

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA TÉRMICA EN LA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## *DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE HEAT ENGINE IN PROFESSIONAL ACADEMIC SCHOOL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING*

Jesús Ricse Villar<sup>1</sup>, Máximo Cisneros Tejeira<sup>2</sup>, Mavet Carolina Escudero Marcos<sup>1</sup>,  
Darwin Alexander Zavaleta Delgado<sup>1</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** Diseñar y construir un prototipo de máquina térmica, basado en conocimiento del ciclo térmico, que contribuya a la formación tecnológica para los estudiantes de la escuela académica profesional de Ingeniería Ambiental. **Métodos:** Se utilizó el diseño y construcción de una máquina térmica para la investigación de tipo experimental. **Resultado:** El diseño y construcción de un prototipo de máquina térmica demostró la formación tecnológica basada en el conocimiento de ciclos térmicos. **Conclusiones:** El diseño y construcción de un prototipo de máquina térmica sirvió para el aprendizaje de Físico-Química., Termodinámica.

**Palabras clave:** Máquina térmica; Ciclo carnot; Aprendizaje.

### ABSTRACT

**Objective:** To design and build a thermal machine prototype, based on knowledge of the thermal cycles, contributing to the technological training to the students of the professional academic school of environmental engineering. **Methods:** We used the design and construction of a thermal machine for experimental research. **Result:** The design and construction of a thermal machine prototype demonstrated technological formation based on knowledge of thermal cycles. **Conclusions:** The design and construction of a thermal machine prototype served to learn chemistry.

**Key words:** Thermal machine; Carnot cycle; Learning.

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería Industrial Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: jjricsevillar@yahoo.es

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: xamtc@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

Una máquina térmica convierte parte de la energía molecular aleatoria de las moléculas de un flujo calorífico en energía mecánica macroscópica (trabajo). La sustancia de trabajo (por ejemplo, el vapor de una máquina de vapor) se calienta en un cilindro, y al expandirse mueve un pistón, produciendo de esta forma trabajo mecánico. (Levine.2004, p.94).

El primer gran paso para formular la segunda ley termodinámica, fue dado en 1825 por el joven ingeniero francés Sadi Carnot (1796-1832) en su libro (La potencia motriz del calor). Carnot presentó una interpretación de determinado tipo de motor de vapor inventado por el ingeniero escocés James Watt (1736-1819). La gran contribución teórica de Carnot fue darse cuenta de que el trabajo que producía un motor de este tipo dependía de un flujo de calor de una temperatura más alta  $T_h$  (la h es la inicial de la palabra inglesa hotter, más caliente a su temperatura inferior  $T_c$  (c representa la inicial de la palabra inglesa colder, más frío).

En 1824, el físico francés Sadi Carnot derivó la eficiencia térmica ( $\eta$ ) para una máquina térmica ideal como una función de la temperatura de sus reservorios fríos y calientes:

$$\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$

$T_h$  es la temperatura del reservorio caliente;  $T_c$  es la temperatura del reservorio frío.

La eficiencia del motor reversible de Carnot se define como el trabajo que efectúa el sistema durante el ciclo, dividido entre el trabajo que habría efectuado si todo el calor absorbido a la temperatura a más alta se transforma en trabajo. Por lo tanto:

$$W = R(T_h - T_c) \ln(V_2/V_1) \quad T_h - T_c$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{W}{q_h} = \frac{R(T_h - T_c) \ln(V_2/V_1)}{R T_h \ln(V_2/V_1)} = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$

$$q_h = R T_h \ln(V_2/V_1) \quad T_h$$

Esta eficiencia vale la unidad (o sea 100 %), solo cuando la temperatura inferior  $T_c$  vale cero (o sea cuando el calor se desprende en el cero absoluto). Este resultado constituye una deficiencia del cero absoluto. La eficiencia también es el calor neto absoluto,  $q_h + q_c$ , dividido entre el calor absorbido a la temperatura superior,  $q_h$ :

$$q_h + q_c$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{q_h + q_c}{q_h} \quad (\text{Obsérvese que } q_c \text{ es negativo})$$

$$q_h$$

De acuerdo a lo anterior se deduce para una máquina reversible

$$\frac{T_h - T_c}{T_h} = \frac{q_h + q_c}{q_h} \quad \text{o} \quad \frac{T_h - T_c}{T_h} = \frac{q_h}{q_c}$$

$$\frac{T_h - T_c}{T_h} = \frac{q_h}{q_c}$$

(Keith. 1999, p. 91-95).

