



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

**ENSEÑANZA DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA
APLICANDO LA METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO Y
ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA MEJORAR EL
RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

MAGISTER EN ENSEÑANZA DE FÍSICA

Presentada por:

Rosa Alexandra Cano Bravo

GUAYAQUIL - ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme y mostrarme el camino.

A mi familia, que es todo en mi vida y en especial a mi madre, quien es la persona que me ha inspirado todo el tiempo.

A mi esposo Armando, por su ayuda, apoyo y comprensión, que nos ayudó a alcanzar esta meta y de seguro, alcanzaremos muchas más.

A mis profesores, por sus enseñanzas y su apoyo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposo Armando Hidalgo, quien me ha ayudado a salir adelante en este proyecto y apoya cada nuevo reto que emprendemos.

A mis abuelitos, a mi mamá, a mis hermanas Lorena y Karina, que junto a toda mi familia, son parte importante de mi vida.

Al cuerpo docente de la ESPOL, quienes me acompañaron en esta maestría y sin dudarlo, me han apoyado a realizar este trabajo.

TRIBUNAL DE GRADO

Msc. Jorge Medina Sancho
Presidente del Tribunal

Mg. Dick Zambrano Salinas
Director de Tesis

Mg. Francisca Flores Nicolalde
Vocal del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Rosa Alexandra Cano Bravo

RESUMEN

El principal problema que enfrentamos los profesores en el aula de clases, sin duda alguna es el nivel de rendimiento de los estudiantes, por lo que continuamente se utilizan diferentes técnicas, con el fin de que nuestros alumnos asimilen los conocimientos que se imparten; sin embargo es conocido que en el rendimiento de los alumnos, no solo influye el profesor, parte importante de la ecuación son los individuos, y como ellos receptan y asimilan la información.

En el campo de la educación, se han propuesto técnicas que buscan principalmente desarrollar habilidades en los estudiantes. Específicamente en el área de Física, uno de los objetivos que se busca, es desarrollar habilidades concernientes a la resolución de problemas de las diferentes temáticas, que se abordan en el aula de clases; por lo que esta investigación, pretendió determinar cómo influye el uso del método de problema resuelto y la aplicación de las estrategias de resolución de problemas, en el área de Termodinámica, en estudiantes de ingeniería, de una Universidad del Ecuador.

Para este estudio se utilizaron 128 estudiantes, repartidos en cuatro grupos de trabajo, a quienes se aplicó una prueba de entrada y una prueba de salida, en la sección de la Primera Ley de la Termodinámica. Para el análisis de los resultados, se aplicó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA), y se determinó que los estudiantes que utilizaron la metodología de problema resuelto, obtuvieron mejores resultados en su rendimiento; sin embargo, el uso de estrategias de resolución de problemas en los alumnos, no obtuvo un resultado significativo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
CAPITULO 1:	1
1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. DECLARACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
CAPITULO 2:	6
2.1: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	6
2.2: ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	8
2.3: METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO	11
2.4: TERMODINÁMICA: PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	14
2.5: PRUEBA F (ANOVA).....	35
CAPITULO 3:	38
3.1: SUJETO	38
3.2: TAREAS Y MATERIALES	39
3.3: VARIABLES	40
3.4: PROCEDIMIENTO.....	41
CAPITULO 4:	44
4.1: PRUEBA DE ENTRADA.....	44
4.2: PRUEBA DE SALIDA.	48
4.3: CONTRASTE DE HIPÓTESIS ANOVA	53

4.3.1: HIPÓTESIS UNO	54
4.3.2: HIPÓTESIS DOS	57
4.3.3: HIPÓTESIS TRES.....	58
4.3.4: GANANCIA DEL APRENDIZAJE	60
4.3.5: EFECTIVIDAD DE LAS RESPUESTAS	63
CAPITULO 5:	70
5.1: CONCLUSIONES	70
5.2: TEORIZACIÓN.....	72
5.3: RECOMENDACIÓN O APLICACIÓN	72
ANEXO I: EVALUACIÓN DE ENTRADA Y SALIDA.	73
ANEXOS II: METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO.....	80
ANEXOS III: ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMA	104
BIBLIOGRAFÍA.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: GRUPOS DE TRABAJO SEGÚN LA ESTRATEGIA A UTILIZAR.....	39
TABLA 2: DATOS ESTADÍSTICOS DE LA PRUEBA DE ENTRADA DE LOS DIFERENTES GRUPOS	45
TABLA 3: DATOS ESTADÍSTICOS DE LA PRUEBA DE SALIDA DE LOS DIFERENTES GRUPOS	49
TABLA 4: INTERACCIÓN DE FACTORES.....	55
TABLA 5: DATOS TABLA ANOVA DE DOS FACTORES CON $\alpha=0.05$	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CAMBIO DE ESTADO DE UN SISTEMA AL APLICAR CALOR	17
FIGURA 2: DEFINICIÓN DE CALOR	20
FIGURA 3: TRABAJO REALIZADO EN UN SISTEMA	21
FIGURA 4: DEFINICIÓN DE TRABAJO	22
FIGURA 5: DIFERENTES OPCIONES DE TRAYECTORIAS PARA CAMBIAR DEL ESTADO 1 (P_1-V_1) AL ESTADO 2 (P_2-V_2).....	23
FIGURA 6: TRAYECTORIA 1-3-2	24
FIGURA 7: TRAYECTORIA 1-4-2	25
FIGURA 8: TRAYECTORIA 1-2.....	25
FIGURA 9: CAMBIO DE ENERGÍA INTERNA.....	27
FIGURA 10: PROCESO CÍCLICO, $\Delta U = 0$	28
FIGURA 11: PROCESO CÍCLICO DE NUESTRO CUERPO, $\Delta U = 0$	29
FIGURA 12: TIPOS DE PROCESOS TERMODINÁMICOS.....	29
FIGURA 13: PROCESO ISOCÓRICO (VOLUMEN CONSTANTE).....	30
FIGURA 14: PROCESO ISOBÁRICO (PRESIÓN CONSTANTE).....	31
FIGURA 15: PROCESO ISOTÉRMICO (TEMPERATURA CONSTANTE).	32
FIGURA 16: PROCESO ADIABÁTICO (NO HAY FLUJO DE CALOR $Q=0$).....	33
FIGURA 18: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE ENTRADA DEL GRUPO 1	46
FIGURA 19: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE ENTRADA DEL GRUPO 2	46
FIGURA 20: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE ENTRADA DEL GRUPO 3	47
FIGURA 21: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE ENTRADA DEL GRUPO 4	47
FIGURA 22: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE SALIDA DEL GRUPO 1	50
FIGURA 23: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE SALIDA DEL GRUPO 2	50
FIGURA 24: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE SALIDA DEL GRUPO 3	51
FIGURA 25: HISTOGRAMA DE CALIFICACIONES DE PRUEBA DE SALIDA DEL GRUPO 4	51

FIGURA 26: DIAGRAMA DE CAJA DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE TRABAJO.....	52
FIGURA 27: DISTRIBUCIÓN F(0.05,1,124). ANÁLISIS DE LA PRIMERA HIPÓTESIS NULA.	56
FIGURA 28: DISTRIBUCIÓN F(0.05,1,124). ANÁLISIS DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS NULA.	57
FIGURA 29: DISTRIBUCIÓN F(0.05,1,124). ANÁLISIS DE LA TERCERA HIPÓTESIS NULA	59
FIGURA 30: MEDIA DE LAS PRUEBAS DE ENTRADA Y SALIDA.....	60
FIGURA 31: GANANCIA EN EL APRENDIZAJE DE LOS CUATRO GRUPOS DE ESTUDIO	61
FIGURA 32: PROMEDIO DE CADA GRUPO VS LAS ESTRATEGIAS UTILIZADAS	62
FIGURA 33: MEDIA DISTRIBUCIÓN DE LA PRUEBA DE ENTRADA	64
FIGURA 34: EFECTIVIDAD DE LAS RESPUESTAS EN LA PRUEBA DE SALIDA	64

CAPITULO 1:

INTRODUCCIÓN

Dado que dentro del campo de la educación, desde siempre se ha tenido gran interés por conocer cómo desarrollar en los estudiantes habilidades para resolver problemas, se han declarado un sin número de definiciones que asocian el pensamiento con la resolución de problemas, tal como lo indica Mayer “el pensamiento es lo que sucede cuando una persona resuelve un problema” citado por Gangoso [1], o teorías como la publicada en 1956 por Miller [2] que indica que, el rendimiento máximo de una persona puede ser descrito como un canal de capacidad de 2 a 3 bits de información, es decir, corresponde a la habilidad de distinguir de 4 a 8 alternativas, donde la capacidad de la memoria de un adulto joven es de aproximadamente 7

variables, que una persona puede procesar al mismo tiempo, luego de esto se produce una sobrecarga de información.

Es así, que se han dado paso a investigaciones basadas en técnicas de enseñanza, encaminadas a desarrollar el área cognitiva de los individuos que se encuentran en proceso de aprendizaje.

De acuerdo a investigaciones realizadas, se afirma que existe una amplia evidencia de que, cuando los alumnos abordan el análisis de problemas científicos, utilizan estrategias de razonamiento y metodologías superficiales, citado por Campanario [3], sin embargo presentan dificultades debido a que gran parte de las personas no han recibido las herramientas y técnicas necesarias para resolver problemas.

El propósito de este estudio es determinar la relación que existe entre la aplicación de la metodología de enseñanza de problema resuelto, el uso de estrategias para resolución de problemas y el aprovechamiento de los estudiantes en el área de Termodinámica en una Universidad del Ecuador.

1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo afecta la aplicación de la metodología de problema resuelto en el rendimiento de los estudiantes?
2. ¿Cómo influye el uso de estrategias de resolución de problemas en el rendimiento de los estudiantes?
3. ¿Cómo se compara el uso de la metodología de problema resuelto con las estrategias para resolver problemas en el rendimiento de los estudiantes?

1.2. OBJETIVOS

1. Diseñar y desarrollar una prueba de entrada y salida, para medir el nivel de conocimiento de los estudiantes.
2. Elaborar un folleto dirigido a los estudiantes, sobre la Primera Ley de la Termodinámica, aplicando la metodología de problema resuelto.
3. Elaborar un instrumento sobre las estrategias de resolución de problemas, para ser empleado por los estudiantes.

1.3. DECLARACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

H1: Aquellos estudiantes que aplican la metodología de problema resuelto, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican

Ho: No hay diferencia en el rendimiento de aquellos estudiantes que aplican la Metodología de Problema Resuelto y que aquellos que no la aplican.

H1: Aquellos estudiantes que aplican las estrategias de resolución de problemas, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican.

Ho: No hay diferencia en el rendimiento de aquellos estudiantes que aplican la estrategia de resolución de problemas y que aquellos que no la aplican.

