquina de Carnot refrigerador.....	47

## Introducción

La primera ley termodinámica es una afirmación de la conservación de la energía que expresa una diferencia en la energía interior; en un marco puede presentarse debido al movimiento de la energía por el calor o por el trabajo.

La segunda ley de la termodinámica explica sobre las limitaciones que existen en las transformaciones energéticas. En este trabajo monográfico describiremos el funcionamiento de esta ley mediante el modelo de ciclo de Carnot, máquina refrigerante y las aportaciones con los enunciados de los científicos. También se busca aclarar algunos procesos que realizamos, lo cual necesita una explicación científica profunda a los sucesos y entender con mayor criterio el trabajo realizado por el universo, la naturaleza o una máquina donde hay intervención de energía. Es importante destacar que el proceso investigativo está basado en el marco de lo establecido para el desarrollo de los trabajos de investigación.

El trabajo monográfico se encuentra dividido en VI capítulos: el Capítulo I consta de la segunda ley termodinámica; el Capítulo II explica los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius; el Capítulo III trata sobre las máquinas térmica; el Capítulo IV, acerca de Ciclo de Carnot; el Capítulo V, sobre la Eficiencia de las máquinas; el Capítulo VI, en torno a la aplicación didáctica; finalmente, la referencia y apéndices.

## Capítulo I

### Segunda ley de la termodinámica

#### 1.1 Conceptos de la segunda ley

La termodinámica es una rama de la ciencia física: su finalidad es estudiar el calor y sus transformaciones, las variaciones de energía que se producen durante el transcurso de una reacción química; estas pueden ser exotérmicas, hacia afuera; y endotérmicas, hacia adentro.

La segunda ley termodinámica: ningún motor de calor puede generar trabajo neto intercambiando calor en un área a una temperatura fija solitaria (...) muestra que es difícil lograr el 100% de efectividad en un motor de calor, sobre la base de que el calor despedido debería ser más notable que nada (Rolle, 2006, p. 256).

En algún momento de nuestra vida, a muchos de nosotros se nos ha ocurrido comprar un helado u otro producto comestible, que por alguna razón se llega a caer. Todos hemos deseado que esa bola de helados regrese limpio a su lugar original, sin ningún cambio para poder disfrutarlo, pero eso es imposible en la realidad. Pues la naturaleza tiene muchas y otros procesos regulados por medio de la segunda ley termodinámica.

La ley primaria de la termodinámica surgió debido a lo inconcebible de construir una máquina apta para producir energía. No obstante, no impone restricciones sobre la

posibilidad de cambiar un tipo de energía por otro. Teniendo en cuenta solo la ley primaria, existe constantemente la posibilidad de convertir el calor en trabajo o el trabajo en calor, dado que la suma total de calor es comparable a la medida del trabajo (Prado, 2014).

En este párrafo el autor indica que hubo muchas limitaciones en transformar energía, sin poder dar una explicación sustentable, donde la cantidad de calor insertada debe ser igual a la cantidad de trabajo obtenido. Así se dio paso a la creación de la segunda ley termodinámica.



Figura 1. Dirección del calor. Fuente: Recuperado de <https://www.todamateria.com/leyes-de-la-termodinamica/>

## 1.2 Limitación de la primera ley termodinámica

La ley termodinámica primaria se limita a negar la probabilidad de que se realicen ciclos en los que no se cumple la ley de conservación de la energía, pero no impone ninguna condición sobre el sentido en el que se pueden realizar. Por ejemplo, la entrada de

calor del cuerpo del virus al cuerpo caliente sería concebible sin repudiar la principal directriz de la termodinámica.

La ley primaria de la termodinámica no fuerza un punto de ruptura en la medida de toda la energía en un marco que se puede hacer fluir como trabajo. En esta primera ley de la termodinámica, también llamada ley de conservación de la energía, se demuestra que el trabajo transportado a la masa de gas o que la masa transportada al clima será equivalente a la variedad de la energía interior además del trabajo hecho. Por ejemplo, la fuerza motriz de un avión, que es un marco termodinámico que se compone de energías que activa artificialmente el trabajo y entrega energía, hace que el avión se mueva. Entonces, en la remota posibilidad de que pudiéramos cuantificar la medida del trabajo realizado y el calor entregado, podríamos calcular la energía absoluta del marco y razonar que la energía en el motor se mantuvo constante durante el vuelo; en ese punto se deduce que la energía no fue hecha ni borrada, solo cambiada.

Ejemplo: Fórmula de la primera ley termodinámica

$$\Delta E = W - Q$$

Esta ecuación, que es válida para todo el proceso, expresa la primera ley de la termodinámica, donde Q es la energía calorífica y el trabajo  $W = Q_1 - Q_2$ . La ecuación procedente indica que la cantidad de trabajo realizado y de calor intercambiado puede variar durante la transformación particular”

Según este proceso, donde la energía se conserva en efecto se cumple en algunas situaciones en la naturaleza, pero es incompleta. Según el primer principio, el calor cedido debe ser igual a la energía fría obtenida, pero no explica el proceso del porqué el flujo frío de un cuerpo no se dirige a un cuerpo caliente, lo cual ya no cumpliría con la ley de la conservación de la energía.

En la segunda ley termodinámica se establece en cuál de los procesos de la naturaleza puede presentarse de manera espontánea o libre.

Hay procesos compatibles de la primera ley de la termodinámica, cumplen un orden gobernador por la segunda ley, y son:

- Cuando dos artículos que están a distintas temperaturas entran en contacto cálido entre sí, el calor fluye del artículo más caliente al más frío.
- Imposible que se cumpla que la energía fría se convierta en energía cálida.

### **1.3 Introducción de la segunda ley de la termodinámica**

Las transformaciones encontradas usualmente en la naturaleza conllevan en sí mismas un alto grado de degradación y disipación. Esto se puede evidenciar en procesos naturales, por ejemplo, entre otras acciones que intervienen en las reacciones químicas, s tiene: el envejecimiento de los seres, el deterioro de los objetos metálicos creados por el hombre, el enfriamiento del agua caliente en un vaso.

Establece la distinción de calidad entre los diversos tipos de energía y aclara por qué algunos ciclos pueden ocurrir precipitadamente mientras que otros no. Al igual que otras leyes vigentes en la naturaleza, existe prueba de prueba que afirma la segunda ley de la termodinámica (Gutiérrez, 2015).

La segunda ley termodinámica fue incorporada a consecuencia de intentar cubrir algunos objetos que fueron imposibles de explicar la direccionalidad de un proceso espontáneo, por el primer principio.

La segunda ley es una declaración probabilística, si pasa el tiempo suficiente se puede presentar hasta los estados más improbables; a veces la entropía puede decrecer.

Todos estos procesos tienen que ver con la direccionalidad de la energía, lo cual constituye principalmente el principio de la segunda ley termodinámica. Estos procesos

también se dan en la naturaleza: son procesos irreversibles porque se dan en una sola dirección.

#### 1.4 Entropía

La entropía mide el desorden molecular en un sistema, es la base de la segunda ley termodinámica. Por lo tanto, la segunda ley pone los límites de las formas de energía en que pueda transformarse o usarse.

La entropía desde cierto punto de vista, está relacionado con el grado de desorden de un sistema, en el cual cumple una función muy importante en la segunda ley termodinámica; es la base de inicio para el segundo principio de la termodinámica. De esta manera se enuncia que la entropía del universo crece constantemente en el tiempo. No obstante, se puede medir en dos procesos: proceso reversible y proceso irreversible.

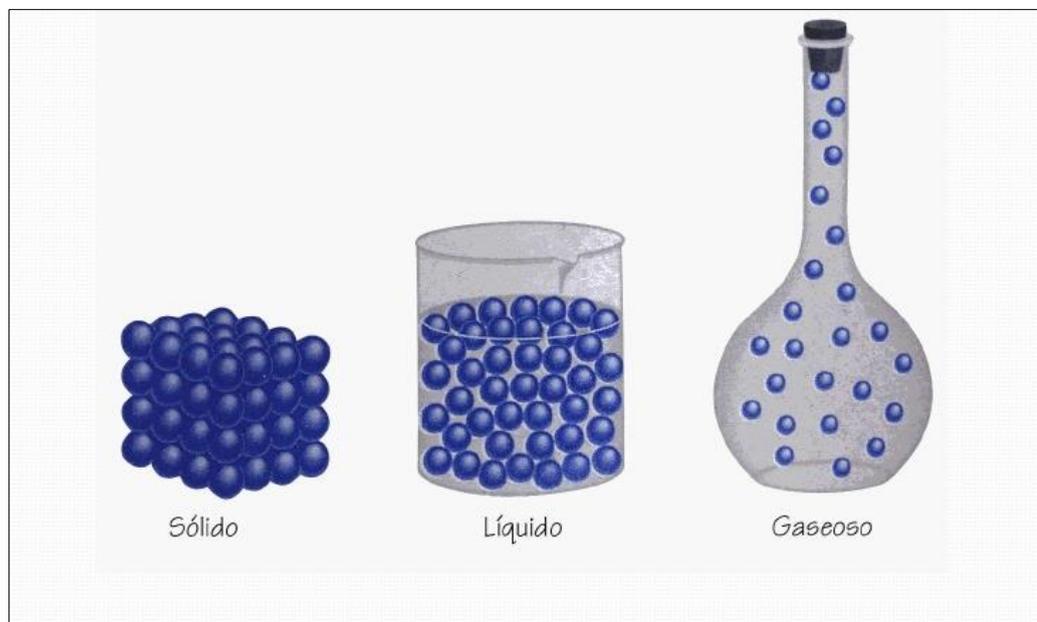


Figura 2. Entropía del agua. Fuente: Recuperado de <http://losprimerosdefuentecillas.blogspot.com/2017/03/los-estados-de-la-materia.html>



Figura 3. Experimento de entropía. Fuente: Recuperado de <http://elfisicoloco.blogspot.com/2012/11/minima-energia-y-maximo-desorden.html>

Se muestra un experimento, donde se cuenta con agua fría, agua a temperatura ambiente y agua caliente, en la cual se agrega efervescente en cada vaso y se puede observar en cuál de los tres hay mayor entropía.

Ejemplo: Fórmula general de la variación de entropía:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$\Delta S$ : Variación de entropía ( $\frac{joule}{K}$  o  $\frac{Kcal}{K}$ )

Q: Calor recibido (Kcal o Joule)

T: temperatura en kelvin

#### 1.4.1 Medida de la entropía.

La segunda ley termodinámica está relacionada principalmente con la entropía; según los estudios realizados, llegan a la conclusión de que todo el sistema aislado tiende espontáneamente al máximo desorden. Por lo tanto, la entropía se puede medir en dos procesos.

### 1.4.2 Procesos reversibles de la entropía.

La energía del universo permanece constante. Es un proceso en el cual regresa a su estado inicial, aquellos que en cualquier variación mínima de las condiciones que rigen el proceso puede intervenir estén esas condiciones se define con la siguiente fórmula (Rodriguez, 2015).

Ejemplo:

$$\Delta S = \frac{Q_{Reversible}}{T}$$

El calor reversible sobre la temperatura tiene que ser igual a la variación de entropía, este es un proceso reversible.

### 1.4.3 Proceso irreversible de la entropía.

La entropía del universo aumenta. En este proceso Q es el calor intercambiado durante un cierto proceso irreversible, la temperatura a la que se ha tenido lugar.

Ejemplo:

$$\Delta S > \frac{Q_{Reversible}}{T}$$

Aplicación de la fórmula: para poder entender mejor sobre la entropía se presentará ejemplos y ejercicios.

Se cuenta con tres reacciones químicas, en las cuales se identificarán cuál de las tres reacciones no cumple con la entropía.

- $\text{H}_2\text{O}$  (Líquido)  $\longrightarrow$   $\text{H}_2\text{O}$  (gaseoso).
- $\text{CaCO}_3$  (Sólido)  $\longrightarrow$   $\text{CaO}$  (sol.) +  $\text{CaO}_2$ (gaseoso).
- $\text{PCl}_3$ (líquido) +  $\text{Cl}_2$  (gaseoso)  $\longrightarrow$   $\text{PCl}_3$ (Sólido).

Solución:

- Una sustancia líquida con cierto grado de orden en sus moléculas pasa a un estado gaseoso más desordenado, lo cual  $\Delta S > 0$ .
- A partir de una composición sólida se genera dos sustancias, una sólida y la otra líquida, las cuales dan a conocer un desorden, donde  $\Delta S > 0$ .
- Dos sustancias, líquida y gaseosa, dan lugar a una sola sustancia sólida que muestra un orden, por lo tanto  $\Delta S < 0$ .

### 1.5 Aspectos del segundo principio

Este principio nos proporciona medios en los cuales se pueden deducir los aspectos principales que surgen en la segunda ley de la termodinámica, y son:

- La energía tiene calidad.
- Valor cuantitativo de la irreversibilidad de un proceso.
- Establecer condiciones de equilibrio.
- Determinar las mejores prestaciones teóricas de motores, ciclos y demás dispositivos.

## **Capítulo II**

### **La segunda ley de termodinámica**

#### **2.1 Enunciados de la segunda ley termodinámica.**

En la segunda ley termodinámica, se plantearon los enunciados de los científicos físicos matemáticos: Lord Kelvin; Max Planck y Rudolf Clausius; el contenido de los dos enunciados son idénticos, en los cuales, el primero se relaciona con las máquinas térmica transformación de calor en trabajo; y el segundo se base en la transformación de calor entre dos procesos térmicos bombas de calor y refrigerador.

##### **2.1.1 Enunciado de kelvin- Planck.**

Es difícil construir un dispositivo con el objetivo final de que, trabajando incesantemente en un ciclo, no cree otro impacto que la extracción de calor de un cuerpo solitario a una temperatura uniforme y el reconocimiento de una suma idéntica a la obra.

Ningún motor de calor puede ser 100% productivo, o: para que una planta de fuerza funcione, el líquido en funcionamiento debe intercambiarse con el clima. En consecuencia, ningún motor de calor puede cambiar todo el calor que recibe en red.