El diseño y la construcción de una máquina térmica

nos sirve para el conocimiento real, práctico, usos y funciones, fortaleciendo las capacidades intelectuales de los estudiantes, de las asignaturas de físico-química, termodinámica, manejando la teoría referente a la 1°, y 2° ley termodinámica y otros temas de estas asignaturas; además este proyecto productivo permitirá desarrollar Ciencia y Tecnología, los estudiantes participaran y conocerán diferentes procesos Físicos – Químicos y termodinámicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materiales:** Latas desechable de aluminio; mechero o cocina a gas; alambre. foco; motor, equipo para medir Voltaje.

**Reactivos:** Agua pura. Balón de gas (GLP 10 kg)

**Diseño Metodológico**

La investigación es de tipo experimental, basado en el diseño y construcción de una máquina térmica, y diagrama de fase. (Anexo 1).

**Procedimiento diseño experimental:**

A.- Al depósito de aluminio ( O cualquier otro )debe tener un desfogue (agujero) en la parte superior

B.- Se llena de agua al depósito y se cierra herméticamente.

C.- Se coloca el calor (cocina a gas), debajo del depósito..

D.- Con lo anterior se formará flujo de vapor de agua, generando una energía. (Trabajo).Demostrando la 1° ley Termodinámica.(Anexo 2)

E.- El flujo de vapor de agua hace girar a un ventilador pequeño, produce otra energía mecánica), y este conectado a un foco que produce otra clase de energía (Energía eléctrica así la 2° Ley termodinámica.(Anexo 3).

## RESULTADOS

1°.- Se diseñó y construyó la Máquina Térmica. (Anexo 4)

2°.- Con la máquina térmica, se demostró la 1° ley termodinámica

3°.- con la máquina térmica se demostró la 2° Ley termodinámica.

4°.- Con la demostración de la 1° y 2° ley termodinámica, se conoció otros tema como flujo de vapor, transmisión de calor, trabajo, energía mecánica, energía eléctrica, en un proceso Isotérmico.

5°.- Se conoció la eficiencia del Ciclo Carnot.

## DISCUSIÓN

1°.- El diseño y construcción de la máquina térmica, se justifica porque en la práctica se observa, aclara las leyes termodinámicas del curso de Físico-Química. Una máquina térmica es un dispositivo que convierte energía térmica en otras formas útiles de energía, como la energía eléctrica y/o mecánica.

De manera explícita, una máquina térmica es un dispositivo que hace que una sustancia de trabajo recorra un proceso cíclico durante el cual sucede lo siguiente: Se absorbe calor de una fuente a alta temperatura. La máquina realiza un trabajo. Libera calor a una fuente a temperatura más baja.

2°.- Con la máquina térmica se demostró la 1° Ley termodinámica. La primera ley de la termodinámica, es la aplicación del principio de conservación de la energía, a los procesos de calor y termodinámica:

$$\Delta E = Q - W$$

La primera ley hace uso de los conceptos claves de energía interna, calor y trabajo sobre un sistema. usa extensamente el estudio de los motores térmicos. la unidad estándar de todas estas cantidades es el Julio, aunque algunas veces se expresan en calorías o BTU. (Olmos 2010).

Este trabajo de investigación contrasta con lo afirmado por (Levine.2004). Un motor térmico es un dispositivo capaz de transformar calor (energía térmica) en trabajo (energía mecánica) de modo continuo.