H1: El aprendizaje mediante el método de problema resuelto, brinda mejor resultado al utilizarlo en conjunto, con estrategias de resolución de problemas.

Ho: El aprendizaje mediante el método de problema resuelto, no brinda mejor resultado al utilizarlo en conjunto, con estrategias de resolución de problemas.

Esta investigación busca determinar, como influye en el estudiante el uso del método de problema resuelto y la aplicación de estrategias de resolución de problemas en el área de Termodinámica. La aplicación de estas dos estrategias de enseñanza, deberán ayudar al estudiante a mejorar su rendimiento y desarrollar sus habilidades innatas.

El trabajo de investigación se enfocó a estudiantes de Ingeniería de una universidad de Guayaquil, se formaron cuatro grupos experimentales en los que se midió, mediante evaluaciones de entrada y de salida, el aprovechamiento de los estudiantes (variable dependiente), aplicando la estrategia de problemas resueltos (variable independiente) y estrategias de resolución de problemas (variable moderadora).

CAPITULO 2:

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La resolución de problemas constituye el eje fundamental de cualquier proceso de enseñanza–aprendizaje en donde se encuentren involucradas las ciencias que dependa directa o indirectamente de las matemáticas.

Investigadores afirman que la única manera de aprender a resolver problemas es resolviendo muchos problemas, sin embargo existen principios y estrategias que los solucionadores expertos aplican, de manera consciente

o inconsciente. Al conjunto de nociones útiles para resolver problemas se le llama heurística, y su conocimiento y aplicación puede ser de mucha utilidad para los que se inician (novicios).

Una de las investigaciones presentada por Chi [4], encuentra diferencias cualitativas respecto a la categorización que hacen diversos sujetos frente a un problema de física. A expertos y novicios se les presentó, un problema de un bloque deslizando por un plano inclinado, se les solicitó una representación jerárquica de los conceptos involucrados en la situación, varios conceptos coinciden el lugar que ocupan dentro de la estructura, sin embargo los novatos representan en el tope conceptos concretos, como “plano inclinado” o “bloque”, mientras que “conservación de la energía” ocupa lo que sería un tercer nivel. En la representación de los expertos, en cambio, no sólo que el tope de la jerarquía está ocupado por los principios de la mecánica, sino que además ligado a las Leyes de Newton, considerando inmediatamente sus condiciones de aplicación. [1]

2.2: ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Sin duda alguna, existen muchas estrategias para resolver problemas, las cuales son empleadas principalmente por personas denominadas “solucionadores expertos”, tal como lo indica Chi en su trabajo de investigación. A continuación se presentan algunas estrategias desarrolladas para resolver problemas de diversos niveles de dificultad.

1. Laya [5] , describe algunas de las estrategias de resolución de problemas, utilizadas por los jóvenes entre 14 y 17 años en las olimpiadas mexicanas de matemáticas.
 - A. Ensayo y error: Se toman números al azar y se va probando, hasta encontrar la solución.
 - B. Usar una variable: Se utiliza cuando se desconoce un dato, apoyándose en la estrategia anterior.
 - C. Buscar un patrón: Consiste en el análisis de un determinado modelo para ver si se observa una regularidad.
 - D. Hacer una lista: Se relacionan todos los posibles resultados y el que cumpla con las exigencias planteadas en el problema, entonces se

considera que se tiene la solución. Aquí se utiliza la comprobación para verificar la solución.

- E. Resolver un problema más simple: Se trata de resolver un problema descomponiendo el problema original en problemas sencillos, de tal manera que al integrarlo se llegue a la solución.
- F. Hacer una figura: Estrategia que consiste en modelar la situación mediante figuras que incluyen relaciones de lo que se conoce y lo que se busca.
- G. Usar un razonamiento directo: Es una estrategia cuyo razonamiento se basa en la lógica; su principio es la inducción.
- H. Usar un razonamiento indirecto: Estrategia cuyo razonamiento está basado en la lógica; su principio es la deducción.

Algunas de estas estrategias, forman parte de teorías presentadas por algunos investigadores, quienes coinciden en plantear la resolución de problemas como una secuencia de pasos o etapas, donde el primer paso constituye la base fundamental, ya que de allí dependerá la solución o no del problema planteado.

2. Polya (1945) [1] [5] [6] [7], a partir de su experiencia como matemático elaboró una propuesta que incluía cuatro pasos para la resolución de problemas que, representaban un alto nivel de dificultad para los estudiantes; los cuales se detallan a continuación:

A. **Analizar y comprender el problema:** Dibujar un diagrama. Examinar un caso especial. Intentar simplificarlo.

B. **Diseñar y plantear la solución:** Planificar la solución y explicarla.

C. **Explorar soluciones:** Considerar una variedad de problemas equivalentes. Considerar ligeras modificaciones del problema original. Considerar amplias modificaciones del problema original.

D. **Verificar soluciones.**

3. Bransford y Stein (1987) proponen otra estrategia llamada IDEAL [7]

I Identificación del problema.

D Definición y presentación del problema.

E Elaboración de posibles estrategias.

A Actuación fundada en esa estrategia.

L Logros, observación, evaluación de los efectos de la actividad.

2.3: METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO

Existen diferentes técnicas de enseñanza-aprendizaje, entre ellas se encuentran las denominadas constructivistas planteadas por David Jonassen [8], de las cuales podemos destacar las siguientes:

1. Aprendizaje basado en preguntas y cuestiones
2. Aprendizaje basado en ejemplos
3. Aprendizaje basado en proyectos
4. Aprendizaje basado en problemas

Tal como lo indica Esteban [9], estas técnicas buscan principalmente fomentar el desarrollo conceptual y la solución de problemas, además pretenden generar el auto aprendizaje en los estudiantes y desarrollar las destrezas y habilidades, tal como lo indica Guerrero [10], la metodología de enseñanza en cualquier asignatura, es esencial para lograr de manera acertada el aprendizaje por parte del estudiante, buscando a la vez que se den todas las pautas para lograr las actividades propuestas.

La metodología de enseñanza mediante problema resuelto, también llamado problema ejemplo o problema esquema, ha sido investigada desde hace algunos años; los trabajos más relevantes son los presentados por Jonassen, Newell y Simon, de los cuales se presenta a continuación un extracto.

A. Jonassen [8], todos los modelos de diseño instruccional insisten en la inclusión de ejemplos en la instrucción. Después de presentar una unidad, se deberían presentar ejemplos a los estudiantes. El propósito de los ejemplos es servir de modelo para representar ideas abstractas. El propósito es ayudar a los estudiantes a inducir y construir esquemas para que las ideas sean representadas. Un esquema de un problema consiste en describir el tipo de problema que es, los elementos estructurales del problema (por ejemplo, la aceleración, la distancia y la velocidad en un problema de física), situaciones en las que ocurren estos problemas (por ejemplo, planos inclinados, automóviles), y las operaciones de tratamiento requerido para resolver ese problema.

El método más común para apoyar la construcción de un esquema, es trabajar en ejemplos. Cuando se aprende a resolver problemas, casos en forma de problemas resueltos son presentados comúnmente como una forma primaria de instrucción. Los problemas resueltos son estrategias

instruccionales que típicamente incluyen los datos del problema y procedimientos para la resolución de problemas que muestran, como otros problemas de naturaleza similar pueden ser resueltos.

- B. Docktor y Mestre [11] citan a Newell y Simon (1972), quienes describen la estructura organizacional de la memoria como un sistema de procesamiento de la información, que consiste en dos facetas: memoria a corto plazo o en funcionamiento (STM) y memoria a largo plazo (LTM). La memoria a corto plazo es restringida y puede almacenar pequeñas cantidades de información por tiempo limitado.

Si la información excede el límite de STM, una persona puede experimentar una sobre carga cognitiva conocida como **Cognitive Overload**, llamada así por Sweller [12], que interfiere con los intentos o posibilidades de encontrar una solución. Para aliviar este efecto se pueden utilizar técnicas para almacenar información de manera externa como escribiendo en un papel, procesar información con ayuda de herramientas tales como las computadoras, ipad, etc., con el fin de liberar espacio en la memoria de corto plazo.

Usando un problema ejemplo se ayuda a los estudiantes, a recordar problemas similares que han sido resueltos previamente y además permite recordar mayor cantidad de contenidos teóricos. Es elemental precisar, que lo más importante son los conocimientos previos que tenga la persona, ya que estos le sirven de soporte para buscar soluciones efectivas de manera ágil.

El concepto original de los Esquemas (schema) está relacionado con el de la memoria reconstructiva, esta es una forma de organizar en la memoria las experiencias pasadas de manera que al recordar, uno construye o infiere los posibles componentes de un recuerdo y el orden en el que estos eventos ocurrieron. También se refiere al término utilizado en algunas teorías cognitivas para denominar las representaciones mentales de eventos o situaciones.

2.4: TERMODINÁMICA: PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La energía potencial y la energía cinética son dos elementos a considerar, tanto en la mecánica como en la termodinámica. Estas formas de energía se originan por la posición y el movimiento de un sistema en conjunto, y se

conocen como la energía externa del sistema. Sin duda, un tema muy importante en la termodinámica es analizar la energía interior de la materia, energía asociada con el estado interno de un sistema que se llama energía interna. [13]

Cuando se especifica un número suficiente de coordenadas termodinámicas, como por ejemplo, temperatura y presión, se determina el estado interno de un sistema y se fija su energía interna. En general (para un sistema no-relativista), la energía total, E_T , de un sistema puede descomponerse en: la energía de la masa E_M , la energía cinética E_K , la energía potencial E_P , y la energía interna U , esto es:

$$E_T = E_M + E_K + E_P + U$$

Donde:

$$E_M = mc^2$$

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

En realidad, esta descomposición permite distinguir entre las formas de energía mecánica (E_M , E_K y E_P) y una forma de energía termodinámica (U) que tiene sentido para un sistema estadístico constituido por un gran número

de partículas. El cambio de energía total del sistema puede descomponerse en:

$$\Delta E_T = \Delta E_K + \Delta E_P + \Delta U$$

La energía interna de un sistema U, tiene la forma de energía cinética y potencial de las moléculas, átomos y partículas subatómicas que constituyen el sistema, es decir,

$$U = E_{K\text{INTERNA}} + E_{P\text{INTERNA}}$$

En base a esto se dice que: la **Primera Ley de la Termodinámica** es el principio de conservación de la energía aplicado a un sistema de muchísimas partículas. Según indican algunos autores, la **Primera Ley de la Termodinámica**, se la define de la siguiente manera:

Cuando el calor fluye hacia o desde un sistema, el sistema gana o pierde una cantidad de energía igual a la cantidad de calor transferido. (*Física Conceptual, Hewitt, Décima Edición*)

La Primera Ley de la Termodinámica, describe la relación entre el calor, trabajo y la energía interna de un sistema. Esta ley es otro planteamiento de la conservación de la energía, en términos de las variables termodinámicas.