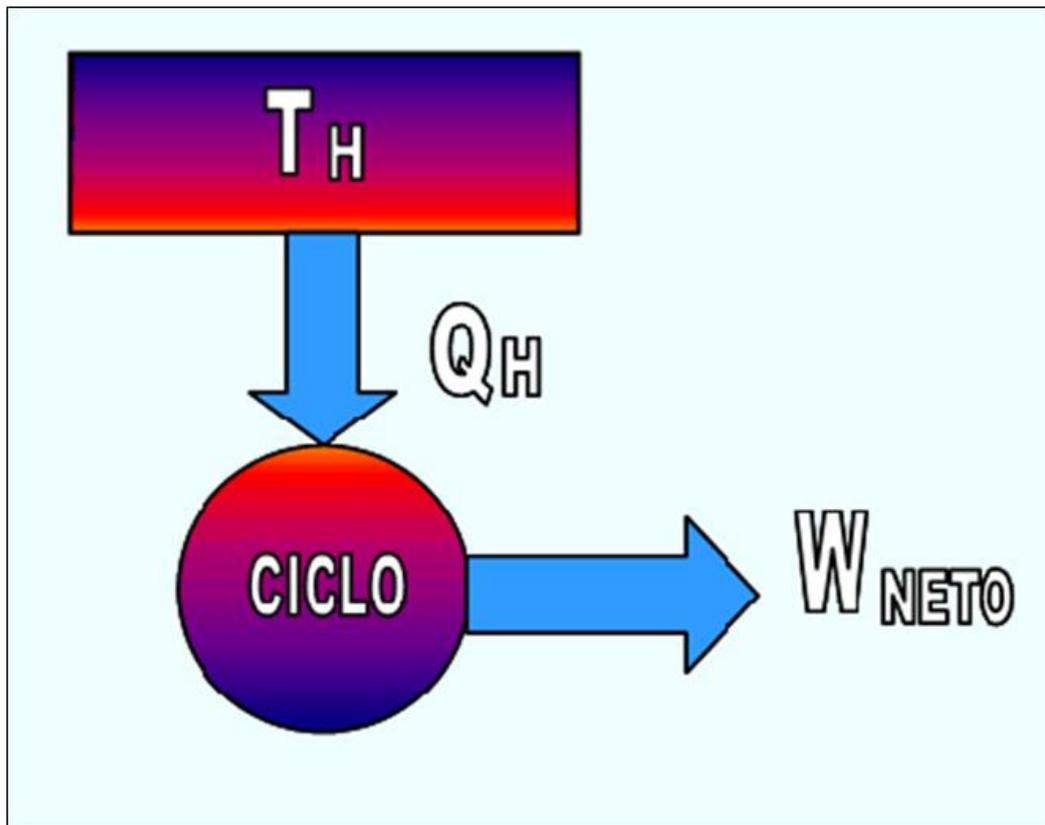


Figura 4. Ciclo de Kelvin- Planck. Fuente: Recuperado de <https://nikolasbuitragoj.wordpress.com/tercer-corte/consultas/segunda-ley-de-la-termodinámica/>

Toda máquina térmica debe expulsar cierta parte de calor que se suministra a otro sistema interior como sumidero de calor, por lo tanto, la eficiencia total de cualquier máquina siempre será menor al 100% (Estrella, 2019).

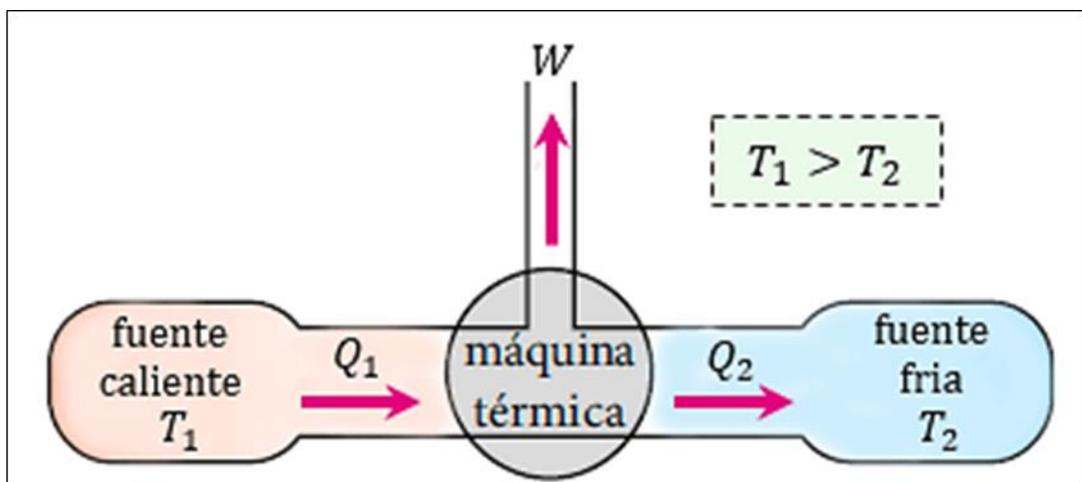


Figura 5. Máquina térmica con una eficiencia de 100%. Fuente: Recuperado de <https://nikolasbuitragoj.wordpress.com/tercer-corte/consultas/segunda-ley-de-la-termodinámica/>

En esta definición hay dos eslogans. La palabra principal es ciclo; vuelve al estado subyacente, lo que sugiere que la sustancia dinámica, el marco de funcionamiento, no cambia. Es posible lograr el cambio en el trabajo del calor asimilado de una fuente cálida solitaria, pero no en un ciclo. La siguiente consigna es cuerpo especial. Si el calor  $Q_1 + Q_2$  se intercambia con dos cuerpos, la máquina generará trabajo ( $W = Q_1 + Q_2$ ); pero esto no sugiere una infracción de la siguiente directriz, ya que, por ejemplo,  $Q_2$  podría moverse de la máquina al cuerpo 2 y, por tanto, el trabajo será  $W = Q_1 - Q_2$ . Por fin, la proclamación de Kelvin-Planck.

## 2.2 Enunciado de Rudolf Clausius (1850)

Es difícil construir un dispositivo que, trabajando constantemente, solo genere el impacto de mover el calor de un cuerpo a baja temperatura a un cuerpo a alta temperatura.

Para completar este ciclo de mover el calor de un cuerpo de virus a un cuerpo caliente, es importante utilizar un enfriador; es decir, una máquina que concentra el calor de un cuerpo de virus y lo mueve a un cuerpo caliente, cuando se realiza el trabajo en él.

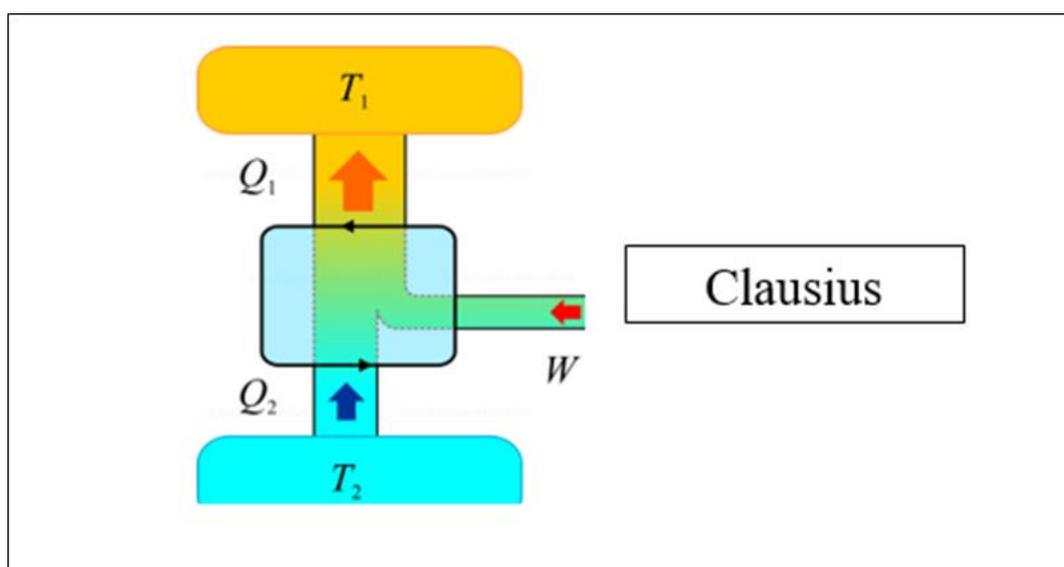


Figura 6. Enunciado de Clausius. Fuente: Recuperado de <https://www.youphysics.education/es/refrigeradores/>

El plan Clausius no evita la posibilidad de mover energía por calor de un cuerpo de virus a uno caliente, si el marco funciona como lo indica un ciclo termodinámico, su estado subyacente se restablecerá después de cada ciclo: en este sentido, el punto solitario, donde debe analizarse para buscar diferentes impactos es su circunstancia actual.

En este plan que aborda Clausius, se infiere que es difícil montar un ciclo de refrigeración que funcione sin aprovechamiento del trabajo.

Entonces, esta proclamación nos revela que un refrigerador simplemente no puede funcionar excepto si su ventilador está controlado por una fuente de fuerza, como un motor eléctrico, que acepta una posición.

En los términos más sencillos de la articulación de Clausius, el calor no puede fluir inmediatamente de un objeto de virus a uno caliente. Esta afirmación de la ley posterior restablece la dirección de la corriente de calor entre dos objetos de distintas temperaturas.

### 2.3 Equivalencia del enunciado de kelvin – Planck y Clausius

Para exhibir la comparabilidad entre las dos afirmaciones, mostraremos que, para cada una de ellas, en el caso de que una no estuviera satisfecha, la otra, naturalmente, no estaría satisfecha considerando todos los aspectos.

Ejemplo:

$A \leftrightarrow B$  (Si y sólo sí)  $A \Rightarrow B$  no  $A \Leftarrow$  no  $B$  no  $A \Rightarrow$  no  $B$

Aceptaremos que es la afirmación de Kelvin y luego que es la afirmación de Clausius.

Suponiendo que la explicación de Kelvin-Planck fuera falsa: podríamos fabricar un motor de calor que concentra el calor ( $Q_1$ ) de un cuerpo caliente y lo convierte totalmente en trabajo ( $W = Q_1$ ) en un ciclo, al que llamamos enemigo de la máquina. Kelvin.

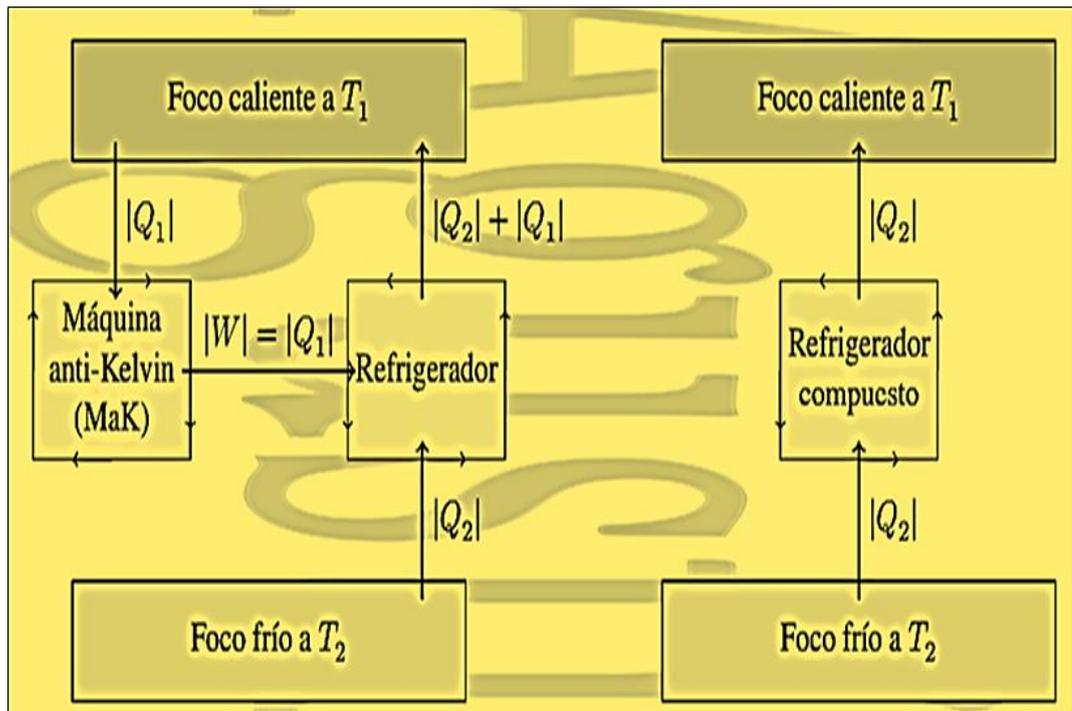


Figura 7. Máquina anti kelvin- Planck. Fuente: Recuperado de <https://www.youphysics.education/es/r-frigeradores/>

Debemos vigilar que esta máquina impulse un frigorífico y configurar los ciclos para que sea absolutamente el trabajo ( $W$ ) el que impulse el frigorífico en un ciclo. En caso de que el frigorífico elimine el calor  $Q_2$  de una fuente de virus, el calor que respeta su fuente caliente será  $|Q_2 + W = Q_2 + Q_1|$ .

En esta interacción, "la reunión se desarrollaría como una máquina compuesta que asimila un  $Q_2$  de calor de una fuente de virus y produce un  $Q_2$  de calor similar a la fuente de calor, una máquina que no sería concebible como indica la proclamación de Clausius (Domingo, 2015).

En el caso de que la proclamación de Clausius fuera falsa. Para esta situación es factible montar un frigorífico que concentre el calor  $Q_2$  de un cuerpo de virus y lo traslade a un cuerpo caliente en un ciclo sin realizar ningún trabajo en el frigorífico. Deberíamos imaginar un motor de calor que funcione entre dos fuentes de calor similares, cambiado de modo que en cada ciclo suministre una cantidad similar de calor  $Q_2$  a la bombilla fría, a

expensas de absorber un calor  $Q_1$  de la bombilla caliente. El trabajo realizado por esta máquina en cada ciclo sería  $W = Q_1 - Q_2$ .