3.- La máquina Térmica, permite el desarrollo de generación de tecnología propia, se comprueba la 1° ley termodinámica y con esto comprobar que la 1° ley es el principio de la conservación de la energía, aplicada a un sistema: "La energía generando impacto en los estudiantes dando un cambio de concepción de universidad productiva; reto para la competitividad, la acreditación y la investigación". La definición formal del segundo principio de la termodinámica establece que: En un estado de equilibrio, los valores que toman los parámetros característicos de un sistema termodinámico cerrado son tales que maximizan el valor de una cierta magnitud que está en función de dichos parámetros, llamada entropía.

En términos más cercanos al léxico común, la entropía podría ser descripta como la energía que resulta desechable ante un proceso termodinámico, aquella energía que no es utilizada y que por tanto no es considerada útil para tal proceso. Sólo depende de los estados inicial y final, con independencia del camino seguido ( $\delta Q$  es la cantidad de calor absorbida en el proceso en cuestión y  $T$  es la temperatura absoluta). Por lo tanto, ha de existir una función del estado del sistema,  $S=f(P,V,T)$ , denominada entropía, cuya variación en un proceso reversible entre los estados 1 y 2 es:

$$dS \geq dQ / T$$

Téngase en cuenta que, como el calor no es una función de estado, se usa  $\delta Q$ , en lugar de  $dQ$ .

4.- Con la 1° y 2° ley Termodinámica, se conoció otros tema como flujo de vapor, transmisión de calor, trabajo, energía mecánica, energía eléctrica en un proceso Isotérmico. Con esta investigación se

cumplió las propuestas de estrategia para generar conocimientos unidos y confiables a las necesidades potenciales de una máquina térmica en nuestra Universidad.

5.- Con el Ciclo de Carnot, se demostró la eficiencia. El motor termico recibe un calor,  $Q_c$ , de un foco o fuente caliente, efectúa un trabajo,  $W$ , y debe ceder calor,  $Q_f$  a foco frío. Para que la energía se conserve debe cumplirse que  $Q_c = W + Q_f$ . El rendimiento es por lo tanto:

$\eta = W / Q_c = Q_c - Q_f / Q_c = 1 - Q_f / Q_c$ ; donde se cumple que  $-0 < \eta < 1$ . Wikipedia (2014)

Una máquina térmica transporta alguna sustancia de trabajo a través de un proceso cíclico, definido como aquel en el que la sustancia regresa a su estado inicial. Como ejemplo de un proceso cíclico, considérese la operación de una máquina de vapor en la cual la sustancia de trabajo es el agua. El agua se lleva a través de un ciclo en el que primero se convierte a vapor en una caldera y después de expande contra un pistón. Después que el vapor se condensa con agua fría, se regresa a la caldera y el proceso se repite. El estudio se basa en una transformación cíclica de un sistema conocida en la actualidad como ciclo de Carnot. Este ciclo se compone de cuatro etapas reversibles y, en consecuencia, es un ciclo reversible. Un sistema es sometido consecutivamente a los siguientes cambios reversibles de estado: Etapa 1. Expansión Isotérmica. : Etapa 2. Expansión Adiabática: Etapa 3. Compresión Isotérmica: Etapa 4 Compresión Adiabática. (Castellan1998). (Anexo 5)

## CONCLUSIONES

1.- Los motores térmicos transforman la energía térmica, o calor,  $Q$  (entrada) en energía mecánica, trabajo,  $W$  (salida). Ellos no pueden hacer esta tarea perfectamente, por lo que parte de la energía térmica de entrada no se convierte en el trabajo, pero se disipa en forma de calor  $Q$  (salida) residuos en el medio ambiente. (Anexo 6)

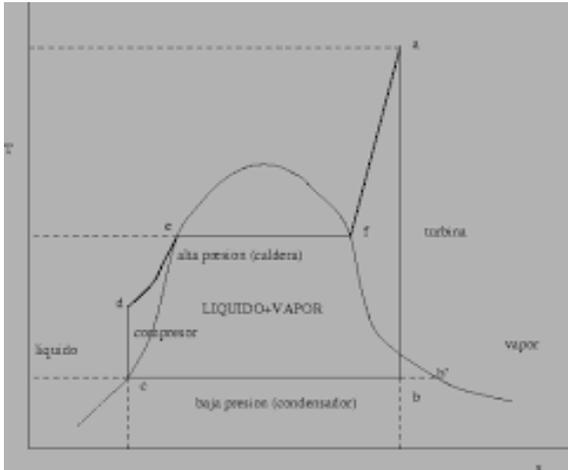
2.- Mediante la máquina térmica, se demuestra que la "energía no se crea, sólo se transforma de una forma a otra".