(Física, Wilson Buffa Lou, Sexta edición)

La Primera Ley de la Termodinámica dice que la energía se conserva, sin embargo hay que aclarar que lo que se conserva es la combinación de masa y energía. Cuando el sistema pasa del estado A al estado B, su energía interna cambia en $\Delta U = U_B - U_A$

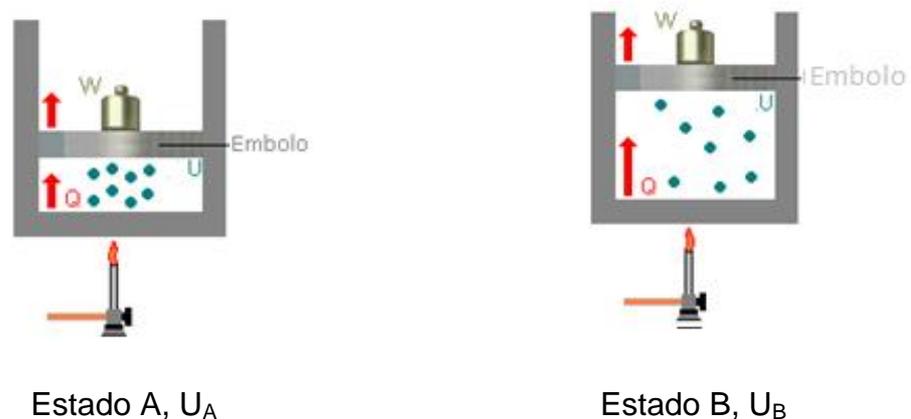


Figura 1: Cambio de estado de un sistema al aplicar calor
Fuente: portal.perueduca.edu.pe/modulos/m_termodinamica1.0/primer.htm

La definición matemática de la Primera Ley de la Termodinámica dice: La variación en la energía interna de un sistema es igual a la diferencia entre el calor Q tomado por el sistema y el trabajo W realizado por el sistema.

$$\Delta U = Q - W \quad (\text{Joules}, J)$$

Donde U es la energía interna del sistema, Q es el calor suministrado al sistema, y W es el trabajo hecho por el sistema. Se observa que Q y W no son funciones de estado, sólo U , que es consecuencia del movimiento molecular y que depende del estado del sistema, es decir de las variables P , V y T .

Calor o energía calorífica, nos referimos a la cantidad de energía que se agrega o se quita a la energía interna total de un objeto, por causa de una diferencia de temperatura.

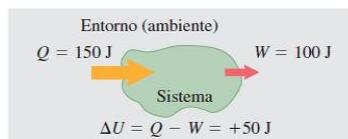
La cantidad de calor (Q) necesaria para cambiar la temperatura de una sustancia es proporcional a la masa (m) de la sustancia y al cambio en su temperatura (ΔT). Es decir, $Q = c m \Delta T$, siendo c el *calor específico* $J/(kg.K)$.

Para un cambio infinitesimal de calor en un gas, $dQ = n C_p dT$, (donde C_p es capacidad calorífica molar a presión constante) o $dQ = n C_v dT$ (donde C_v es capacidad calorífica molar a volumen constante).

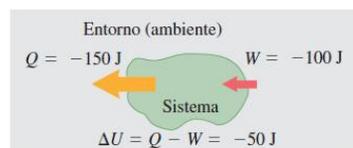
Según la convención de signos, se establece que:

Q se define como positivo si se transfiere calor hacia el sistema; si el calor se transfiere del sistema hacia los alrededores Q es negativa.

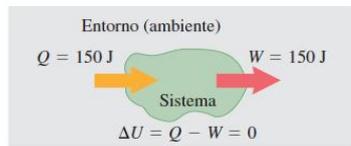
Puesto que el calor es energía *en tránsito*, la medimos en unidades estándar (SI) de energía (el joule), otras unidades de uso común es la kilocaloría (kcal) (1 cal = 4.186 J)



El calor agregado al sistema es mayor al trabajo realizado por este. Por lo cual aumenta la energía interna en +50 J.



El trabajo efectuado sobre el sistema es menor al calor entregado por este. Por lo cual disminuye la energía interna en -50 J.



El calor agregado al sistema es igual al trabajo realizado por el sistema. Por lo cual la energía interna permanece constante.

Figura 2: Definición de calor

Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

Trabajo, en los procesos cuasi-estáticos o reversibles, podemos decir que, es igual al cambio de volumen al aplicar una presión en el sistema.

$$dW = p_{SIST} dV$$

En un cambio finito de volumen de V_1 a V_2 ,

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

En general, la presión del sistema puede variar durante un cambio de volumen. Eso sucede, por ejemplo, en los cilindros de un motor de automóvil durante el movimiento hacia arriba y hacia abajo de los pistones. Para evaluar la integral de la ecuación del trabajo W , hay que saber cómo varía la presión en función del volumen, podemos representar esta relación en una gráfica de p en función de V . en el caso de un gas ideal, si la temperatura se mantiene constante, entonces la presión está en función del volumen.

$$p = \frac{nRT}{V}$$

En el caso de Temperatura constante (**T=cte**), el trabajo estará dado por:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} nRT \frac{dV}{V}$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

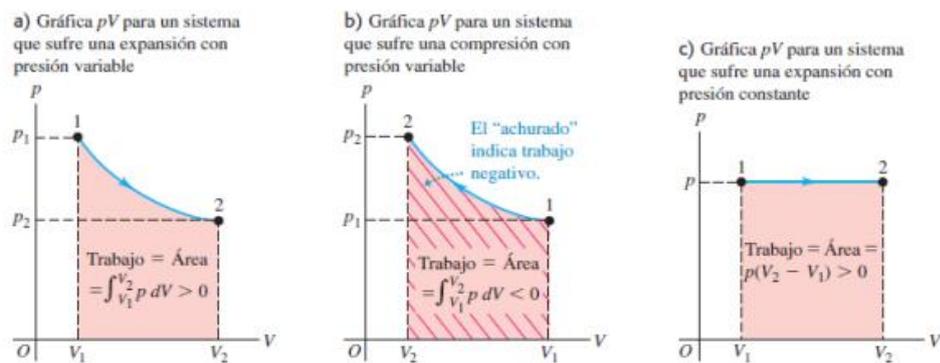


Figura 3: Trabajo realizado en un sistema
Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

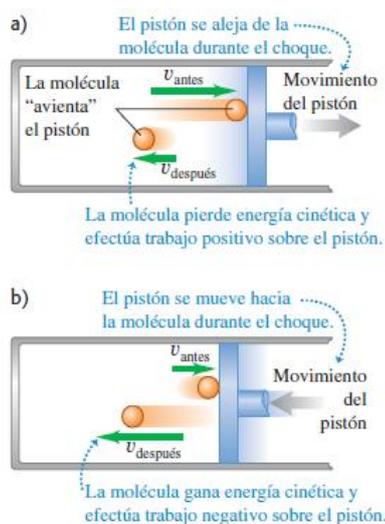
Si la presión P , permanece constante mientras el volumen cambia de V_1 a V_2 , el trabajo efectuado por el sistema es: $W = p (V_2 - V_1)$ como la figura c).

En cualquier proceso donde el volumen sea *constante*, el sistema no efectúa trabajo porque no hay desplazamiento o cambio de volumen.

Según la convención de signos, se establece que:

W se define como positivo si el trabajo es hecho por el sistema (expansión), mientras que si el trabajo se hace sobre el sistema, desde el medio hacia el sistema (compresión), W se define como negativo.

En el caso de una molécula que golpea un pistón:



a) Esta efectúa trabajo positivo si el pistón se aleja de la molécula y

b) Efectúa trabajo negativo si el pistón se acerca a la molécula.

Por lo tanto, un gas efectúa trabajo positivo cuando se expande como en a), pero trabajo negativo cuando se comprime como en b).

Figura 4: Definición de trabajo
Fuente: Física Universitaria. Vol.1,12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

El trabajo lo medimos en unidades estándar (SI) de energía (el joule), otras unidades de uso común es la kilocaloría (kcal) ($1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$)

Cuando un sistema termodinámico cambia de un estado inicial a uno final, pasa por una serie de estados intermedios, a los que se denominan **trayectoria**. Siempre hay un número infinito de posibilidades para dichos estados intermedios. Si todos son estados de equilibrio, la trayectoria podrá verse en una gráfica pV .

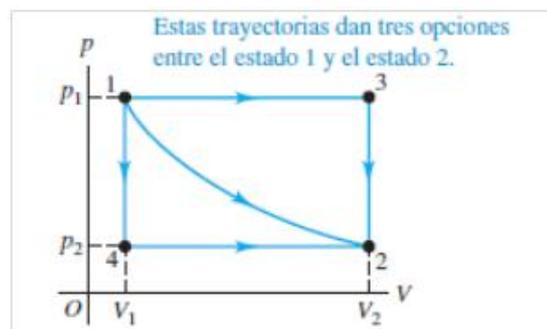


Figura 5: Diferentes opciones de trayectorias para cambiar del estado 1 (p_1-V_1) al estado 2 (p_2-V_2)
Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

El punto 1 de la grafica, representa un estado inicial con presión p_1 y volumen V_1 , y el punto 2 representa un estado final con presión p_2 y volumen V_2 . Para pasar del estado 1 al 2, podríamos realizar las siguientes trayectorias:

- A. El sistema podría seguir la trayectoria 1-3-2, mantener la presión en p_1 mientras el sistema se expande al volumen V_2 (punto 3) y luego reducir la presión a p_2 , mientras se mantiene el mismo volumen V_2 (punto 2). El trabajo efectuado por el sistema durante este proceso es el área bajo la línea (no se efectúa trabajo durante el proceso a volumen constante (desde el punto 3 al punto 2)).

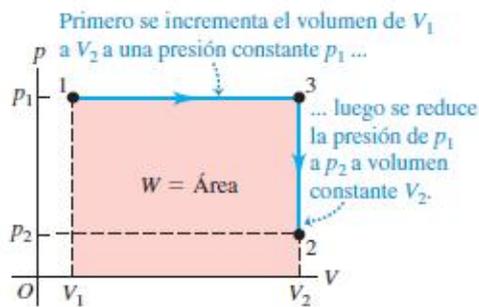


Figura 6: Trayectoria 1-3-2

Fuente: Física Universitaria. Vol.1,12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

- B. El sistema podría seguir la trayectoria 1-4-2; manteniendo el volumen constante V_1 , se reduce la presión desde p_1 hasta p_2 (punto 4) y luego reducir el volumen de V_1 a V_2 , manteniendo la presión constante. El trabajo es el área bajo la línea, ya que no se efectúa trabajo durante el proceso a volumen constante

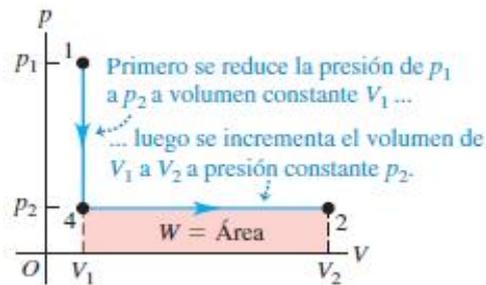


Figura 7: Trayectoria 1-4-2

Fuente: Física Universitaria. Vol.1,12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

- C. El sistema podría seguir la trayectoria 1-2, incrementando el volumen de V_1 a V_2 mientras se reduce la presión de p_1 a p_2 . El trabajo para esta trayectoria es diferente a cualquiera de las otras opciones.