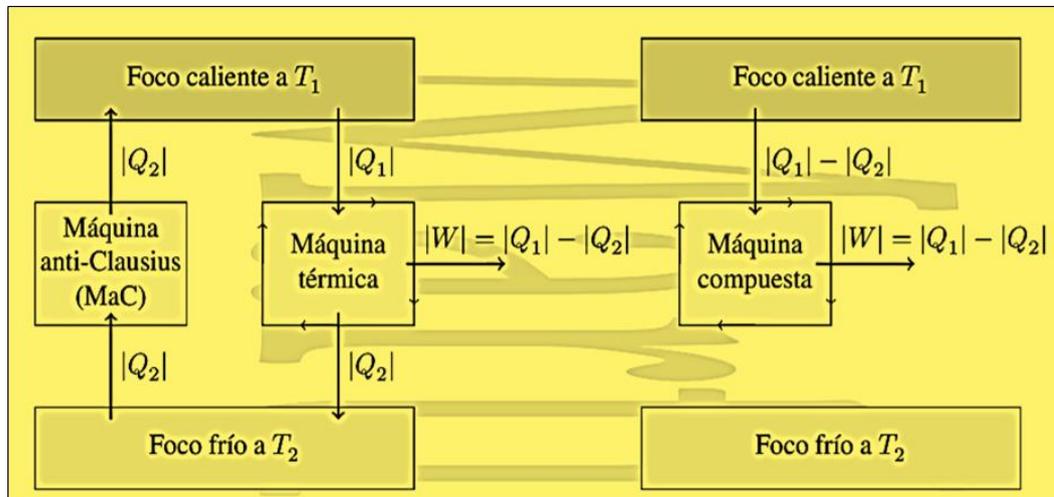


Figura 8. Máquina térmica. Fuente: Domingo, 2015

Si la explicación de Clausius fuera falsa, podríamos ensamblar una máquina que no se ajustara a la articulación Kelvin de la siguiente guía. Para ello, se combinaría una máquina enemiga de Clausius con una máquina caliente que actúe entre dos fuentes cálidas similares con su ciclo cambiado para que la medida de calor equivalente a la eliminada por la máquina contador Clausius se traslade a la fuente del virus.

Por consecuencia estos dos enunciados son equivalentes, y se puede utilizar cualquiera de las formulaciones. Si un dispositivo viola el enunciado de kelvin-Planck, también estará violando el enunciado de Clausius, ya que ambos enunciados son equivalentes. Se demuestra utilizando la ilustración 7, en la que se muestra una bomba de calor en la que no requiere trabajo y transfiere una cantidad de  $Q_2$  de un reservorio de baja temperatura a uno de mayor temperatura. Considere una cantidad de calor  $Q_1$  mayor que  $Q_2$  se transfiere de un reservorio de alta temperatura a la máquina térmica, que desarrolle un trabajo neto,  $W=Q_1 - Q_2$  y rechaza  $Q_2$  al reservorio de baja temperatura, dado que no

hay interacción térmica con la baja temperatura, se puede eliminar. El sistema combinado de la máquina térmica y la bomba de calor actúa como una máquina térmica cambiando calor con un solo reservorio, lo que es una violación del enunciado.

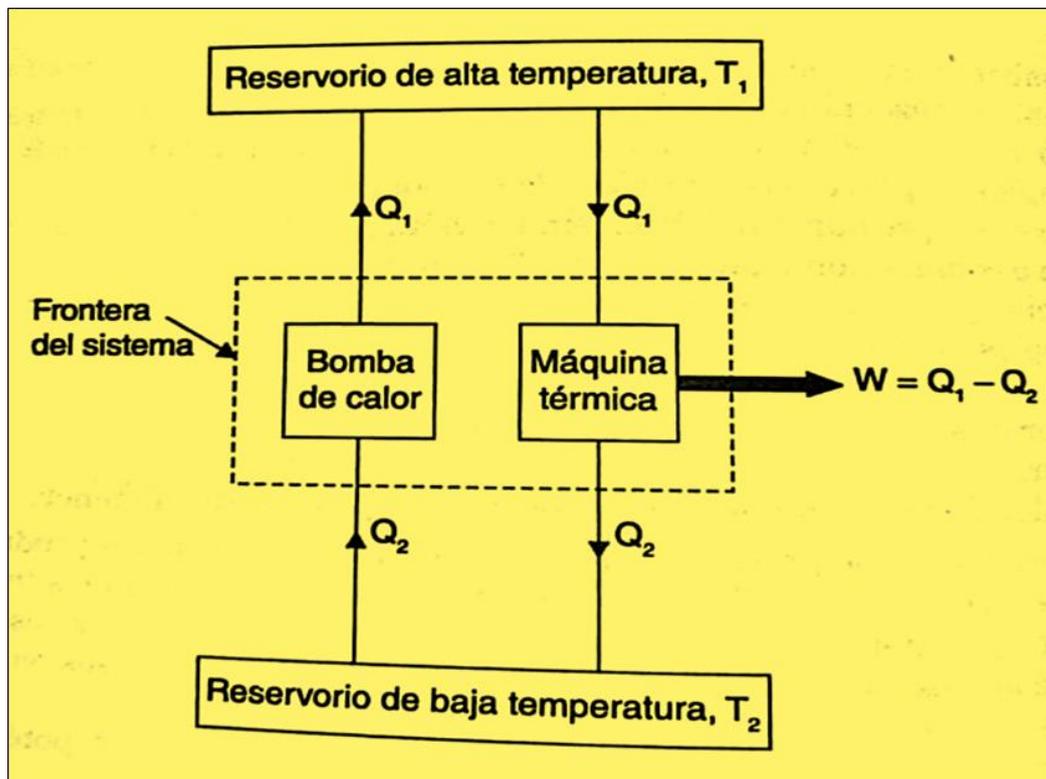


Figura 9. Equivalencia de enunciados kelvin-Planck y Clausius. Fuente: Domingo, 2015

## 2.4 Máquinas térmicas

### 2.4.1 Definición.

Un motor de calor es un marco cerrado que funciona de manera constante y produce trabajo intercambiando calor a través de sus límites (...) en términos generales, es un dispositivo que hace que una sustancia funcional pase por una interacción repetida, durante la cual el calor se consume de una fuente a alta energía (Rojas, 2015, p. 185).

El autor en esta definición explica que la máquina térmica es un sistema, en el cual se producirá trabajo intercambiando calor, como su nombre lo dice, una máquina que través de calor.



*Figura 10.* Tren de vapor. Fuente: Recuperado de <https://www.muyhistoria.es/curiosidades/preguntas-respuestas/quien-invento-la-maquina-de-vapor-58152335568>.

También describe la máquina caliente como una "estructura termodinámica que se impulsa a través de una tonelada de ciclos, y que regresa irregularmente a su estado oculto, similar a un dispositivo repetitivo (...) Hay varios modelos que son artilugios recurrentes, algunos de los cuales son plantas de fuerza eléctrica que utilizan carbón, combustible nuclear, motores eléctricos, aparatos de refrigeración mecánica y marcos de control ambiental (Rolle, 2006, p. 222).

En este ciclo, el fabricante explica el objetivo de un motor de calor entre dos fuentes. El motor de calor se ve como un dispositivo de movimiento común que implica realizar un trabajo mecánico debido al calor ingerido y transmitido por una sustancia termodinámica en funcionamiento. Si todo lo demás falla, las temperaturas de estas

bombillas cambiarán mientras el motor de calor esté funcionando. Considere, no obstante, que una máquina caliente puede funcionar entre fuentes que mantienen independientes sus temperaturas estables.

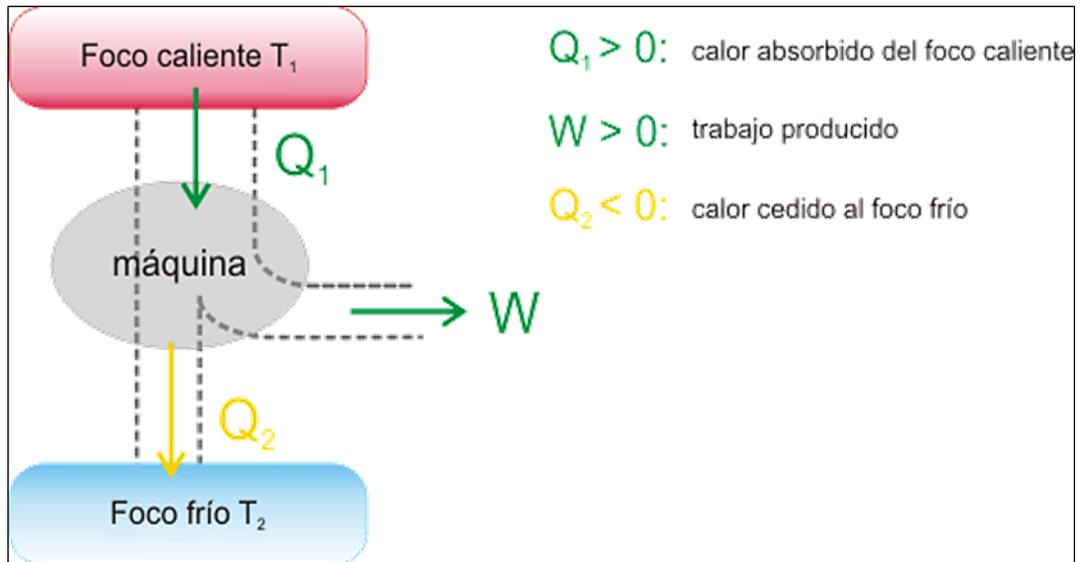


Figura 11. Proceso de una máquina térmica. Fuente: Recuperado de <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo2p/maquinas.html>

Las máquinas térmicas desde el principio han asumido un papel vital como ahorradores de fuerza humana básica, como dispositivos adecuados para equipar poderes regulares como el aire o el agua, y como dispositivos complejos equipados para cambiar ciertos tipos de energía en otros, generalmente en nuestra administración.

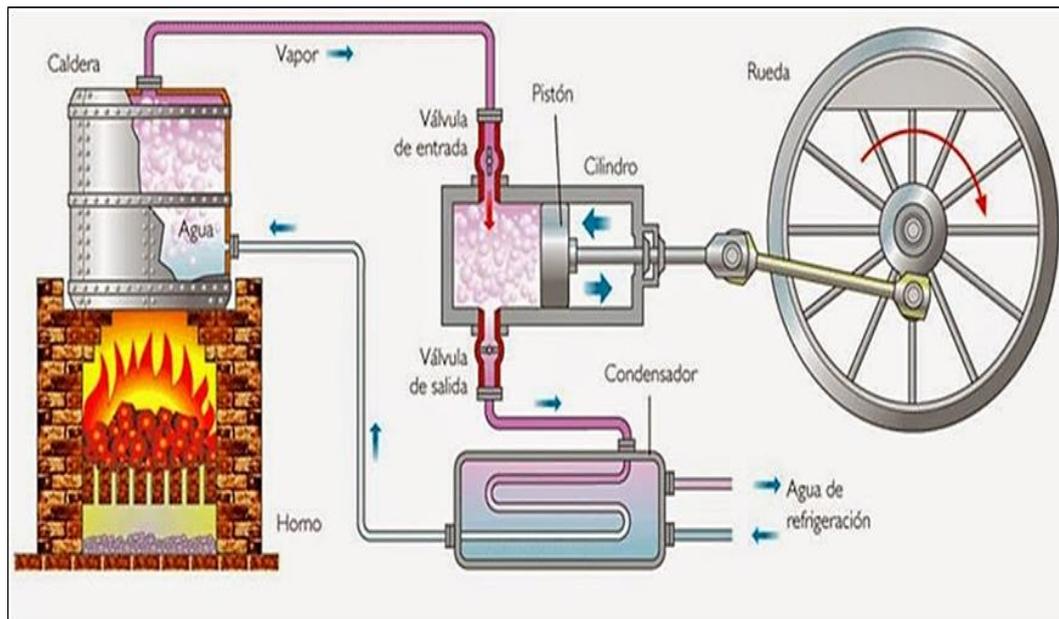


Figura 12. Ciclo de una máquina a vapor. Fuente: Recuperado de [http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/fqdmiral/FQ4ESO/FQ4ESO%20Tema%206%20Energia/81\\_mquin astrmicas.html](http://iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/fqdmiral/FQ4ESO/FQ4ESO%20Tema%206%20Energia/81_mquin astrmicas.html)

## 2.5 Proceso reversible e irreversible

El último estándar expresa que hay formas que pueden explorarse de una manera; no obstante, no al revés. Podemos cambiar completamente el trabajo para calentar: esto es lo que hace un horno que se detiene, pero no calentar en el llenado. Los modelos comunes se multiplican: si ponemos un poco de café caliente en el suelo, el café se enfría, nunca más se espuma. Para la situación en la que vertimos azúcar en agua, no podemos cambiar el plan de juego.

El segundo principio, más adelante, permite que las técnicas se llamen reversibles e irreversibles. Hay dos métodos únicos para describir la metodología reversible, comunicando una verdad comparativa, de todos modos, no se ha demostrado que sean correspondientes.

Hay algunos propósitos detrás de la irreversibilidad, mecánica, cálida, sustancia; de esta manera pueden ser externos o internos.

### 2.5.1 Proceso reversible.

El proceso reversible es un sistema que tiene la posibilidad de interactuar para el regreso a su estado inicial. Se necesitaría de absorción de energía y mucho trabajo en el proceso. En el caso de que la interacción se repita, muy bien puede ser revertida por minúsculos cambios en alguna propiedad del marco sin contratiempos ni dispersión de energía; Debido a los cambios, el marco puede considerarse muy quieto durante este ciclo, ya que este tipo de ciclo dejaría de lado un esfuerzo ilimitado por hacer, una interacción totalmente reversible es incomprensible.

Este proceso reversible cuenta con dos tipos:

- Proceso internamente reversible: cuando no hay irreversibilidades en el sistema dentro, aunque exista en los alrededores.
- Proceso externamente reversible: cuando exista irreversibilidades en el sistema, pero no en los alrededores.
- Es uno en el que, tal vez la tripa se propulsa de manera reversible, por ejemplo, ya que su temperatura cambia constantemente como ocurre con el café contenido en un frasco; sin embargo la estrategia es irreversible a la luz de que la correspondencia con la tierra es irreversible.
- Una interacción puede verse como reversible, si las progresiones en los límites termodinámicos: presión, volumen, temperatura, etc. son pequeñas hasta el punto de que puede ir en sentido contrario sin influir en las propiedades del marco.
- Por ejemplo, podemos notar una cámara, cargada con gas, cerrada por un cilindro, en la que se agregan dinámicamente granos de arena; el cambio no es importante en una escala limitada; sin embargo, para un alcance enorme, una variedad significativa de límites puede ser notado. En caso de que eliminemos grano a grano recolectado, podemos anticipar que, después de un lapso regresa al ciclo original.