3.- La máquina térmica, permite el desarrollo de generación de tecnología propia, se comprueba la 1° ley termodinámica y con esto comprobar que la 1° ley es el principio de la conservación de la energía, aplicada a un sistema: "La energía generando impacto en los estudiantes dando un cambio de concepción de universidad productiva; reto para la competitividad, la acreditación y la investigación".

4.- Se cumple con el postulado de la hipótesis: El diseño y construcción de una máquina térmica sirve para el aprendizaje de Físico-Químico y Termodinámica.

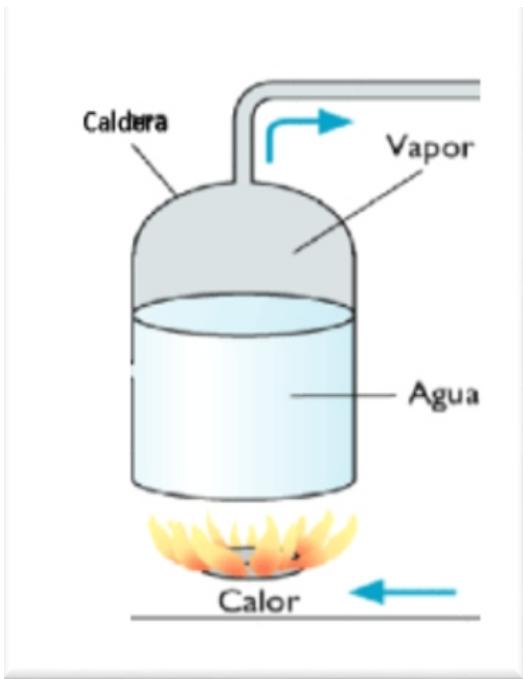
5.- Con el Ciclo Carnot, se demuestra mediante ecuación la eficiencia del ciclo.

**Anexo 1.** Diagrama de Fase



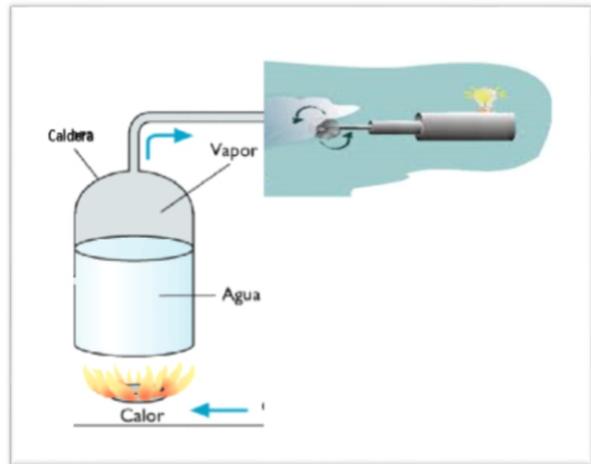
**Fuente:** [https://www.google.com.pe/search?q=diagrama+de+un+ciclo+de+vapor+de+agua&newwindow=1&es\\_sm=93&tbm=isch&imgil=YqIlgPHZxfsRLK](https://www.google.com.pe/search?q=diagrama+de+un+ciclo+de+vapor+de+agua&newwindow=1&es_sm=93&tbm=isch&imgil=YqIlgPHZxfsRLK)