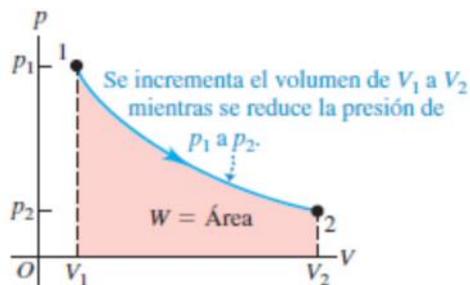


Figura 8: Trayectoria 1-2

Fuente: Física Universitaria. Vol.1,12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

De acuerdo a lo revisado anteriormente, concluimos que: *el trabajo realizado por el sistema depende no sólo del estado inicial y final, sino también de los estados intermedios, es decir, de la trayectoria.* Además, podemos llevar al sistema por una serie de estados que formen un ciclo completo. En este

caso, el estado final será el mismo que el inicial, pero el trabajo total efectuado por el sistema *no* es cero.

Energía interna U, es toda la energía de un sistema que se asocia con los componentes microscópicos del sistema. La energía interna incluye energía cinética de traslación aleatoria, rotación y vibración de moléculas, energía potencial vibratoria dentro de las moléculas y energía potencial entre moléculas. (Física para ciencias e ingeniería, Serway- Jewett, Volumen 1, Séptima Edición)

Esta energía interna U, no depende de la ruta o trayectoria que siguió el sistema entre el estado inicial y el estado final. Se debe tener en mente que

U es independiente de la ruta o trayectoria, mientras que Q y W si dependen de la trayectoria.

En un proceso como se muestra en la figura, sí se conoce que el cambio de Energía Interna del sistema es $\Delta U = 20 \text{ J}$ al pasar de a-b, por la trayectoria acb, entonces se conocerá cual es el cambio de energía interna ΔU si pasa

por la trayectoria adb, siendo la respuesta $\Delta U = U_b - U_a$, ya que este cambio de energía solo dependen del punto final e inicial, sin importar la trayectoria.

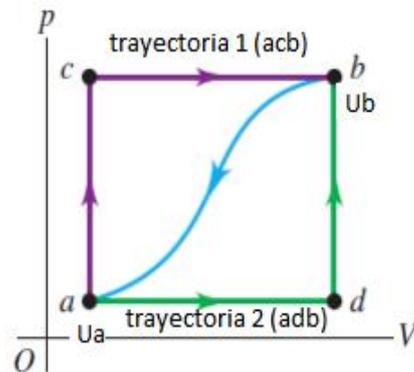


Figura 9: Cambio de Energía Interna
Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12 a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

El cambio de energía interna se define de la siguiente manera, $dU = \delta Q - \delta W$, donde el símbolo δ se utiliza para denotar que estos son diferenciales inexactos [13] pues dependen de la trayectoria. Para la diferencial dU , esta representa un cambio infinitesimal en el valor de U y la integración da una diferencia entre dos valores tal que:

$$\int_{U_1}^{U_2} dU = U_2 - U_1 = \Delta U$$

$$\int \delta Q = Q \quad ; \quad \int \delta W = W$$

Finalmente podemos expresar la energía U , en términos de sus condiciones iniciales y finales:

$$dU = \delta Q - p dV$$

Un proceso que tarde o temprano vuelve un sistema a su estado inicial, es un proceso *cíclico*. En un proceso así, el estado final es el mismo que el inicial, así que el cambio *total* de energía interna debe ser cero.

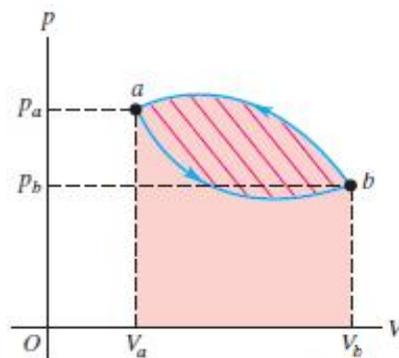


Figura 10: Proceso Cíclico, $\Delta U = 0$
 Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

Si el sistema realiza una cantidad neta de trabajo W durante este proceso, deberá haber entrado en el sistema una cantidad igual de energía como calor Q ($Q=W$). Pero no es necesario que Q o W individualmente sean cero.

Un ejemplo de esto, es nuestro cuerpo, quien realiza constantemente un proceso termodinámico cíclico. Se agrega calor Q metabolizando alimento, y el cuerpo realiza un trabajo W al respirar, caminar y efectuar otras

actividades. Si volvemos al mismo estado al final del día ($Q = W$) y el cambio neto de nuestra energía interna es cero.

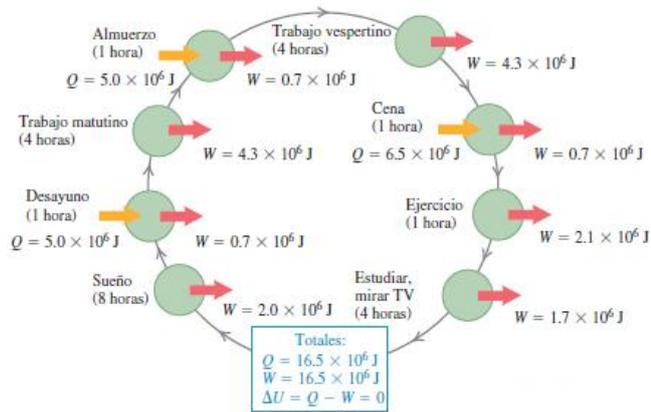


Figura 11: Proceso Cíclico de nuestro cuerpo, $\Delta U = 0$
 Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

Procesos termodinámicos: Existen 4 tipos de procesos termodinámicos, cada uno de ellos tiene sus propias restricciones.

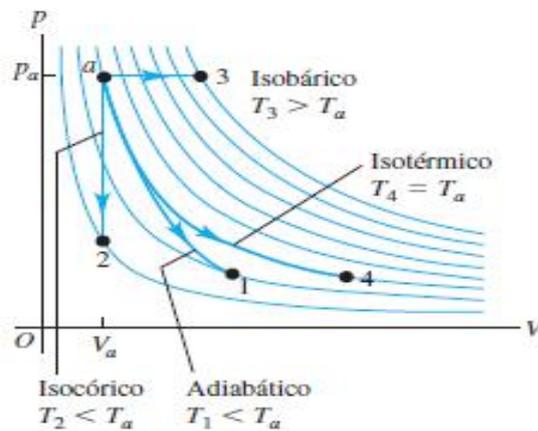


Figura 12: Tipos de Procesos Termodinámicos
 Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

Proceso isocórico, a volumen constante ($\Delta V=0$, $W=0$)

Proceso isobárico, a presión constante ($p=\text{cte}$, $W=p \, dV$)

Proceso isotérmico, a temperatura constante ($T_i=T_f$)

Proceso adiabático, no entra ni sale calor del sistema ($Q=0$, $\Delta U= -W$)

Proceso isocórico, se efectúa a *volumen constante*. Si el volumen de un sistema termodinámico es constante, no efectúa trabajo sobre su entorno; por lo que: **$W = 0$ y $\Delta U = Q$**

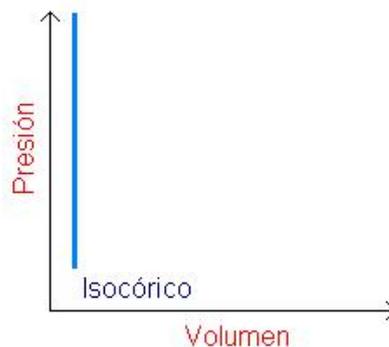


Figura 13: Proceso Isocórico (volumen constante).
Fuente: portal.perueduca.edu.pe/modulos/m_terminamica1.0/primera.htm

En un proceso isocórico, toda la energía agregada como calor, permanece en el sistema como aumento de energía interna. Calentar un gas en un recipiente cerrado de volumen constante es un ejemplo de proceso isocórico. (Hay tipos de trabajo que no implican un cambio de volumen. Por ejemplo, efectuamos trabajo sobre un fluido cuando se lo agita).

En un gas ideal, donde se efectúa un proceso a volumen constante, la variación infinitesimal del calor está dado por la relación: $dQ = n C_v dT$. Por lo tanto: $dU = n C_v dT$, en cualquier tipo de proceso termodinámico.

Proceso Isobárico, se efectúa a *presión constante*. En general, ninguna de las tres cantidades: U , Q y W es cero en un proceso isobárico, pero aún así es fácil calcular W y el calor Q , del sistema. Para un gas ideal W y Q , están dados por las siguientes relaciones:

$$W = p(V_2 - V_1)$$

$$Q = \int n C_p dT$$

El hervir agua y cocinar los alimentos es un ejemplo de proceso isobárico, ya que se realiza todo el proceso a presión constante.

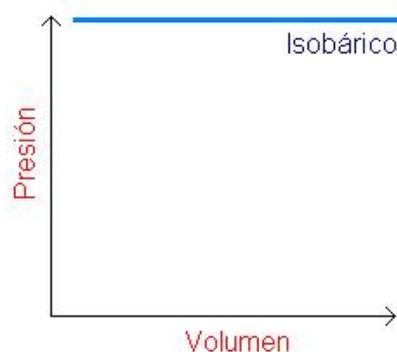


Figura 14: Proceso Isobárico (presión constante).

Fuente: portal.perueduca.edu.pe/modulos/m_termodinamica1.0/primer.html

Proceso isotérmico, se efectúa a *temperatura constante*. Para ello, todo intercambio de calor con el entorno debe efectuarse con tal lentitud para que se mantenga el equilibrio térmico. En general, ninguna de las cantidades U , Q o W es cero, en un proceso isotérmico.