### 2.5.2 Proceso irreversible.

Es un proceso irreversible a un sistema que no tiene la posibilidad de volver a su estado inicial, debido al desarrollo de un proceso que no tiene bien definidas sus variables macroscópicas.

Se dan estas irreversibilidades debidas a:

- Resistencia eléctrica.
- Mezcla de sustancias.
- Deformaciones inelásticas.
- Expansión insertica.
- Flujo viscos de un fluido.
- Reacción química espontánea.
- Fricción entre superficies sólidas.



Figura 13. Cambio físico. Fuente: Recuperado de <https://www.fullquimica.com/2014/08/cambio-fisico.html>

Cada uno de estos ciclos es importante para la experiencia regular, cubriendo una increíble variedad de ciclos físicos y sintéticos (Estrella, 2019).

Este ciclo que incluye el intercambio ilimitado de calor de un cuerpo caliente a otro

con una temperatura más baja es irreversible; además, las medidas de movimiento de calor ilimitadas en la naturaleza son irreversibles.

Los ciclos irreversibles no están en armonía, ya que el marco no está en equilibrio termodinámico en ningún momento hasta el final de la interacción. Esta palabra irreversible no infiere que el marco no esté equipado para volver a su estado subyacente, sino que está más allá del reino de la imaginación esperar regresar de la misma manera, debido a las condiciones de no armonía que existían. Todos los ciclos termodinámicos que ocurren en la naturaleza son irreversibles. Hay algunos propósitos detrás de la irreversibilidad: mecánicos, cálidos, sustanciales; por lo tanto, pueden ser externos o internos.

#### ***2.5.2.1 Irreversibilidad interna.***

El uno ocurre dentro del borde, ya que no está en equilibrio. Por ejemplo, cuando se presiona firmemente un gas, el gas cercano a la cámara tiene una carga más observable que las bombillas distantes formando una onda de sonido. A partir de ahora, el gas no está en equilibrio no hay un peso de contorno y se mueve de manera irreversible. Otro modelo sería mojar un poco de hielo en agua hirviendo, la calificación de temperatura restringida entre las piezas de una carcasa provoca irreversibilidad.

#### ***2.5.2.2 Irreversibilidad externa.***

Es aquella en la que tal vez la tripa se propulsa de forma reversible, por ejemplo, ya que su temperatura cambia progresivamente como ocurre con el café contenido en un recipiente; y sin embargo el sistema es irreversible por el hecho de que la correspondencia con la tierra es irreversible.

### ***2.5.2.3 Irreversibilidad mecánica.***

Exterior: son por la diferencia de trabajo en calor por la correspondencia de la carcasa con la tierra. El modelo más poco complejo es palpitante. Considere el avance de un lado a otro de una cámara en una cámara, recorriendo de un lado a otro. Es una estrategia recurrente que transforma el trabajo en calor. Su organización significaría la aburrida diferencia de calidez en el trabajo, que es inimaginable. Así, cualquier estrategia mecánica que incorpore contacto, es decir, todo es irreversible.

Interior: se debe a la diferencia de trabajo en el calor dentro del sistema. Podría ser solo la rejilla interior. Otro modelo es el aumento gratuito de un gas prueba de Joule. No hay trabajo ni intercambio de calidez con el filo, pero la técnica es irreversible.

### ***2.5.2.4 Irreversibilidad térmica.***

Exterior: es por el intercambio de calidez con el exterior de forma irreversible. El caso principal se debe a una diferenciación restringida de temperaturas con la tierra. Su inversión recomendaría que el calor pase del cuerpo más frío al más excitante, que maltrata la promoción Causas. Exactamente cuando el contraste de temperatura entre el borde y su condición es pequeño, puede ocurrir un desarrollo de calor reversible.

Una estrategia reversible tiene la ventaja teórica de un movimiento que, como su nombre lo propone, puede cambiar su dirección. Por lo tanto, podemos considerar un camino de A, B y un camino de B hacia A, exactamente a lo largo de una curva comparativa, de modo que,

Ejemplo:

$$W_{B-A} = -W_{A-B}; Q_{B-A} = Q_{A-B}; \Delta E_{B-A} = -\Delta E_{A-B}.$$

Con lo irreversible esto es inimaginable, ya que el cambio a irreversible no existe. En cualquier caso, podemos restablecer la carcasa a su estado oculto a través de otra estrategia y terminando un trabajo sustituto.

Un factor de presión y expansión isotérmica; si en toda la temperatura de los bordes es comparable a la natural, pueden ser reversibles, haya o no intercambio de calor.

Un factor de prensado y avance adiabático. En estos, a pesar de que existe una calificación restringida en las temperaturas con la tierra, no se comercializa calor, por lo que pueden ser reversibles.

## **2.6 Máquinas frigoríficas**

En este tipo de máquinas térmicas se obtiene una transferencia de calor entre dos recintos que están a distintas temperaturas, las cuales tienen dos tipos de máquina.

### **2.6.1 Bombas de calor y refrigeradores.**

A un enfriador se le ofrece trabajo para retener el calor de una habitación a baja temperatura y expulsar hacia otra a una temperatura más alta. Un sifón de calor es un dispositivo mecánico que se utiliza en el calentamiento a alta temperatura al obtener calor de un espacio más a una temperatura más baja. En el modo de calentamiento, un líquido que fluye ingiere calor desde una perspectiva externa y lo entrega dentro de la construcción, de acuerdo con estas líneas.

El componente que tiene una máquina frigorífica es:

- Compresor: donde el factor de presión del líquido se expande adiabáticamente. En esta interacción, la temperatura de un gas aumenta significativamente.
- Condensador: el líquido a alta temperatura pasa por un curso en el que descarga calor a un factor de presión constante.

- Regulador o válvula de extensión: es un estrechamiento que mantiene el líquido bajo tensión.
- Evaporador: en este último ciclo el líquido se entrega en este componente, donde se extiende a factor de presión constante, reteniendo el calor.



Figura 14. Esquema frigorífico. Fuente: Recuperado de <https://www.tecnologia-industrial.es/tecnologiaindustrial/maquinas-frigorificas/>

La productividad de un sifón de calor se representa en términos matemáticos denominados coeficiente de ejecución, (CR), que se caracteriza como la proporción del calor trasladado a la fuente y el trabajo realizado para mover ese calor, en la estructura:

Ejemplo:

$$CR = \frac{\text{Calor transferido}}{\text{trabajo realizado}} = \frac{Q_c}{W_{\text{ciclo}}} \quad CR = \frac{T_H}{T_H - T_B} \quad T_H = \text{Temperatura alta}$$

$T_B = \text{Temperatura baja}$

Por lo tanto, el coeficiente de refrigeración es:

$$CR = \frac{Q_{agr}}{-W_{\text{ciclo}}} \quad \dots \quad (3)$$

Para la bomba de Carnot.  $CR = \frac{T_B}{T_H - T_B} \quad \dots \quad (4)$

Para el calor rechazado se tendrá la fórmula de:

$$Q_{rech} = W_{ciclo} - Q_{agreg}$$

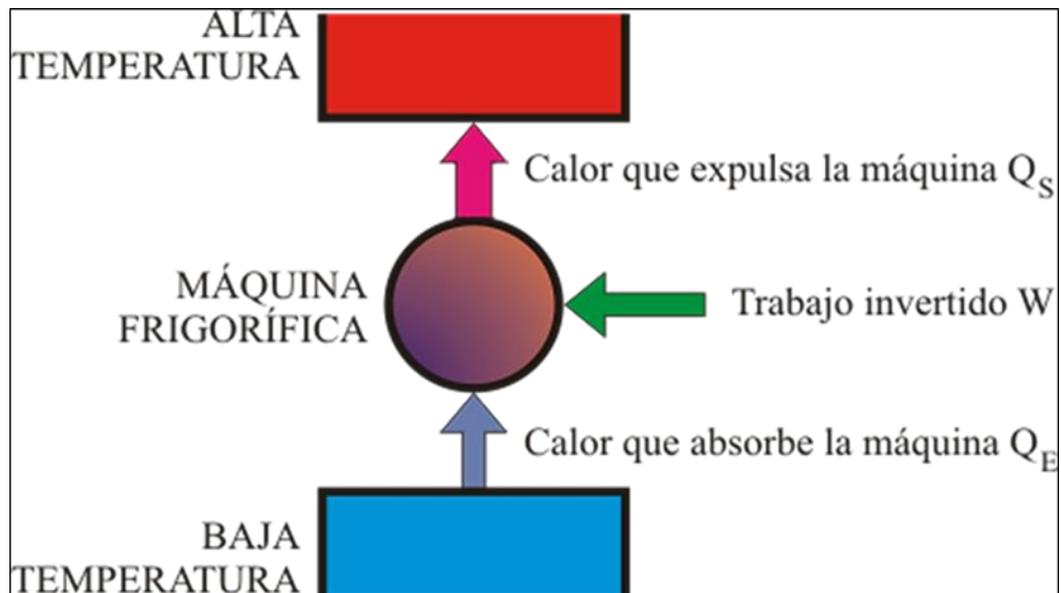


Figura 15. Máquina frigorífica. Fuente: Recuperado de <https://sites.google.com/site/tecnovictor93j/>

Una de las unidades básicas en el marco inglés para representar el límite de refrigeración por sífon de calor como un sistema de aire forzado o un enfriador es la enorme carga de refrigeración. Este tipo de máquina depende de ofrecer trabajo para extraer el calor de una fuente que está a baja temperatura y eliminarlo en un clima con una temperatura más alta. La presentación de estas máquinas es consistentemente la conexión entre lo que se obtiene calor y el trabajo que se gasta.

### 2.6.2 Aplicación de ejercicio.

Una habitación debe mantenerse a  $25^\circ\text{C}$ , cuando la temperatura del aire es de  $50^\circ\text{C}$  en caso de que la habitación requiera un sistema de control de clima de dos toneladas, calcule la medida base de fuerza requerida y las medidas base de calor que necesita. se liberan al clima debido a esta actividad.

Tomaremos nota de que el mejor artilugio concebible para enfriar sería un motor Carnot reversible. Según la condición, el coeficiente de enfriamiento de esta máquina es:

Solución:

A valores de temperatura se sumará 273 para convertir en kelvin:

Ejemplo:

$$CR. = \frac{25^{\circ}C + 273 K}{(50^{\circ}C + 273 K) - (25^{\circ}C + 273 K)}$$

$$CR. = 11.9$$

Entonces como el calor agregado  $Q_{agreg}$  es el dato de 2 toneladas (7.0196kw), podemos escribir la ecuación (3).

$$CR. = \frac{Q_{agreg}}{-W_{ciclo}} \quad \text{reemplazando} \quad 11.9 = \frac{Q_{agreg}}{-W_{ciclo}}$$

De donde obtendremos

$$W_{ciclo} = \frac{-7.0196}{11.9} = -0.5899 \text{ kw}$$

Recuerde que  $0.746 \text{ kw} = 1.0 \text{ hp}$ , entonces este resultado se convierte a

$$W_{ciclo} = -0.79 \text{ hp}$$

La cantidad de calor que sale a los alrededores no es más que el calor rechazado, se utilizará la ecuación.

$$Q_{rech} = W_{ciclo} - Q_{agreg}$$

Sustituyendo los valores en esta ecuación, quedará:

$$Q_{rech} = -0.5899 \text{ kw} - 7.0196 \text{ kw}$$

$$= -7.6095 \text{ kw.}$$

Es fascinante que la habitación se enfríe durante un tiempo específico, el impacto neto de un sistema de aire forzado o algún otro sifón de calor aumenta la temperatura de los factores ambientales o del universo, que incorpora la habitación real. Existe un interés creciente en el uso del sifón de calor como calentador. La capacidad de este instrumento

para mover el calor de un distrito frío a uno más caliente aborda un rasgo vital del calentamiento (Rolle, 2006).

## Capítulo III

### Ciclo de Carnot

#### 3.1 Antecedentes del ciclo de Carnot

Hacia principios del siglo XIX, cuando los motores de vapor aún estaban en sus primeras fases de mejora, hubo un interés increíble en expandir su competencia. Este ciclo de Carnot surgió originalmente con una interacción reversible, en el año 1824, con el arquitecto francés Nicholas Leonard Sadi Carnot, del que se dio a conocer a través de un artículo difundido sobre la obtención de trabajos mecánicos a partir de fuentes de calor.

En el año 1824, Sadi Carnot introdujo una composición sobre termodinámica, donde imaginaba un ciclo conformado por cuatro ciclos extraordinarios. A partir de ese momento la máquina trabajaría con este ciclo, se la conoce como la máquina de Carnot. y el ciclo se conoce como el ciclo de Carnot, que los cuatro ciclos estructuran este ciclo.

El ciclo de Carnot es un proceso termodinámico que produce trabajo neto sobre el exterior al tomar calor de una fuente caliente y luego ceder calor a una fuente fría (Rolle, 2006).

El proceso de cómo se genera este ciclo utilizando un cilindro de un motor. la cabeza de un cilindro en un motor es alternativamente un conductor perfecto o aislante perfecto de calor. El calor hace fluir en el cilindro por la aplicación de una fuente de

energía de alta temperatura hacia la cabeza del cilindro a una expansión y que fluya del cilindro a una energía de menor temperatura hacia la cabeza durante la compresión.