**Anexo 2.** Primera Ley termodinámica



**Fuente:** Adaptación: [https://www.google.com.pe/search?q=maquina+termodinamica&newwindow=1&es\\_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5wIEVd6qJoimgwSTy4GgAw&ved=0CCwQsAQ&biw=1215&bih=5](https://www.google.com.pe/search?q=maquina+termodinamica&newwindow=1&es_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5wIEVd6qJoimgwSTy4GgAw&ved=0CCwQsAQ&biw=1215&bih=5)

**Anexo 3.** Segunda Ley Termodinámica.



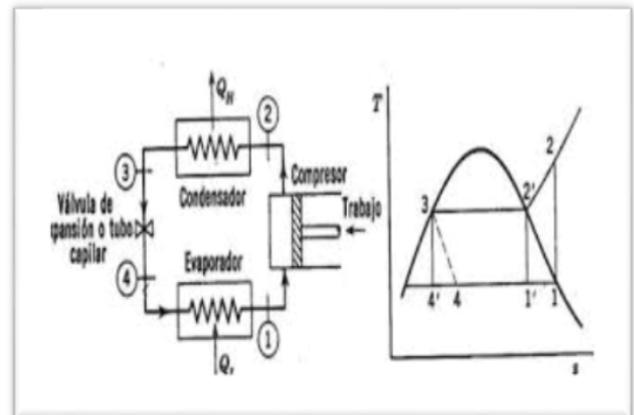
**Fuente:** Adaptación: [https://www.google.com.pe/search?q=maquina+termodinamica&newwindow=1&es\\_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5wIEVd6qJoimgwSTy4GgAw&ved=0CCwQsAQ&biw=1215&bih=5](https://www.google.com.pe/search?q=maquina+termodinamica&newwindow=1&es_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5wIEVd6qJoimgwSTy4GgAw&ved=0CCwQsAQ&biw=1215&bih=5)

**Anexo 4.** Diseño y construcción de una Máquina Térmica



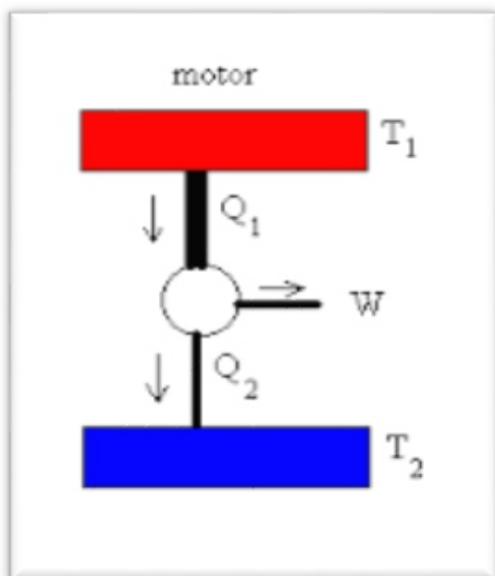
**Fuente:** Autotres del proyecto

**Anexo 5.** Cicclo Carnot



**Fuente:** [https://www.google.com.pe/search?q=Figura+del+ciclo+carnot&newwindow=1&es\\_sm=93&tbm=isch&imgil](https://www.google.com.pe/search?q=Figura+del+ciclo+carnot&newwindow=1&es_sm=93&tbm=isch&imgil)

**Anexo 6.** Esquema de Motor Térmico



**Fuente:** <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/carnot/carnot.htm>

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

Levine. I. (2004). Físicoquímica. (Volumen I) Madrid. McGraw-Hill / Interamericana de España. S.A.U. Quinta Edición. España.

Keith J. & Meiser J. (1999). Físico Química. Compañía editorial continental, S.A. de C.V. Segunda Edición. México.

Olmos R. (2010). Primera ley termodinámica. Recuperado 10 Noviembre 2014 <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/firlaw.html>.

Wikipedia. (2014) Rendimiento Térmico [http://es.wikipedia.org/wiki/Rendimiento\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Rendimiento_t%C3%A9rmico) Recuperado: 10 Noviembre 2014

Castellan G. (1998). Físicoquímica. Addison Wesley longman de México S.A. de C.V. Segunda Edición. México.