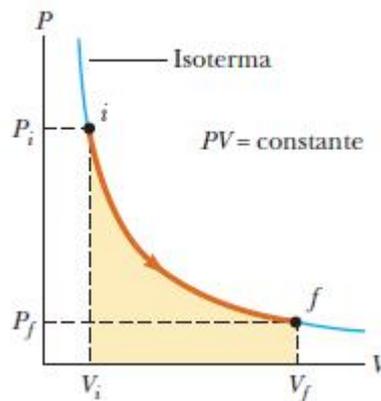


Figura 15: Proceso Isotérmico (temperatura constante).
Fuente: Física para ciencias e ingeniería, Serway- Jewett, Volumen 1, Séptima Edición

En algunos casos especiales, la energía interna de un sistema depende *únicamente* de su temperatura, no de su presión ni de su volumen, el sistema más conocido que posee esta propiedad especial es el gas ideal. En tales sistemas, si la temperatura es constante, la energía interna también lo es ($U=0$), por lo tanto $Q=W$. Es decir, toda la energía que entre en el sistema como calor Q deberá salir como trabajo W , efectuado por el sistema. En un cambio finito de volumen de V_1 a V_2 ,

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \, dV$$

Conociendo que la ecuación del gas ideal es $pV = nRT$, se puede reemplazar la presión en la ecuación anterior.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

Resolviendo esta ecuación, se conoce el trabajo en función de la variación del volumen, cuando se realiza a temperatura constante.

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Proceso adiabático, es aquel donde no entra ni sale calor del sistema ($Q=0$). Podemos evitar el flujo de calor ya sea rodeando el sistema con material térmicamente aislante o realizando el proceso con tal rapidez que no haya tiempo para un flujo de calor apreciable. Para todo proceso adiabático:

$$\Delta U = -W$$

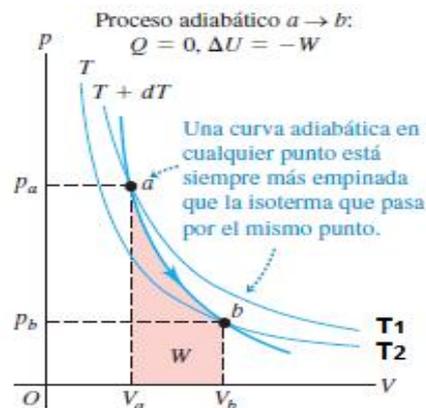


Figura 16: Proceso Adiabático (no hay flujo de calor $Q=0$).
 Fuente: Física Universitaria. Vol.1, 12a Edición. Sears, Zemansky, Young & Freedman

Cuando un sistema se *expande* adiabáticamente, W es positivo (el sistema efectúa trabajo sobre su entorno), así que U es negativo y la energía interna disminuye.

Si un sistema se *comprime* adiabáticamente, W es negativo (el entorno efectúa trabajo sobre el sistema), así que ΔU es positiva y la energía aumenta.

En muchos sistemas, el aumento de energía interna va acompañado por un aumento de temperatura; y una disminución de energía interna, de un descenso en la temperatura.

Como ya se mencionó anteriormente, para el caso de gases ideales, la energía interna está relacionada con el cambio de temperatura de la siguiente manera.

$$\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} n C_v dT$$

Por lo tanto,

$$\Delta U = n C_v (T_2 - T_1)$$

En el caso de un proceso adiabático, $\Delta U = -W$

Por lo que $W = n C_v (T_1 - T_2)$

Conociendo que en la ecuación del gas ideal $pV = nRT$,

Entonces: $W = n C_v \left(\frac{p_1 V_1}{nR} - \frac{p_2 V_2}{nR} \right)$

Dado que $C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$, entonces: $W = n \frac{R}{\gamma - 1} \left(\frac{p_1 V_1}{nR} - \frac{p_2 V_2}{nR} \right)$

Entonces, el trabajo W es equivalente a: $W = \frac{1}{\gamma - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2)$

2.5: PRUEBA F (ANOVA)

La necesidad de disponer de métodos estadísticos para comparar las medias de más de dos poblaciones es evidente, es por esto que el análisis de varianza (ANOVA) es uno de los métodos estadísticos más utilizados. Este método se utiliza para probar hipótesis de las medias poblacionales.

Cuando se utiliza la técnica ANOVA se deben cumplir los siguientes supuestos:

1. Las personas de los diversos subgrupos deben seleccionarse mediante el muestreo aleatorio, a partir de poblaciones normalmente distribuidas.
2. La varianza de los subgrupos debe ser homogénea.
3. Las muestras que constituyen los grupos deben ser independientes.

El método de análisis de varianza de dos factores, se utiliza con datos separados por categorías, formados de acuerdo con los dos factores.

En este caso las fórmulas son parecidas a la del ANOVA de una vía, pero en se agrega el cálculo por renglones, adicional al de columnas, donde se incluye la variable de bloqueo. Con esto se trata de bloquear un factor externo, que probablemente tenga efecto en la respuesta, pero que no hay interés en probar su influencia, sólo se bloquea para minimizar la variabilidad de este factor externo, evitando que contamine la prueba de igualdad entre los tratamientos.

Cuando aplicamos el análisis ANOVA, se analizan tres posibles efectos.

1. Interacción entre los dos factores.
2. Interacción del primer factor para verificar si produce algún efecto.
3. Interacción del segundo factor para verificar si produce algún efecto.

CAPITULO 3:

METODOLOGÍA PARA INVESTIGACIÓN

3.1: SUJETO

Participaron en este estudio 128 estudiantes de una Universidad Estatal de la ciudad de Guayaquil, que se encontraban cursando la materia de Física B en las carreras de Ingeniería.

Para la aplicación de esta investigación se utilizó la misma cantidad de tiempo y el mismo contenido en los diferentes grupos; durante las horas de clase donde se presentaron diapositivas para la explicación de la unidad, el

docente responsable de cada grupo, revisó ejercicios y adicional se enviaron deberes. Además se emplearon folletos explicativos referentes a la metodología de Problema Resuelto y las diferentes estrategias de resolución de problemas, los cuales fueron repartidos a los diferentes grupos.

3.2: TAREAS Y MATERIALES

La tarea instruccional utilizada para este estudio, fue la Primera Ley de la Termodinámica, en la que se emplearon 6 horas de clase para cada grupo. Los estudiantes estuvieron repartidos en 4 grupos, tal como se indica en la Tabla 1.

	Aplicación de estrategias de resolución de problemas	Sin aplicación de estrategias de resolución de problemas
Aplicación de método de problema resuelto	<p>Grupo 1: Aplicación de método de problema resuelto</p> <p>Estrategias de resolución de problemas</p>	<p>Grupo 2: Aplicación de método de problema resuelto</p> <p>Sin estrategias de resolución de problemas</p>
Sin aplicación de método de problema resuelto	<p>Grupo 3: Sin aplicación de método de problema resuelto</p> <p>Estrategias de resolución de problemas</p>	<p>Grupo 4: Sin aplicación de método de problema resuelto</p> <p>Sin estrategias de resolución de problemas</p>

Tabla 1: Grupos de Trabajo según la Estrategia a utilizar
Elaborado por: EL AUTOR

A los estudiantes se les aplicó una prueba de entrada para medir sus conocimientos previos, la misma que fue de carácter formativo. De igual manera se aplicó una prueba de salida para medir su rendimiento, la cual fue de carácter sumativo.

3.3: VARIABLES

3.3.1: VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente es el aprovechamiento de los estudiantes que se midió, mediante una prueba objetiva que constaba de 10 preguntas de múltiples respuestas. Esta prueba se aplicó antes y después de la intervención.

3.3.2: VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente es la estrategia de problema resuelto. Esta consta de dos niveles, en el primer nivel se aplicó el método de problema resuelto durante todo el proceso de la intervención y en el segundo nivel no se incluyó la aplicación de esta estrategia, tal como se muestra en la tabla 1.

3.3.3: VARIABLE MODERADORA

La variable moderadora es el uso de estrategias de resolución de problemas. Esta consta de dos niveles, en el primer nivel se aplicaron diferentes métodos de resolución de problemas y en el segundo nivel no se incluyó la aplicación de esta estrategia, tal como se muestra en la tabla 1.

3.4: PROCEDIMIENTO.

3.4.1: PRUEBA DE ENTRADA

Al iniciar el capítulo de Termodinámica, se aplicó una prueba de entrada, esta prueba fue de carácter formativo; constó de 15 preguntas, entre las cuales se incluyeron 12 preguntas teóricas de opción múltiple, y 3 ejercicios de desarrollo. Esta prueba tuvo una duración de 40 minutos y fue ponderada sobre 20 puntos. (ver Anexo I).

3.4.2: INTERVENCIÓN

Esta etapa constó de 6 horas de clase, tiempo en el cual cada docente explicó el contenido de la materia a dictarse. Dependiendo del grupo al que pertenecían los estudiantes, fueron repartidos los folletos de

Estrategia de Resolución de Problemas y/o Metodología de Problema Resuelto. Estos folletos contenían problemas, donde se explicó detalladamente el uso de las estrategias propuestas. (Ver Anexo II y III).

En el grupo número 1, se aplicó la Metodología de Problema Resuelto y las estrategias de Resolución de Problemas, en el segundo grupo se aplicó únicamente la Metodología de Problema Resuelto, de la misma manera en el tercer grupo se aplicó el uso de estrategias de Resolución de Problemas, y en el cuarto grupo no se utilizó ninguna de estas estrategias.

3.4.3: PRUEBA DE SALIDA

Al finalizar el subcapítulo de la Primera Ley de la Termodinámica, se dedicó 40 minutos para realizar la prueba de salida, con el fin de medir el rendimiento de los estudiantes. Esta prueba fue la misma que la prueba de entrada y fue ponderada sobre 20 puntos.

3.4.4: ANÁLISIS

Finalmente, se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) o Prueba F (2X2), a un nivel de significación del 0,05 para determinar si la muestra es adecuada y se emplearon herramientas informáticas (EXCEL, R y STATDISK) para el análisis de los resultados.

CAPITULO 4:

RESULTADOS

4.1: PRUEBA DE ENTRADA.

Se aplicó una prueba de entrada a los alumnos de la materia de física B, que pertenecían a los grupos de estudio para el presente trabajo. Esta prueba constó de 15 preguntas, antes descritas. En la siguiente tabla se indica la cantidad de estudiantes de cada grupo, que participaron en esta prueba.

	GRUPO1 METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO & ESTRATEGÍAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	GRUPO2 METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO	GRUPO3 ESTRATEGÍAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	GRUPO4 GRUPO DE CONTROL
N (sujetos)	26	31	34	37
MEDIA	6,81	6,29	6,88	7,30
MEDIANA	7,00	7,00	7,00	8,00
VARIANZA (s^2)	5,20	2,95	2,53	3,99
DESV. ESTANDAR (s)	2,28	1,72	1,59	2,00

Tabla 2: Datos Estadísticos de la Prueba de Entrada de los diferentes grupos

Fuente: Resultados de la Prueba de Entrada y Salida. Anexo 1

Elaborado por: EL AUTOR

La tabla 2, muestra el rendimiento que tuvieron los cuatro grupos en la prueba de entrada, los mismos tienen un promedio entre 6.29 y 7.30, siendo el grupo 2 quien tiene el menor promedio (6.29) y el grupo 4 quien tiene el mayor promedio (7.30). A continuación se presenta un histograma de frecuencias, de las notas obtenidas para cada grupo de estudio.