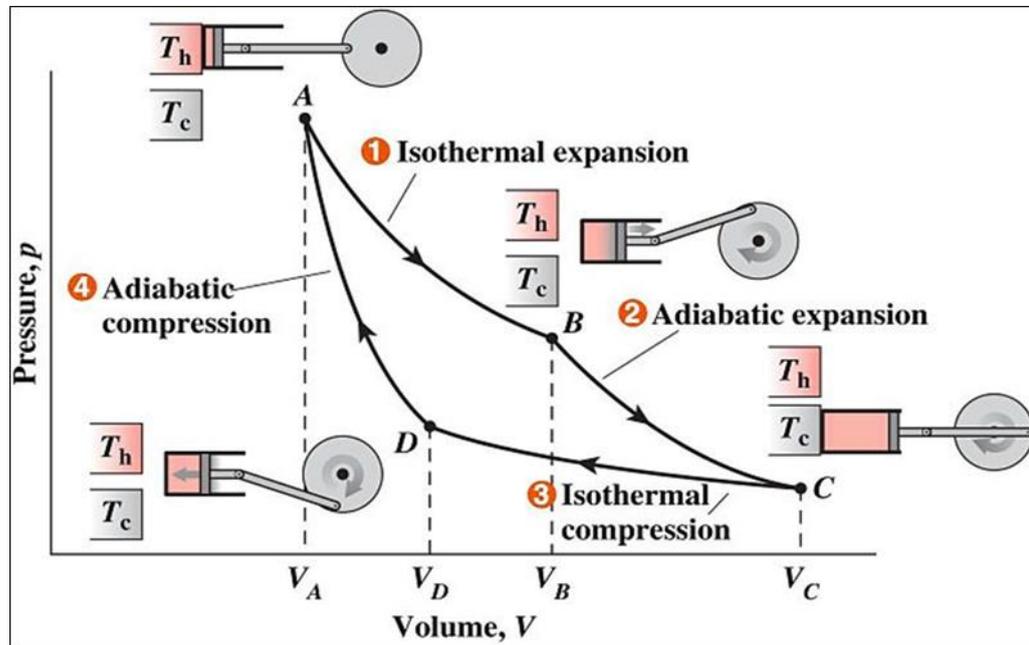


Figura 16. Ciclo de cilindro de motor. Fuente: Recuperado de <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/07/ciclo-de-carnot.html>

Posteriormente, la determinación es que un motor de calor es más efectivo, cuando, desde una perspectiva, los intercambios de calor se realizan constantemente entre cuerpos a temperaturas cercanas, limitando la progresión irreversible del calor que no genera trabajo y cuando, en diferentes medidas, son casi tan irreversibles como podría esperarse. Carnot planeó un motor de calor ideal crítico, el motor de Carnot, que funciona como lo indica el supuesto ciclo de Carnot.

En un proceso reversible el ciclo de Carnot consta de etapas, las cuales son:

- El gas se extiende isotérmicamente a una temperatura  $T_1$  o  $T_H$ , reteniendo el calor  $Q_H$  (AB).
- El gas crece adiabáticamente hasta que su temperatura desciende a  $T_C$  (BC). En este ciclo ofrecemos calor al aire en la cámara, manteniendo la temperatura constante

equivalente a la de la fuente a alta temperatura. Esto provoca una expansión en el volumen y el factor de presión, por lo que todo el calor movido se convierte en trabajo.

- El gas se empaqueta isotérmicamente a  $T_C$ , expulsando calor (CD). En el ciclo BC se permite un desarrollo adiabático sin intercambio de calor con el exterior, para bajar la temperatura y a costa de perder presión.
- El gas se compacta adiabáticamente a su estado subyacente a la temperatura  $T_H$  (DA). La estructura se pone en contacto con la fuente de calor a baja temperatura y el gas comienza a acumularse; pero no aumenta su temperatura, ya que progresivamente mueve el calor a la fuente del virus.
- Finalmente, en esta interacción DA, el marco se mantiene desacoplado térmicamente mientras se empaqueta, a lo largo de estas líneas expandiendo su temperatura al estado subyacente. Los incrementos de energía interior y la calidez es cero, lo que indica que se creó una tarea en el marco.

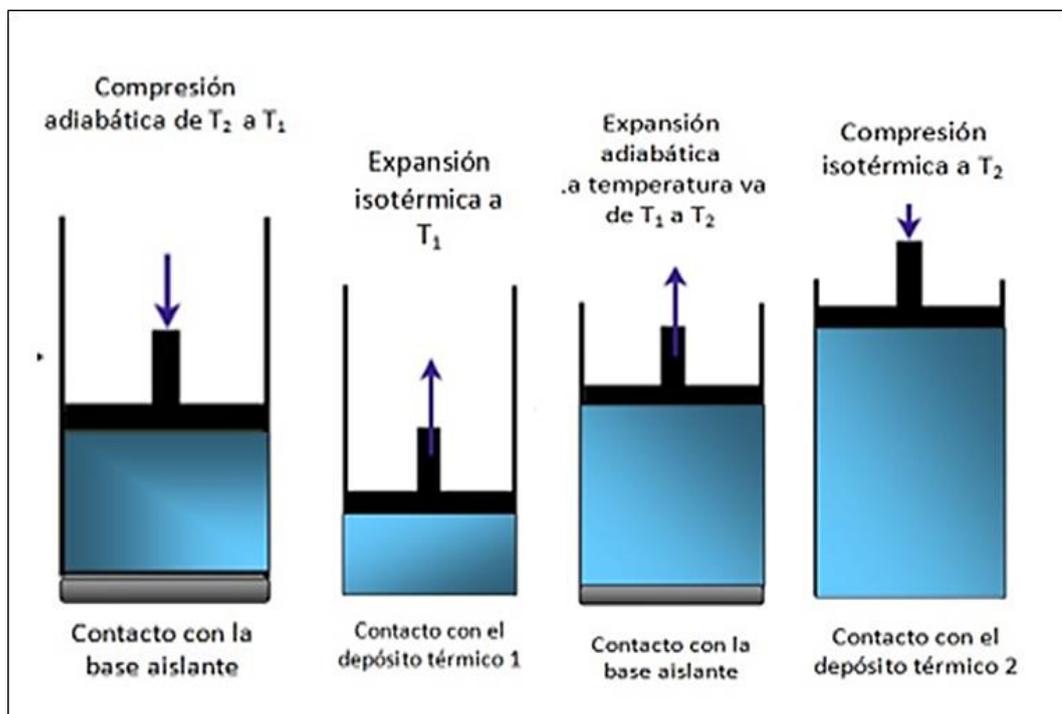


Figura 17. Proceso reversible de Carnot. Fuente: Recuperado de <https://www.lifeder.com/ciclo/de-Carnot>

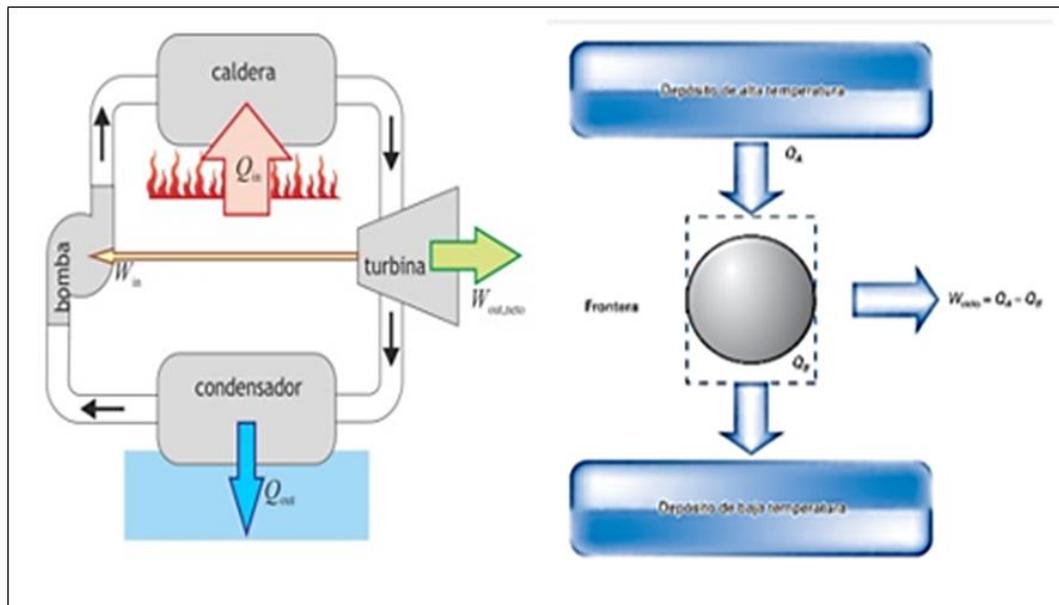


Figura 18. Ciclo de Carnot de una bomba de agua. Fuente: Recuperado de [https://www.lifeder.com/ciclo/de Carnot](https://www.lifeder.com/ciclo/de-Carnot)

$$\text{La eficiencia del ciclo es: } n = \frac{W_{\text{ciclo}}}{Q_A} = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

El marco que ejecuta un ciclo de fuerza se encuentra entre dos tanques. En la figura adjunta, los creadores aclaran la competencia cálida del ciclo "QA es la medida de energía obtenida por el marco donde el almacén de alta temperatura y QB es la medida de energía eliminada por el marco en el almacén de baja temperatura por movimiento de calor. En consecuencia, si el calor B fuera equivalente a nada, el marco extraería la energía como calor del suministro de alta temperatura QA y, en su mayor parte, la convertiría en trabajo durante todo el ciclo. Por lo tanto, la eficacia cálida del ciclo sería del 100%; sin embargo, este resultado ignoraría la segunda ley termodinámica, a la luz del hecho de que una actividad motora del calor está más allá del ámbito de la imaginación.

### 3.2 Principio de Carnot

Este principio se fundamenta en dos enunciados principalmente:

- La  $n$  eficiencia térmica teórica de una máquina térmica irreversible es menor que la  $n$  eficiencia térmica teórica de máquina totalmente reversible.

- La  $n(th)$  eficiencia térmica teórica de dos máquinas térmicas totalmente reversibles que funcionan entre los mismos depósitos de calor son iguales.

Toda máquina es menor a 100%. En este principio de Carnot permite encontrar una expresión para dar con la máxima eficiencia térmica de cualquier máquina térmica.

$$n(th) = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{entrada}}} = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

Con la fórmula se puede calcular la eficiencia térmica de una máquina; pero la máxima eficiencia térmica en función a las temperaturas de los dispositivos se calcula con la siguiente:

$$\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{T_B}{T_A}$$

$$n(th) - \text{carnot} = 1 - \frac{T_B}{T_A}$$

### 3.3 Teorema de Carnot

La hipótesis de Carnot es una afirmación de la segunda regla de la termodinámica, que viene a planificarse a partir del examen de la máquina reversible e irreversible.

Ninguna máquina que funcione entre dos fuentes cálidas similares puede ser más productiva que una máquina Carnot que funcione entre fuentes cálidas similares.

El creador aclara la efectividad de la máquina caliente reversible y que ninguna otra máquina puede llegar a ese punto, lo que plantea el acompañamiento: "Se acumula que todas las máquinas calientes que trabajan entre una fuente de temperatura constante dada y un disipador de temperatura constante dado, ninguna productividad es más prominente que la de un motor de calor reversible. Deduciendo eso, la presentación de una máquina caliente que trabaja entre dos fuentes no puede ser más alta que la de una máquina reversible que trabaja entre fuentes similares. En consecuencia, se introduce la definición adjunta.

Ejemplo:

$$.n \text{ maq.} \leq n \text{ irreve}$$

Consideremos dos máquinas térmicas,  $R^1$  y  $R^2$ , que desarrollan en dos ciclos de Carnot entre un foco caliente a  $T_c$  (caliente) y un foco frío a  $T_f$ , cuando ambas máquinas sean de distintos tamaños y naturaleza, siempre puede hallarse un par de números enteros de ciclos  $N_1, N_2$ . Tales que en ciclo formado por  $N_1$  ciclos de la máquina  $R$ , se produzca el mismo trabajo que en el formado por  $N_2$  ciclos de  $R_2$ . Por lo tanto, sea  $Q_C, Q_F, W$  y  $Q_{2C}, Q_{2F}, W_2$ . Los calores y trabajos vistos desde las máquinas  $R$  y  $R_2$  para dichos compuestos  $W = W_2$ .

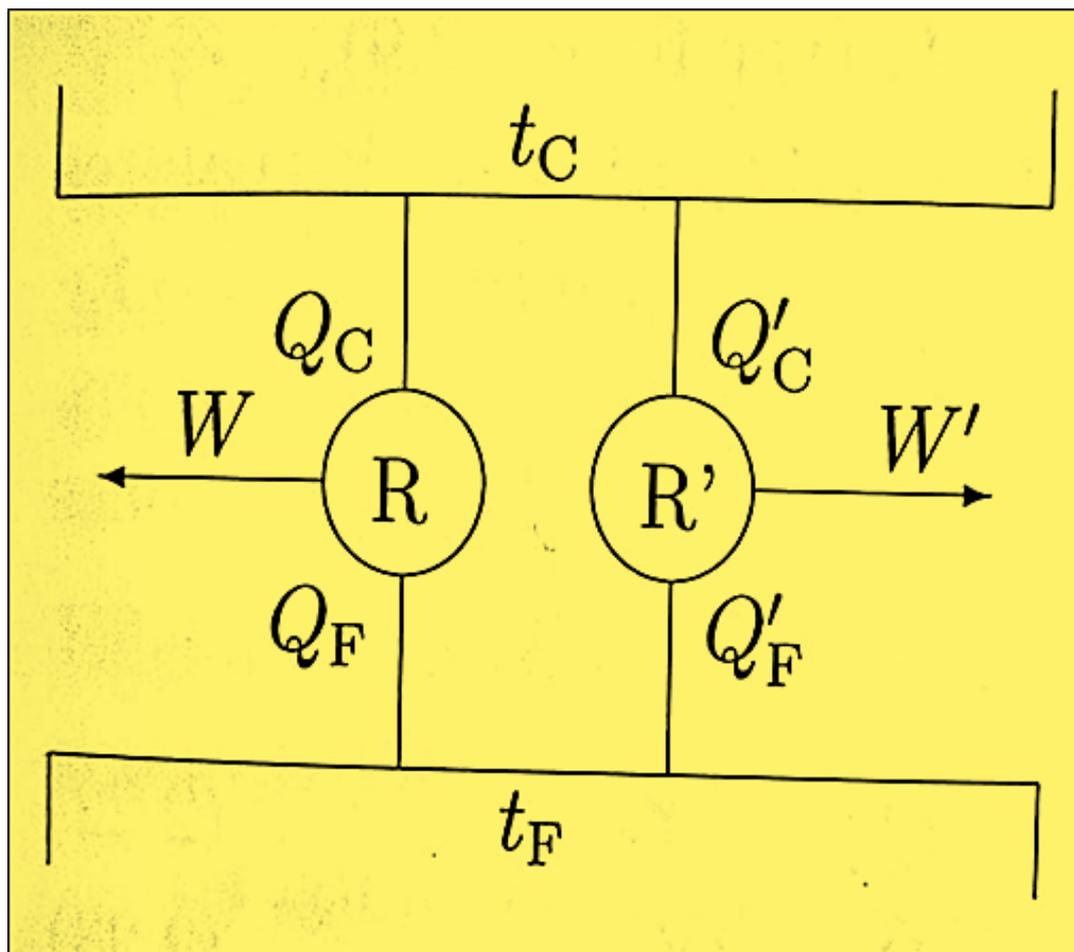


Figura 19. Teorema de Carnot. Fuente: Nieto, 2014

En la remota posibilidad de que la máquina R1 funcionara al revés, los calentamientos y ocupaciones intercambiados por ella, tendrían un valor supremo similar y un signo inverso al del sentido inmediato, debido al estado de la interacción terapéutica. Posteriormente, la red del conjunto sería inválida. Completando la utilización del estándar principal y la hipótesis de Clausius.

Ejemplo:

$$-Q_C + Q_{2C} = Q_F - Q_{2F} \leq 0$$

Al hacer que R funcione de manera inmediata y R2 de manera opuesta, cada una de las cualidades supremas del calentamiento y el trabajo continúan como antes sobre la base de que las dos máquinas son reversibles; sin embargo, con los signos cambiados.

$$Q_C - Q_{2C} = Q_F + Q_{2F} \leq 0$$

Para ser compatibles con la anterior, exige que:  $Q_C = Q_{2C}$ ;  $Q_F = Q_{2F}$

$$\text{Entonces: } \frac{Q_C}{Q_F} = \frac{Q_{2C}}{Q_{2F}}$$

Por lo tanto, la proporción de calor en cada máquina que ejecuta un ciclo reversible está libre de su propia marca registrada, y depende solo de lo que comparten para todos los efectos, que son las isothermas caracterizadas por sus focos de temperatura  $T_C$  y  $T_F$ .

$$Q_C / Q_F = T (T_C, T_F).$$

El rendimiento térmico del ciclo será:

$$n = \frac{W}{Q_C} = \frac{Q_C + Q_F}{Q_C} = 1 + T^{-1}$$

Esta fórmula nos permite concluir que todos los ciclos de Carnot que trabajan entre los mismos focos tienen igual rendimiento.

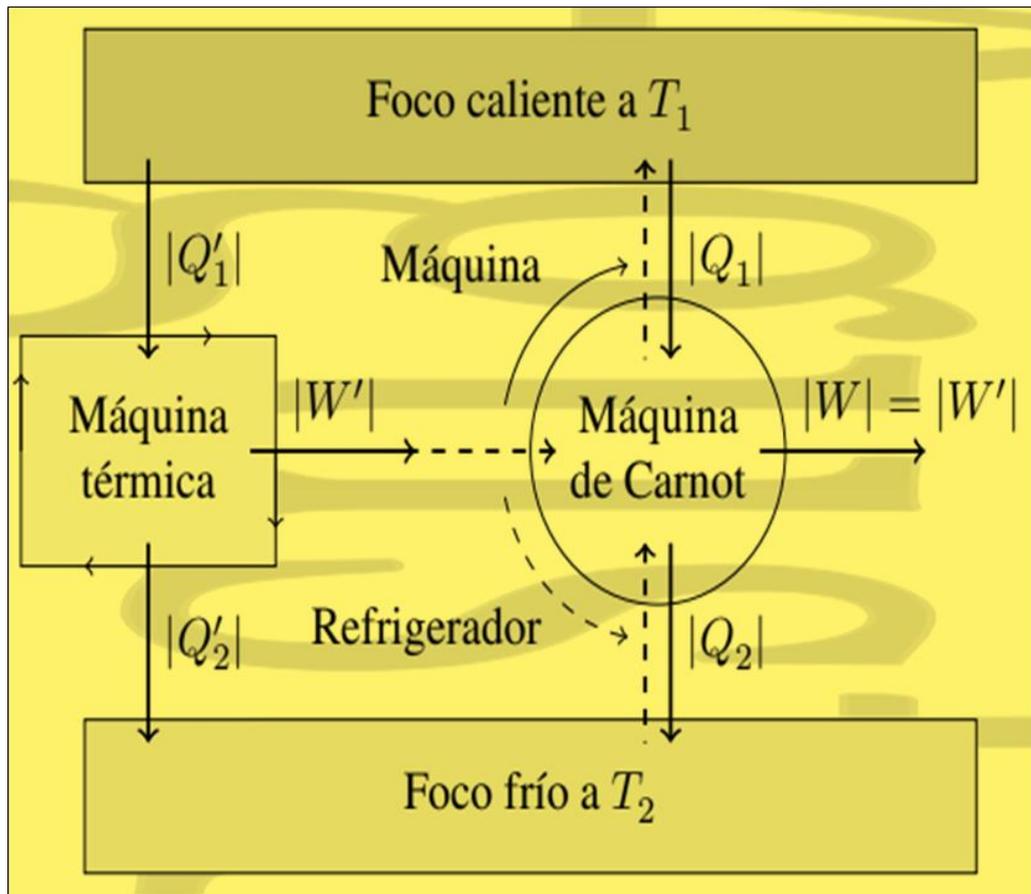


Figura 20. Máquina antiplanck. Fuente: Domingo, 2015

Figura: evidencia de la hipótesis de Carnot. Como el motor de Carnot es una máquina reversible (puede funcionar como motor de calor o como frigorífico), si hubiera un motor de calor cuya exposición fuera más prominente que la del motor de Carnot trabajando entre dos cuerpos similares, con uno de los dos cojinetes de trabajo de la máquina Carnot y la máquina compuesta no cumplirían.

### 3.4 Colorario del teorema de Carnot

La eficiencia de todas las máquinas reversibles funcionando entre los mismos reservorios térmicos son iguales, la eficiencia de una máquina reversible es independiente de la naturaleza o cantidad de la sustancia de trabajo experimentado en el ciclo.

$$N_A = N_B$$

### 3.4.1 Primer colorario.

Es imposible construir una máquina que funcione entre dos depósitos térmicos, con temperaturas distintas y uniformes, que supere la eficiencia de una máquina reversible ideal que opere entre tales depósitos.

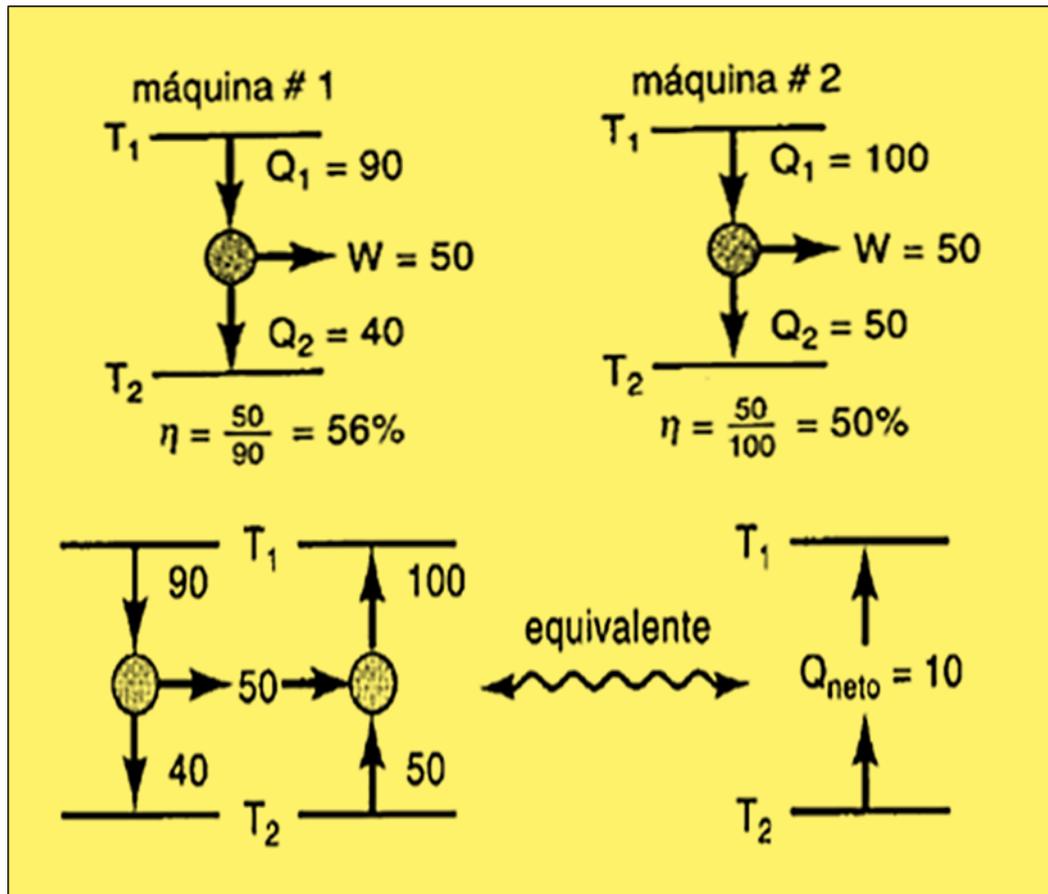


Figura 21. Máquina primer colorario. Fuente: Recuperado de <https://miguelhadzich.com/wp-content/uploads/2012/10/Libro-Termodinamica-Cap-11-Segunda-Ley-Hadzich.pdf>

### 3.4.2 Segundo colorario.

Todas las máquinas reversibles presentarán la misma eficiencia cuando operen entre los mismos dos depósitos térmicos de temperaturas constantes.

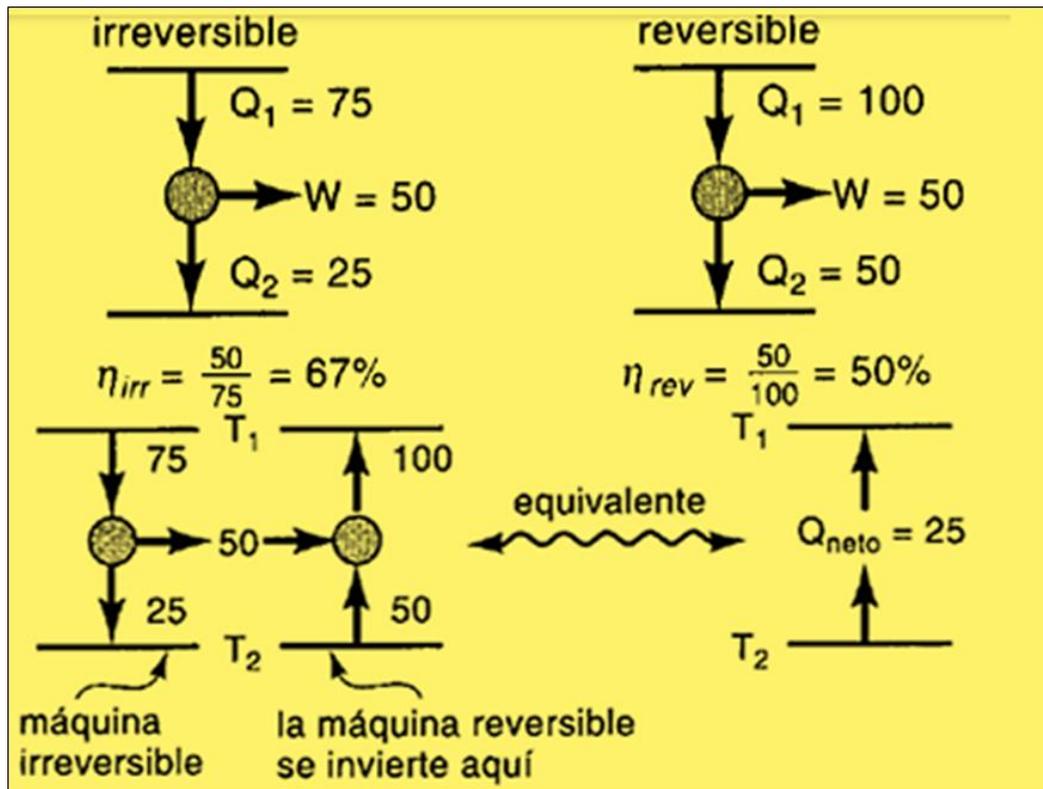


Figura 22. Máquina segundo colorario. Fuente: Recuperado de <https://miguelhadzich.com/wp-content/uploads/2012/10/Libro-Termodinamica-Cap-11-Segunda-Ley-Hadzich.pdf>.

### 3.5 La eficiencia de la máquina de Carnot

Es la máxima que se puede obtener en cualquier otra máquina. Para llegar a esta eficiencia se requiere que el proceso sea reversible, que se sumerja en un sistema perfectamente adiabático en dos fases del proceso y que la mayor cantidad de calor se transforme en trabajo. Ninguna de estas condiciones se puede cumplir en el mundo real.

La eficacia de cualquier motor de calor que funcione entre determinadas temperaturas nunca podrá superar la eficacia de un motor de Carnot.

Todas las máquinas de Carnot que trabajan entre dos temperaturas similares tienen una eficacia similar, prestando poca atención a la idea de la sustancia de trabajo.

Ningún refrigerador puede tener un coeficiente de ejecución más alto que un refrigerador Carnot que trabaja entre dos temperaturas similares.

El creador aclara que el trabajo neto es equivalente al calor neto trasladado al marco,  $Q_c - Q_f$ , ya que el cambio de energía hacia adentro es cero. Además, la cálida efectividad de una máquina viene dada por la condición que la acompaña:

La eficiencia de una máquina térmica se estima por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Se demostró que, para el ciclo de Carnot, la razón de los calores es igual:

$$\frac{Q_2}{Q_1} \text{ o } \frac{Q_f}{Q_c} \text{ es: } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Por lo tanto, la eficiencia de una máquina de Carnot ( $E_c$ ), está dada por la expresión:

$$e_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Como indica el resultado, todas las máquinas de Carnot que funcionan entre las dos temperaturas de forma reversible tienen una competencia similar. Desde el ciclo de Carnot, la productividad de cualquier máquina reversible que trabaja en un ciclo entre dos temperaturas es más notable que la competencia de cualquier máquina irreversible (genuina) que trabaja entre dos temperaturas similares.

Como lo indica el resultado, la productividad es cero si  $T_c = T_f$ . La eficacia aumenta a medida que disminuye la  $T_f$  (temperatura fría) y aumenta el  $T_c$ . La efectividad debe ser superior al 100% si  $T_f = 0$ . No es apropiado ni concebible tener una fuente de virus con esa temperatura, por lo que la productividad en todos los casos no es tanto como la solidaria.