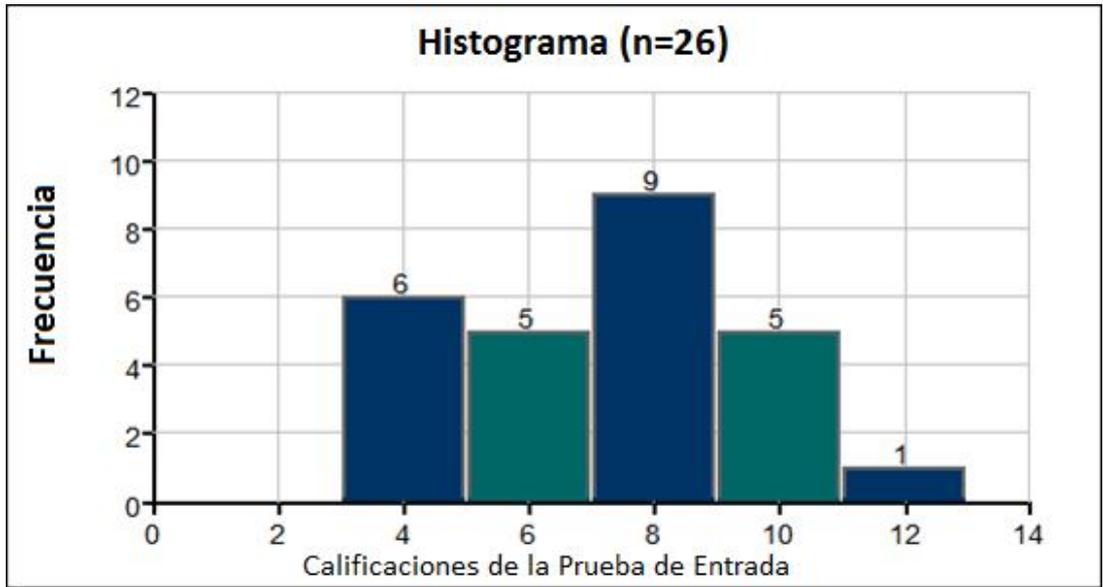


Figura 17: Histograma de Calificaciones de prueba de entrada del Grupo 1
 Metodología de Problema Resuelto y Estrategias de Resolución de Problemas
 Fuente: STATDISK

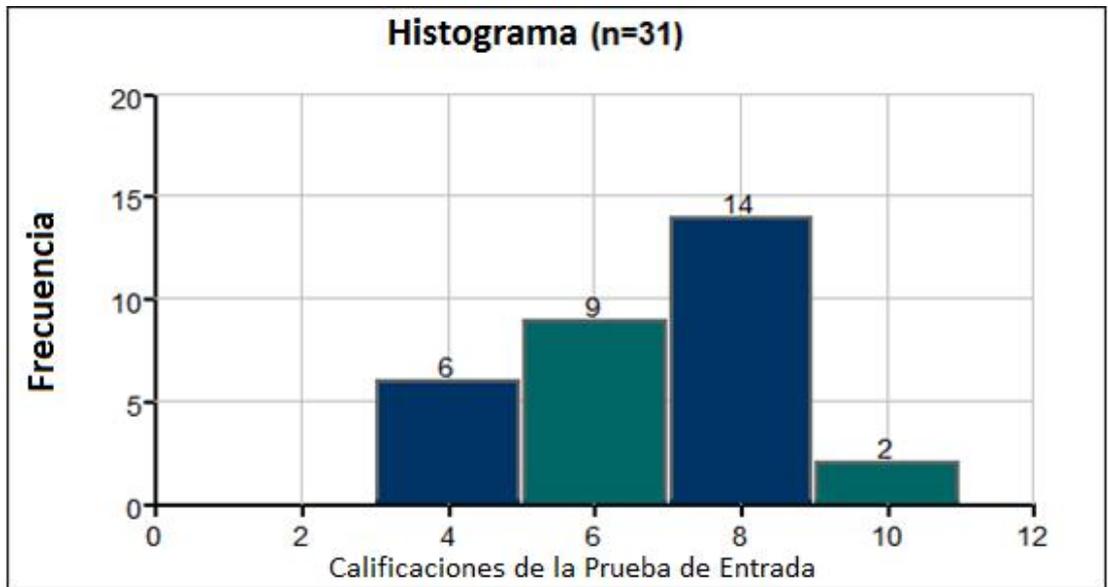


Figura 18: Histograma de Calificaciones de prueba de entrada del Grupo 2
 Metodología de Problema Resuelto
 Fuente: STATDISK

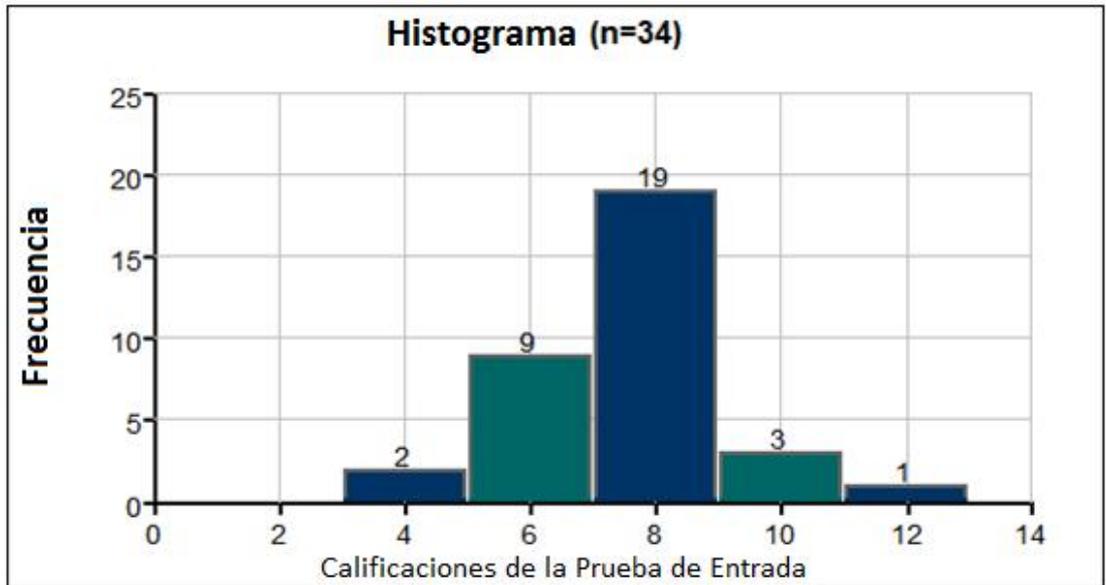


Figura 19: Histograma de Calificaciones de prueba de entrada del Grupo 3
Estrategias de Resolución de Problemas
Fuente: STATDISK

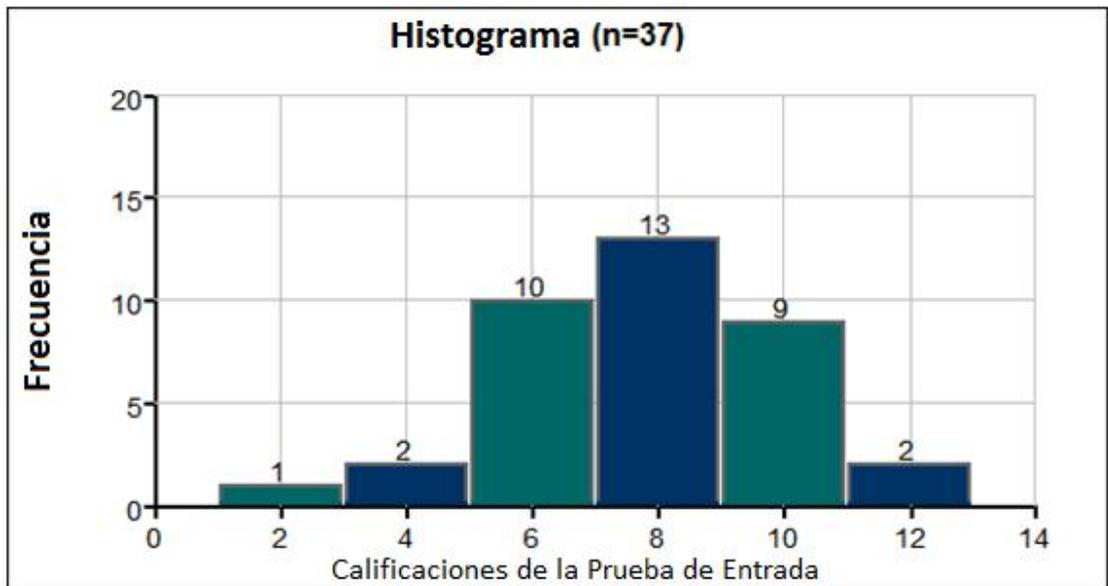


Figura 20: Histograma de Calificaciones de prueba de entrada del Grupo 4
Grupo de Control
Fuente: STATDISK

En las gráficas anteriores, se puede evidenciar que las notas obtenidas por cada grupo en la prueba de entrada, se aproximan a una distribución de tipo normal. De igual forma, la desviación estándar de los grupos se encuentra entre 1.59 y 2.28; siendo el grupo 3 quien tiene la menor desviación estándar (1.59) y el grupo 1 quien tiene la mayor (2.28).

4.2: PRUEBA DE SALIDA.

Se aplicó la prueba de salida a los alumnos de la materia de física B, en los grupos seleccionados para el estudio. Este instrumento fue el mismo que se aplicó como prueba de entrada. Los resultados de esta prueba se utilizaron para el análisis estadístico.

En cada grupo se encontraban registrados 40 estudiantes aproximadamente, sin embargo, a la prueba de salida se presentaron 34 alumnos en uno de los grupos de trabajo, por esta razón se escogieron 32 pruebas de salida, seleccionadas al azar, para el análisis estadístico. En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos.

	GRUPO1 METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO & ESTRATEGÍAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	GRUPO2 METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO	GRUPO3 ESTRATEGÍAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	GRUPO4 GRUPO DE CONTROL
N (sujetos)	32	32	32	32
MEDIA	11,81	11,09	10,31	10,34
MEDIANA	11,50	11,50	10,00	9,50
VARIANZA (s^2)	7,51	11,76	8,48	6,88
DESV. ESTANDAR (S)	2,74	3,43	2,91	2,62
VALOR MÍNIMO	8,00	3,00	6,00	8,00
1ER CUARTIL	10,00	9,00	8,00	8,00
2DO CUARTIL	11,50	11,50	10,00	9,50
3R CUARTIL	14,00	14,00	12,50	12,00
VALOR MÁXIMO	18,00	16,00	16,00	18,00

Tabla 3: Datos Estadísticos de la Prueba de Salida de los diferentes grupos
Fuente: Prueba de Entrada y Salida Anexo 1
Elaborado por: EL AUTOR

La tabla 3, muestra el rendimiento que tuvieron los cuatro grupos en la prueba de salida, los mismos tienen un promedio entre 10.31 y 11.81, siendo el grupo 3 quien tiene el menor promedio (10.31) y el grupo 1 quien tiene el mayor promedio (11.81). A continuación se presenta un histograma de frecuencias, de las notas obtenidas para cada grupo de estudio.