En la mayoría de los casos, la fuente del virus está a temperatura ambiente. En consecuencia, se hace un esfuerzo para expandir la competencia a la temperatura de la fuente cálida. Todas las máquinas genuinas son menos productivas que una máquina

Carnot, ya que constantemente se presentan desafíos útiles, por ejemplo, la erosión y las desgracias del calor conductor.

### 3.6 Eficiencia de un refrigerador

Los frigoríficos o refrigeradores son máquinas calientes en las que el marco de desarrollo vuelve a su estado subyacente después de que se ha trabajado en ellos, se ha retenido un calor  $Q_2$  de una fuente de virus a una temperatura  $T_2$  y un calor  $Q_1$  se ha movido a una bombilla caliente a una temperatura  $T_1$  como se muestra en la figura. El trabajo realizado en el marco es:  $Q_1$  (entrada de calor);  $Q_2$  (salida de calor);  $W$  (trabajo conseguido).

Ejemplo:

$$Q_1 - Q_2 = W$$

Se define la eficiencia de un refrigerador como:

$$n \text{ (rf)} = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Una máquina de refrigeración de Carnot sigue un ciclo de Carnot similar, pero funciona en sentido contrario al del motor de calor, logrando un trabajo neto en el marco.

Las fases de esta interacción son las siguientes:

Presión adiabática del músculo abdominal:

Presión isotérmica BC a una temperatura  $T_1$  con una reunión de calor  $Q_1$  del área problemática.

Extensión del álbum adiabático; Mejora isotérmica de DA a una temperatura  $T_2$  con absorción de un calor  $Q_2$  de la fuente de infección Como para un ciclo de Carnot reversible  $Q_1 / T_1 = Q_2 / (T_1 - T_2)$ , la productividad de un refrigerador que funciona según un patrón de Carnot invertido es:  $n = T_2 / (T_1 - T_2)$

Esta productividad del frigorífico Carnot suele ser más prominente que la solidaridad, ya que con frecuencia  $T_2 > T_1 - T_2$ , ya que esta competencia no se caracteriza de manera similar a la presentación del motor Carnot.

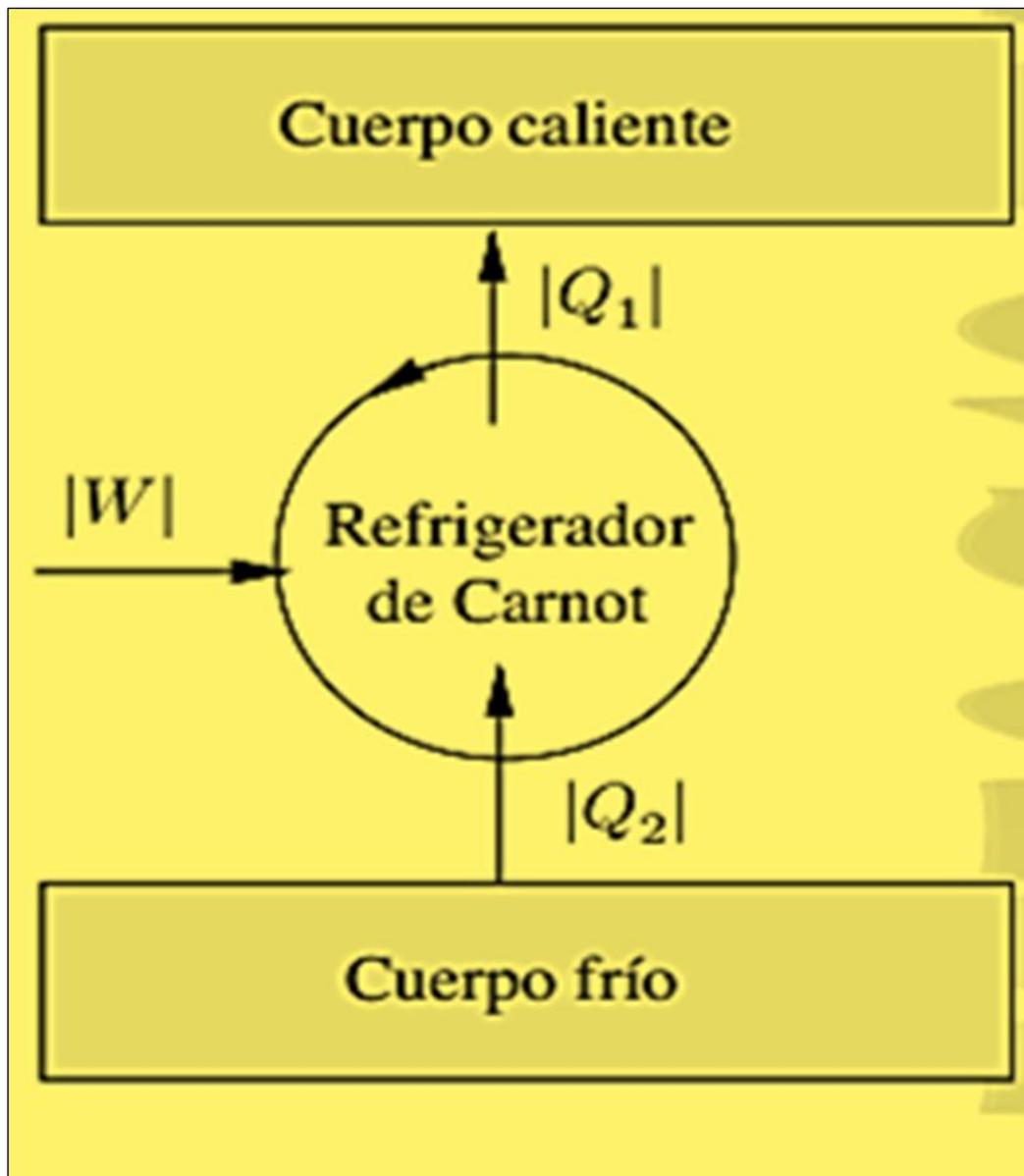


Figura 23. Máquina de Carnot refrigerador. Fuente: Domingo, 2015

### 3.7 Aplicaciones a problemas

Problema 1: un motor de vapor tiene un evaporador que funciona a  $500\text{K}$ . El calor convierte el agua en vapor, que mueve un cilindro. La temperatura de escape convierte el

agua en vapor, lo que mueve un cilindro. La temperatura de escape es la del aire exterior, 300k. Determine la cálida productividad de este motor de vapor.

Solución:

La fórmula de eficiencia térmica de estas dos temperaturas pertenece a la de Carnot.

$$ec = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$ec = 1 - \frac{300}{500} = 0,4$$

Interpretando: la eficiencia térmica de una máquina es un 40%

Problema 2:

Una máquina térmica realiza un trabajo en cada ciclo de 1000 J. su fuente de energía se encuentra a 1000 KJ y la fuente fría está a 25°C. Calcula la eficiencia de la máquina y el calor que se disipa en la fuente fría, considerando que  $T_1 = 227^\circ\text{C}$ .

Respuesta:

Datos:

$$W = 1000\text{J}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273 = 298\text{K.}$$

$$T_2 = 227^\circ\text{C} + 273 = 500\text{K.}$$

Utilizando la fórmula de:  $n = \frac{W}{Q_2}$

$$\text{Tenemos que: } n = \frac{T_2 - T_1}{T_2} * 100$$

$$n = \frac{500\text{K} - 298\text{K}}{500\text{K}} * 100\%$$

$$n = 0.403 = 40.38\% \text{ (Eficiencia de la máquina)}$$

Despejando:

$$Q_2 = \frac{W}{n} = \frac{1000\text{J}}{0.403} = 2481.389\text{J}$$

Por lo tanto:

$$W = Q_1 - Q_2$$

Despejando trabajo (W):

$$Q_1 = Q_2 - W$$

$$Q_1 = 2481,389J - 1000J$$

$$Q_1 = 1481,389J$$

Problema 2. Una máquina térmica reversible recibe 1200KJ de calor de un depósito a 800K y expulsa calor a otro depósito a 280K. Determinar.

- La eficiencia térmica.
- El trabajo neto producido (KJ).
- El calor expulsado  $Q_B$  (KJ).

Datos:

$$Q_B = 1200KJ$$

$$T_A = 800$$

$$T_B = 280K$$

Solución:

$$n(\text{temperatura} - \text{carnot}) = 1 - \frac{T_B}{T_A} = 1 - \frac{280}{800} = 0,65 = 65\%$$

$$n(\text{th}) = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{entrada}}}$$

$$W_{\text{neto}} = n(\text{th}) * Q_{\text{entrada}}$$

$$W_{\text{neto}} = 0,65 * 1200KJ = 780KJ$$

$$W_{\text{neto}} = Q_1 - Q_2$$

$$Q_2 = Q_1 - W_{\text{neto}}$$

Reemplazando:

$$Q_2 = 1200KJ - 780KJ = 420K.$$

Ejercicios de entropía en una composición química; se conocen las entropías molares estándar del H<sub>2</sub>O (gas) y H<sub>2</sub>O (líquido) que son respectivamente 188,7jul/Kmol y 70jul/Kmol. Calcule la variación de entropía que tiene lugar durante la evaporación de H<sub>2</sub>O en condiciones estándar y comente el resultado.

Solución:

El agua se evapora según H<sub>2</sub>O (líquido)  $\longrightarrow$  H<sub>2</sub>O (gaseoso)

La variación de entropía en este proceso en condiciones estándar, se calcula como:

$\Delta S = (\sum S)_{\text{prod}} - (\sum S)_{\text{resct}}$  es decir:

$$\Delta S = 188.7 - 70 = 118.7 \text{ jul/Kmol}$$

Por lo tanto, la evaporación del agua se produce con un aumento del desorden como muestra el signo positivo de  $\Delta S$ , lo que concuerda con el hecho de que el estado gaseoso es, claramente, más desordenado que el estado líquido.

## Aplicación didáctica

### I. Datos informativos

Institución educativa	: Federico Freobel
Duración	: 2 horas
Área	: Ciencia, tecnología y Ambiente
Fechas	: 19 marzo 2021
Grado y sección	: 3ro
Docente	: Kattia Lagos Quispe
Título de la sesión	: Comprendiendo las formas de la transferencia de la energía

<b>II. Organización de los aprendizajes</b>			
<b>Competencia</b>	<b>Capacidades</b>	<b>Desempeño</b>	<b>Instrumento de evaluación</b>
Explica el mundo físico, basando en conocimientos científicos.	Comprende y aplica los conocimientos científicos y argumenta científicamente.	Identifica las formas de transferencia de calor, en situaciones de la vida cotidiana y propone acciones viables para ahorrar energía.	Rúbrica Lista de cotejo
Competencias transversales	Gestiona su aprendizaje de manera autónoma.	Se desenvuelve en entornos virtuales generados por la TIC.	
<b>III. Secuencia didáctica</b>			
<b>Inicio (15 minutos)</b>			
<p><b>Motivación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El educador saluda a los estudiantes, crea proceso de reconciliación para la cooperación y durante la mejora de la sesión.</li> <li>• Muestra a los estudiantes unas imágenes relacionadas a la transferencia de energía calorífica y eléctrica.</li> <li>• Luego se les muestra dos videos relacionados a la transferencia del calor y de</li> </ul>			

la corriente eléctrica.

- <https://www.youtube.com/watch?v=Hrnhr56Gk9U>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hC5CkbQB5es>
- El educador realiza las siguientes preguntas: ¿Qué observan en los videos mostrados? ¿Cómo se conduce el calor en el primer video mostrado? ¿Cómo se transfirió la electricidad del cable de alta tensión? ¿Se hubiera electrocutado la persona si hubiese tenido zapatos con aislantes?

### **Saberes previos**

- Los estudiantes responden las preguntas planteados por el docente: ¿Es el calor una forma de energía? ¿Es la electricidad una forma de energía? ¿Cuáles son las formas de transferencia de calor?
- ¿Cómo es posible que las bebidas se mantengan calientes por muchas horas en un thermo?
- La docente informa a los estudiantes que el propósito de la clase es: Identifiquen las formas de transferencia de la energía en situaciones de la vida cotidiana y adopten algunas medidas para el ahorro de energía, como una forma de contribuir al cuidado del medio ambiente.

### **Desarrollo (70 minutos)**

Planteamiento del problema

¿Cómo relacionado el calor y la electricidad?

¿Cómo podemos generar electricidad a partir del calor y viceversa?

¿Cómo llega la electricidad a nuestros hogares?

Planteamiento de hipótesis

- Los estudiantes plantean sus posibles respuestas o hipótesis a las preguntas planteadas por la docente y lo exponen.

Elaboración de plan de acción

- La docente les plantea algunas estrategias de cómo lograr el proceso de aprendizaje: por ejemplo: observan las diapositivas, anotarán las ideas principales sobre el tema en sus cuadernos.
- Leerán su texto escolar del MINEDU 2019.
- Utilizarán un juego didáctico con mensajes relacionados al ahorro de energía (Material donado por la Dirección general de eficiencia energética), con acompañamiento de la docente.

- Los estudiantes leerán su texto pag.240; 241 y 249 sobre formas de propagación del calor y la electricidad para responder a preguntas planteadas por la docente.
- Luego la docente hace entrega de una guía de laboratorio para que lo ejecuten en grupo.
- Los estudiantes responden las preguntas planteadas en la guía.
- Se entrega los materiales a cada grupo: 3 vasos, 3 efervescente, agua caliente, agua fría y agua a temperatura ambiente. Los procedimientos lo elaboran en el cuaderno de CyT.
- En equipos, refuerzan las preguntas planteadas en la situación problemática y previa aclaración de dudas anotan en su cuaderno.
- Los estudiantes comunican sus respuestas a las preguntas planteadas y la docente aclara o refuerza cualquier inquietud.
- La docente refuerza sus conocimientos explicando brevemente cada punto sobre la segunda ley de la termodinámica. Luego, la docente indica que la ficha 2 debe estar resuelta y pegada en el cuaderno.

#### **Cierre (10 minutos)**

##### **Evaluación y metacognición**

Se evaluará a los estudiantes utilizando una ficha (Ver anexo N° 01 y su instrumento de evaluación (Ver anexo 02)

Se promueve la reflexión de lo aprendido a través de las siguientes preguntas como: ¿Qué aprendí hoy? ¿Cómo lo aplicaré en mi vida cotidiana? ¿Qué dificultades he tenido para aprender?¿Cómo logré superarlos?

##### **Tarea para casa**

- ¿Cómo debemos protegernos en casa o en el trabajo para no recibir descargas eléctricas? ;¿Cómo podemos construir un refrigerador?