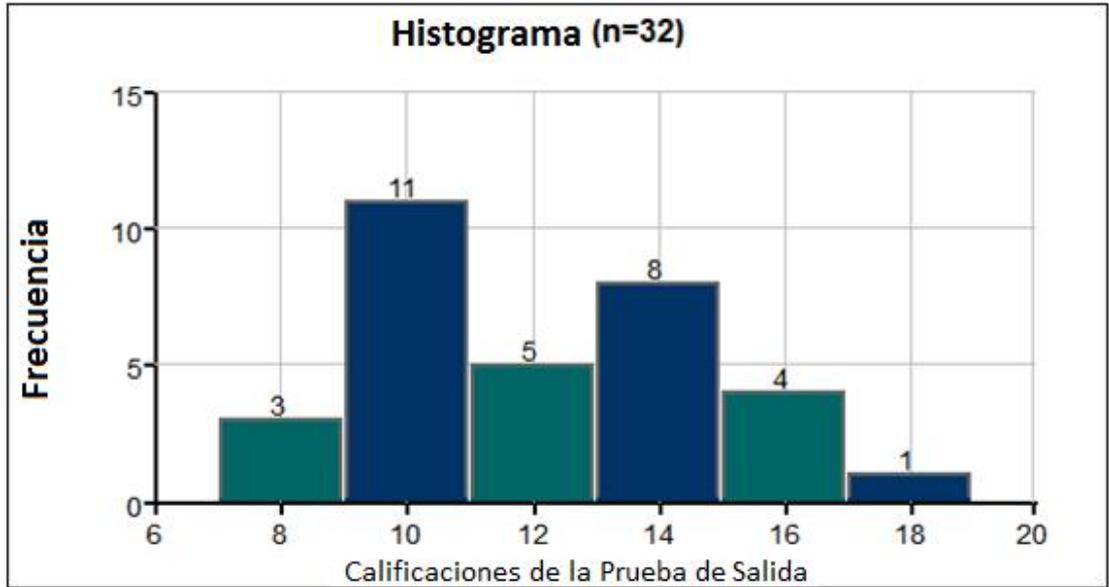


Figura 21: Histograma de Calificaciones de prueba de salida del Grupo 1
Metodología de Problema Resuelto y Estrategias de Resolución de Problemas

Fuente: STATDISK

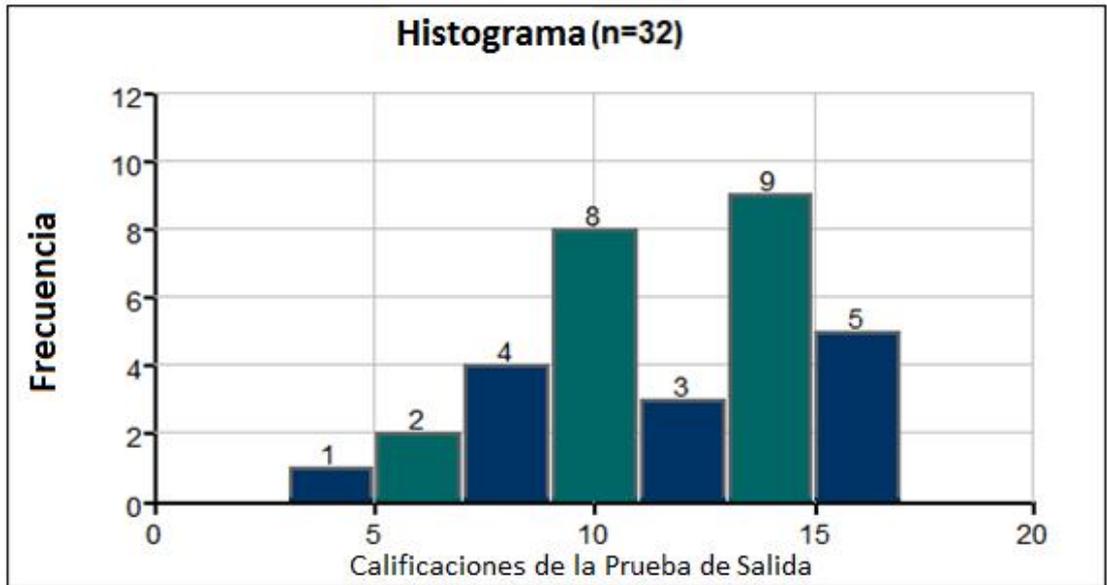


Figura 22: Histograma de Calificaciones de prueba de salida del Grupo 2
Metodología de Problema Resuelto

Fuente: STATDISK

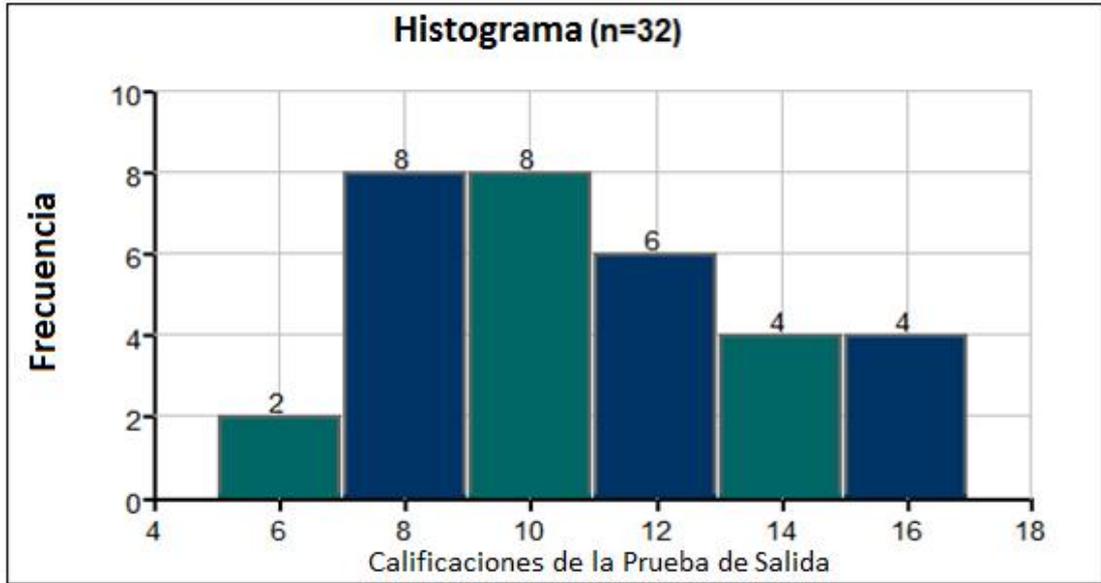


Figura 23: Histograma de Calificaciones de prueba de salida del Grupo 3
Estrategias de Resolución de Problemas
Fuente: STATDISK

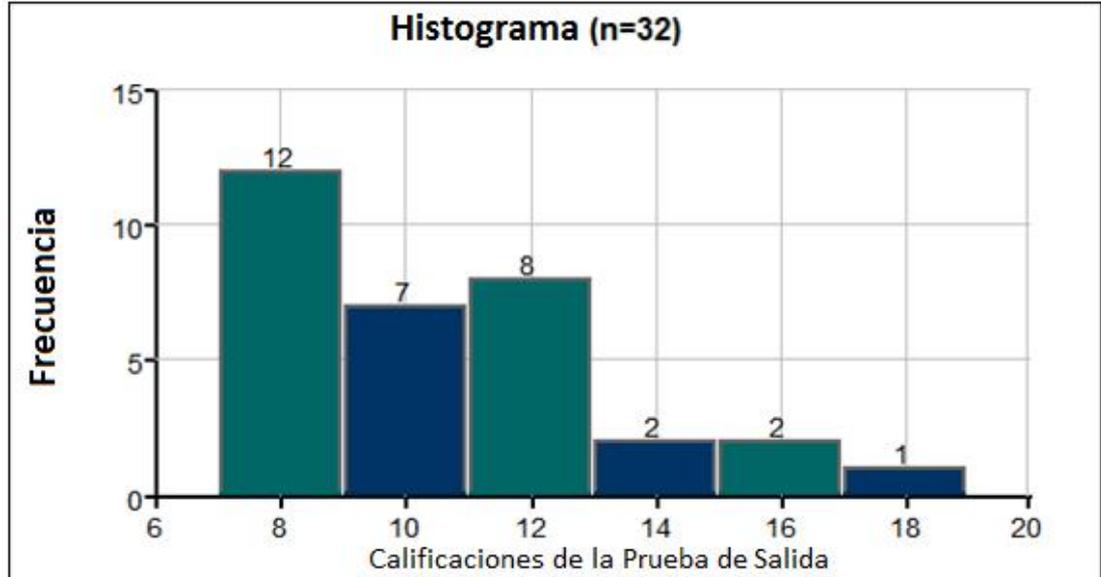


Figura 24: Histograma de Calificaciones de prueba de salida del Grupo 4
Grupo de Control
Fuente: STATDISK

En las gráficas anteriores, se puede observar la distribución de los resultados de la prueba de salida, que obtuvieron los diferentes grupos que participaron en este trabajo. La desviación estándar se encuentra entre 2.62 y 3.43 puntos, siendo el grupo 4 el que tienen menor desviación estándar (2.62) y el grupo 2 el que tiene mayor desviación (3.43).

A continuación se presenta un gráfico BOXPLOT, donde se indica los valores máximo y mínimo de cada grupo, así como el primero, segundo y tercer cuartil para cada caso.

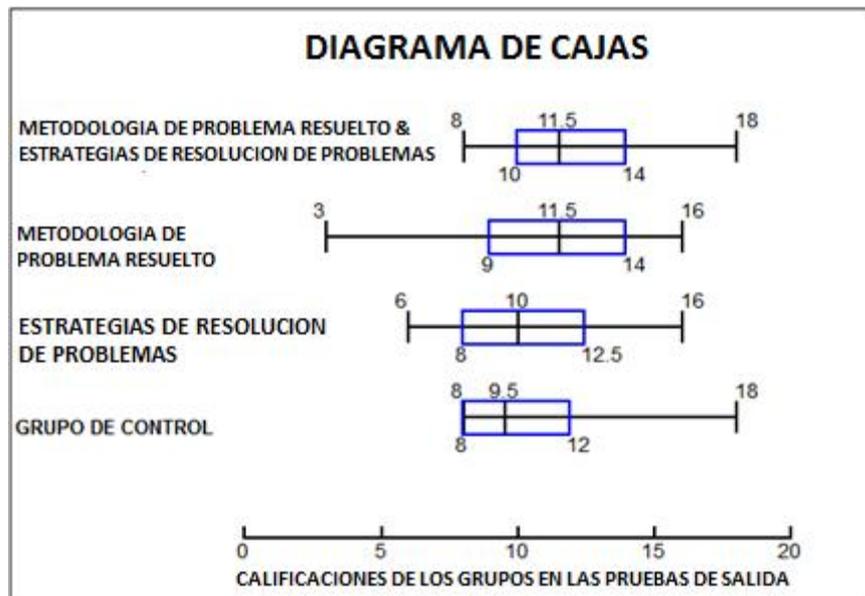


Figura 25: Diagrama de Caja de los diferentes grupos de trabajo

Fuente: STATDISK

En el gráfico anterior se puede identificar que, para el segundo grupo que aplicó la metodología de problema resuelto, las notas se encuentran entre 3 y 16 puntos, con una mediana de 11.5 puntos; el primer y tercer cuartil se encuentra en 9 y 14 puntos respectivamente. De igual forma, el grupo 4 o grupo de control tiene valores entre 8 y 18 puntos, con una mediana de 9.5 puntos, el primer y tercer cuartil se encuentra en 8 y 12 puntos respectivamente, lo que evidencia una concentración de notas al lado izquierdo de la gráfica.