#### **Materiales o recursos a utilizar**

- Ministerio de Educación. (2013). *Libro de Ciencia, Tecnología y Ambiente de 3 ° grado de Educación Secundaria*. Lima: Grupo Editorial Norma.
- Termómetro de alcohol.
- Recipiente con cubos de hielo.
- Papelotes.

- Plumones.
- Copia de los anexos.
- Lectura sobre la regulación de la temperatura corporal.
- Lectura de página web sobre el termómetro de alcohol para el docente:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B3metro\\_de\\_alcohol](https://es.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B3metro_de_alcohol)

**Describe en cada punto la forma de transferencia de energía**

1. -Tenemos un vaso de leche que está muy caliente. En su interior se introduce una cuchara. Al pasar un rato, si se toca la cuchara que se encuentra en su interior, se nota que se va calentando cada vez más. Esta transferencia de calor se ha producido desde una sustancia, que es la leche, hasta un cuerpo, que es la cuchara.

.....  
.....

2. Cuando calentamos un líquido o un gas en un recipiente, las primeras partículas en calentarse son las del fondo, por lo que parte del líquido o del gas del fondo se dilata y disminuye su densidad. Al ocurrir esto, esta parte del líquido o gas asciende por el recipiente y la parte del líquido o gas que estaba encima baja para ocupar el espacio dejado por este.

.....  
.....

3. La electricidad es conducida a través de:

- a) Cables de metal como el cobre.
  - b) Cables de plástico
  - c) Madera
- ¿Por qué?

.....  
.....

4. -En sus hogares, cuando la mamá está cocinando, recibe el calor procedente de la cocina, puesto que no está situada encima de la fuente de calor, ni en contacto directo con ella, sino delante de las hornillas.

.....  
.....

5. -Escribe una lista de 10 acciones que contribuyan a ahorrar la energía.

## Guía de laboratorio

### “Identificamos el Desorden de la energía”

Integrantes:

.....  
 .....  
 .....

#### 1. Introducción

Segunda ley de la termodinámica “entropía”: S es el grado de magnitud de movimiento de las partículas que constituyen a una sustancia.

Los sólidos cuentan con baja entropía, lo que significa que sus moléculas tienen mayor movimiento en las moléculas que lo constituyen. Los líquidos tienen ligera entropía, ligero movimiento en las moléculas. Las moléculas de los gases tienen mayor movimiento, lo que significa que poseen alta entropía. Es importante mencionar que no hay entropía negativa, ya que siempre hay movimiento.

**Temperatura:** es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando dos cuerpos, que se encuentran a distintas temperatura, se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía.

**Efervescencia:** se da debido a los choques moleculares, al aumentar la temperatura del líquido en el cual lleve a cabo esta, la entropía aumentará; por lo consiguiente, los choques moleculares lo harán también.

#### 2. Objetivos generales

- Explicar el concepto de la segunda ley termodinámica con relación a la entropía.
- Comprender el concepto teórico de entropía por medio de material visual.
- Demostrar la entropía mediante un experimento sencillo.

#### 3. Materiales

450ml de agua (H<sub>2</sub>O) 150ml para cada vaso

3 vasos de vidrio

3 pastillas efervescentes

Cronómetro

Termómetro para materiales graduados en °C

#### 4. Procedimiento

Se procede a verter 150ml en los 3 vasos de vidrio. De manera individual se coloca en el primer vaso 150ml de agua calentada. En un segundo vaso colocamos agua fría previamente colocada en la nevera; luego, otro vaso a temperatura ambiente. Se procede a medir la temperatura de los 3 vasos (anotar en el cuaderno). Colocar las pastillas efervescentes, luego se mide el tiempo de la reacción de cada uno por medio de un termómetro.

#### Procedimiento desarrollado del experimento



Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia

## Lista de cotejo

Apellidos y nombres	Competencia	Aclarar el mundo físico en vista de la información lógica.	
	Capacidad	Comprender y aplicar información lógica y sostiene deductivamente.	
	Desempeño	Legítima que en cualquier cambio de vitalidad hay una vitalidad degradada, que de vez en cuando muy bien puede ser evaluado.	
Sí		N o	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			

## Síntesis

Mediante esta segunda ley de termodinámica podemos darnos cuenta que no existen sistemas que transformen el 100% de energía en trabajo, siempre va a haber pérdidas.

La base principal de esta segunda ley es la entropía, cuanto más desorden hay en el universo, mayor es la energía; si no hubiera entropía, nuestro planeta se deterioraría y dejaría de existir la vida.

Es absurdo esperar montar un portátil interminable dependiente del cambio repetitivo entre dos tipos de energía. Definitivamente, en algún lugar de este ciclo, se perderá energía, idealmente como calor.

Un motor de calor concentra la energía de una fuente caliente. Una parte de esta energía se transforma en trabajo mecánico y otra parte se mueve desde una fuente de virus.  $Q_1 = W + Q_2$ , donde  $Q_1$  es la contribución de calor al manantial de la máquina,  $w$  es el trabajo y  $Q_2$  es el calor entregado desde la fuente del virus.

Como modelo de motor hipotético, el ciclo de Carnot depende de exponer un gas a cuatro etapas: desarrollo a un factor de presión constante, obteniendo calor de una fuente caliente; extensión adiabática, sin perder ni adquirir calor, factor de compresión constante de presión, ceder calor a una fuente de virus, constricción adiabática.

### **Apreciación crítica y sugerencias**

La entropía es una idea central, tanto en la ciencia de los materiales como en la ciencia. La entropía demuestra el curso de las respuestas de las sustancias; permite concluir y evaluar cómo los ciclos ilimitados hacen que un marco se desarrolle comenzando con un estado y luego con el siguiente. Da una respuesta sobre cómo los estados de vida, claramente en una circunstancia de desequilibrio, pueden mantenerse por ahí. Es, en todo caso, una idea impredecible, difícil de aclarar y de descifrar genuinamente. Mi propia intuición, y la de numerosos asociados aconsejados, demuestra que los estudiantes universitarios suplentes y numerosos instructores de ciencias muestran grandes problemas en su acuerdo significativo, y que la educación habitual de la idea es insuficiente. En general, la entropía se introdujo en los cursos universitarios fundamentales, desde un punto de vista tradicional, ya sea porque eso es lo que los educadores han obtenido en su preparación o porque está replicado en muchos materiales de lectura.

Este punto de vista, que depende del examen de máquinas calientes, puede verse como importante en vocaciones especializadas, como el diseño, dado su valor para realizar cálculos explícitos. En cualquier caso, el detalle de la entropía ordinaria que depende de la hipótesis de Clausius es visto por los estudiantes como un plan numérico sin una importancia clara y exacta. Numerosos creadores coinciden con esta evaluación.

En las apreciaciones pasadas, advertimos que una forma de lidiar con la instrucción de la idea de entropía surgida del plan de Boltzmann no está exenta de problemas y requiere la elaboración de circunstancias educativas razonables para lograr un nombramiento crítico por parte de los estudiantes suplentes. Específicamente, debe figurar en la parte superior de la lista de prioridades que incluye modelos poco comunes y

contemplaciones de probabilidad y conocimientos que los estudiantes suplentes no comprenden completamente en todos los casos. De hecho, a pesar del hecho de que no hay muchos exámenes que aborden los problemas de los estudiantes en la pequeña comprensión de la entropía, coinciden, como veremos más adelante, en expresar que las ideas, por ejemplo, macroestado, microestado o surtido no son en todos los casos debidamente descifrado.

En consecuencia, es necesario un mayor examen en este punto de vista, así como en el giro de los hechos y la investigación de las modalidades educativas que se suman a una adecuada muestra de la asignatura. En este sentido, consideramos que la utilización de recreaciones orientadas a lograr una traducción decente de las ideas mencionadas anteriormente podría ser valiosa, considerando las diversas investigaciones que señalan que estos dispositivos pueden contribuir en conjunto a la ordenación calculada en caso de que se utilicen. usar apropiadamente.

## Referencias

- Bravo, E. (2015). *Termodinámica básica*. Barcelona, España: Ediciones UPC.
- Carballo, J. (2015). *Maquinas térmicas*. Monterrey, México: Grupo editorial Patria.
- Cuamatzi, M. (2006). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Monterrey, México: McGraw-Hill.
- Estrella, H. (2019). *Proceso irreversible*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Gutiérrez, J. (2015). *Termodinámica de fluidos en campos externos*. Monterrey, México: Guanajuato.
- Jiménez, C. (2014). *Segunda ley de la termodinámica*. San José, Costa Rica: Tec.
- Nieto, I. (2014). *Teorema de Carnot*. Madrid, España: Editorial Dextra.
- Prado, D. (2014). *Termodinámica Básica*. DF, México: Editorial Éxodo.
- Rajput, K. (2004). *Ciclo de Carnot*. Monterrey, México: Editorial Cengage learning.
- Rajput, K. (2004). *Equivalencia de enunciados Clausius y kelvin-planck*. Monterrey, México: Tercera edición.
- Rodríguez, J. (2015). *Química*. Gran Canaria, España: Editorial Irayec.
- Rojas, J. (2015). *Termodinámica*. Guadalajara, México: Grupo editorial patria.
- Rolle, C. (2006). *Mecánico-Termodinámica*. Naucalpan de Juárez, México: Editorial Pearson.

## **Apéndice**

Apéndice A: Segunda ley de termodinámica

## Apendice A: Segunda ley de termodinamica

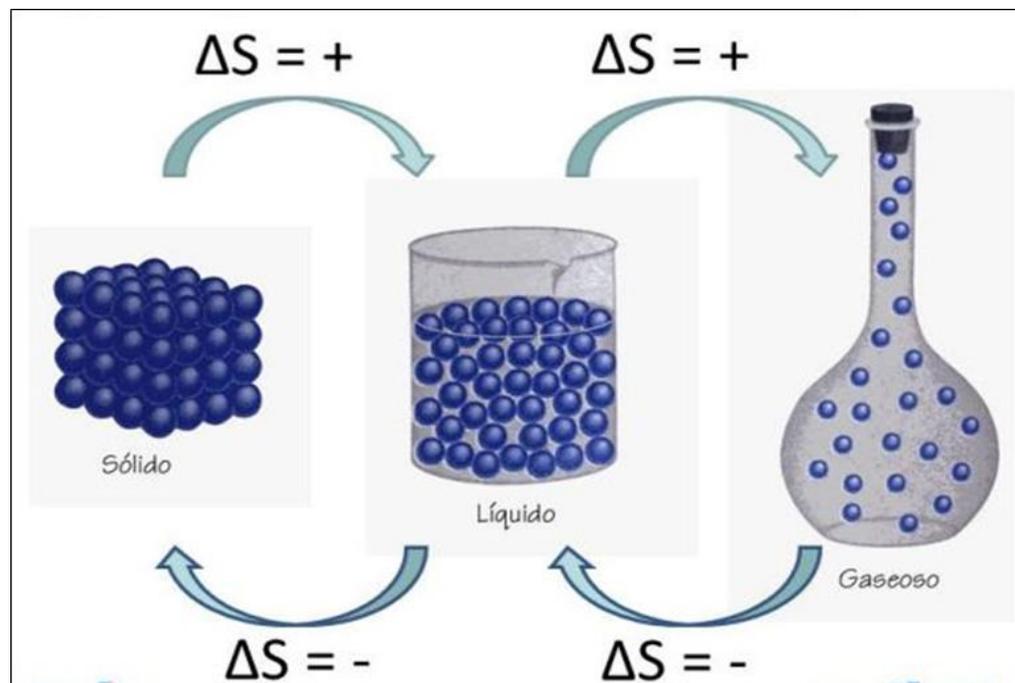


Figura A1. Entropía del agua. Fuente: Recuperado de <http://losprimerosdefuenticillas.blogspot.com/2017/03/los-estados-de-la-materia.html>

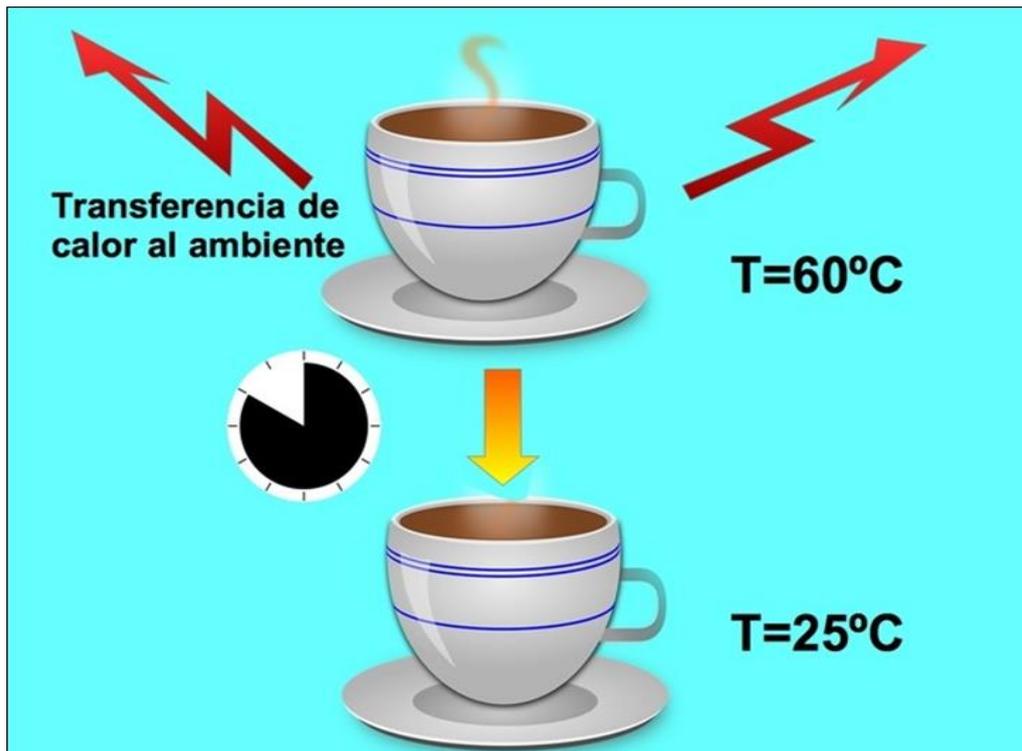


Figura A2. Dirección del calor. Fuente: Recuperado de <https://www.todamateria.com/leyes-de-la-termodinámica/>