4.3: CONTRASTE DE HIPÓTESIS ANOVA

Tal como se mencionó anteriormente, la desviación estándar de cada uno de estos grupos es levemente diferente, sin embargo se procedió a realizar un análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para verificar y/o comprobar la interacción de los dos factores que intervienen en el presente estudio (Factor 1: Metodología de Problema Resuelto y Factor 2: Estrategias de Resolución de Problemas). Para realizar este análisis estadístico se utilizarán herramientas informáticas como EXCEL, STATDISK y R.

Tal como se indicó anteriormente, cuando aplicamos el análisis ANOVA de dos factores, se analizan tres posibles efectos

1. Interacción entre los dos factores.
2. Interacción del primer factor para verificar si produce algún efecto.
3. Interacción del segundo factor para verificar si produce algún efecto.

A los resultados obtenidos de la prueba de salida, se aplicó el análisis estadístico ANOVA para varianzas de dos factores con un nivel de confianza de 95%.

4.3.1: PRIMERA HIPÓTESIS

El primer factor a analizar, es la interacción entre los factores de tipo fila de nuestra tabla para el análisis ANOVA 2x2, ver tabla 4, siendo estos:

Factor Fila1: Aplicación de método de problema resuelto y

Factor Fila2: No aplicación de método de problema resuelto.

		Columna 1	Columna 2
		Aplicación de estrategias de resolución de problemas	Sin aplicación de estrategias de resolución de problemas
Fila 1	Aplicación de método de problema resuelto	Grupo 1: Aplicación de método de problema resuelto Estrategias de resolución de problemas	Grupo 2: Aplicación de método de problema resuelto Sin estrategias de resolución de problemas
Fila 2	Sin aplicación de método de problema resuelto	Grupo 3: Sin aplicación de método de problema resuelto Estrategias de resolución de problemas	Grupo 4: Sin aplicación de método de problema resuelto Sin estrategias de resolución de problemas

Tabla 4: Interacción de Factores
Elaborado por: EL AUTOR

En el caso de la interacción de los factores de tipo fila, se concluye que el valor F de nuestros datos es igual a 4.677, ver tabla 5, con 1 grado de libertad en el numerador y 124 grados de libertad en el denominador, a la cual le corresponde una probabilidad acumulada en la cola derecha equivalente a 0.032, ver tabla 5.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	40,500	1,000	40,500	4,67734	0,03248	3,91755
Columnas	3,781	1,000	3,781	0,43670	0,50995	3,91755
Interacción	4,500	1,000	4,500	0,51970	0,47232	3,91755
Dentro del grupo	1.073,688	124,000	8,659			
Total	1.122,469	127,000				

Tabla 5: Datos Tabla ANOVA de dos factores con $\alpha=0.05$
Fuente: EXCEL, herramienta de análisis de datos
Elaborado por: el autor

En una tabla de distribución F, se podrá encontrar que para un $\alpha=0.05$ con 1 grado de libertad en el numerador y 124 grados de libertad en el denominador, $F=3.9175$, valor que representa el límite de la región donde se acepta o se rechaza la hipótesis nula. Dado que nuestro valor F (4.677) es mayor al valor F crítico (3.9175), se rechaza la hipótesis nula, favoreciendo la hipótesis alternativa H_1 "Aquellos estudiantes que aplican la Metodología de Problema Resuelto, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican"

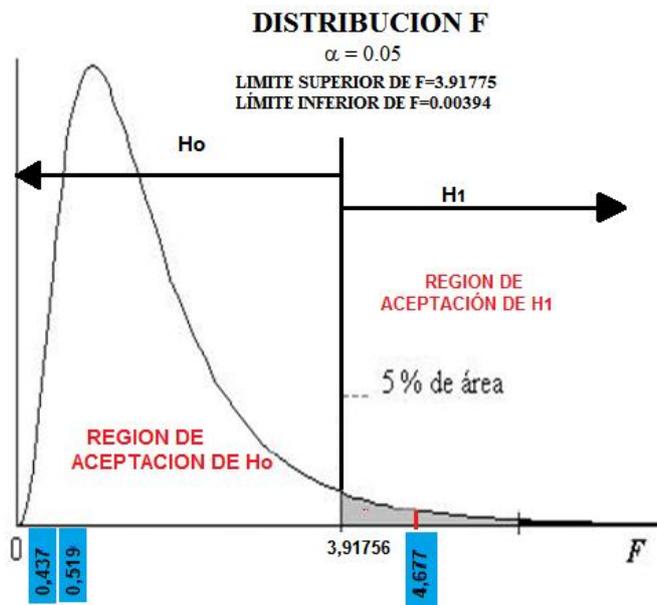


Figura 26: Distribución F(0.05, 1, 124). Análisis de la primera hipótesis nula.
Fuente: EL AUTOR

4.3.2: SEGUNDA HIPÓTESIS

El segundo factor a analizar, es la interacción entre los factores de tipo columna de nuestra tabla para el análisis ANOVA 2x2, ver tabla 4, siendo estos: Factor Columna1: Aplicación de estrategias de resolución de problemas y Factor Columna2: No aplicación de estrategias de resolución de problemas.

En el caso de la interacción de los factores tipo columna, se concluye que el valor F de nuestros datos es igual a 0.4367, ver tabla 5, con 1 grado de libertad en el numerador y 124 grados de libertad en el denominador, a la cual le corresponde una probabilidad acumulada a la derecha, equivalente a 0.50995, ver tabla 5.

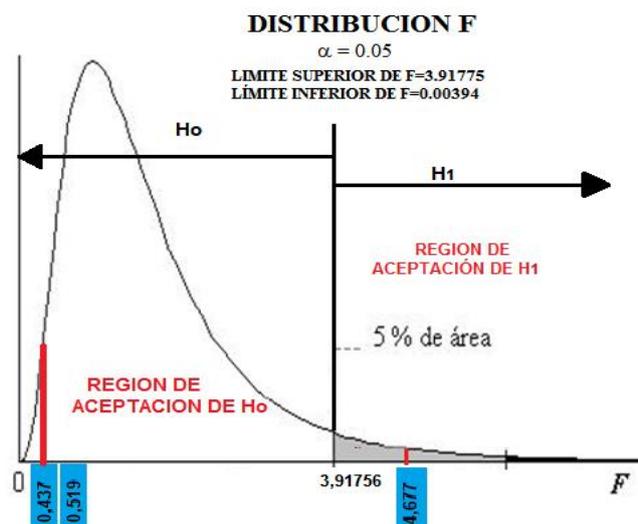


Figura 27: Distribución F(0.05,1,124). Análisis de la segunda hipótesis nula.

Fuente: EL AUTOR

Tal como se indicó el punto anterior, el F crítico es 3.9175. En la figura se aprecia que nuestro valor de F (0.4367) se encuentra hacia el lado izquierdo de la gráfica, dentro de la zona de aceptación de esta hipótesis nula. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula, H_0 “*No hay diferencia en el rendimiento de aquellos estudiantes que aplican las estrategias de resolución de problema, que aquellos que no la aplican*”

4.3.3: TERCERA HIPÓTESIS

El tercer factor a analizar, es la interacción entre los factores de tipo fila y columna de nuestra tabla para el análisis ANOVA 2x2, ver tabla 4.

En el caso de la interacción de los factores fila y columna, se concluye que el valor F de nuestros datos es igual a 0.5197, ver tabla 5, con 1 grado de libertad en el numerador y 124 grados de libertad en el denominador, a la cual le corresponde una probabilidad acumulada a la derecha equivalente a 0.4723, ver tabla 5.

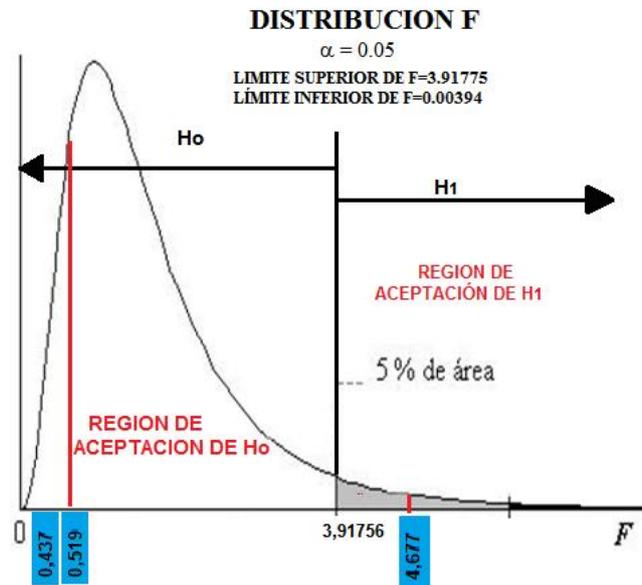


Figura 28: Distribución F(0.05,1,124). Análisis de la tercera hipótesis nula
 Fuente: EL AUTOR

El F crítico para nuestra distribución es 3.9175. En la figura anterior se aprecia que nuestro valor de F(0.5197) se encuentra hacia el lado izquierdo de la gráfica, dentro de la zona aceptación de esta hipótesis nula H_0 “*El aprendizaje mediante el método de problema resuelto, no brinda mejor resultado al utilizarlo en conjunto, con estrategias de resolución de problemas*”

Finalmente, se observa que no hay interacción entre los factores analizados en este estudio. No obstante se puede asegurar con un nivel de confianza del 95%, que la hipótesis nula (H_0) de la interacción de los factores fila, se

rechaza, aceptando que *Aquellos estudiantes que aplican la Metodología de Problema Resuelto, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican.*

4.3.4: GANANCIA DEL APRENDIZAJE

En el siguiente gráfico, se describen los valores de la media, para las pruebas de entrada y salida de los cuatro grupos de investigación.

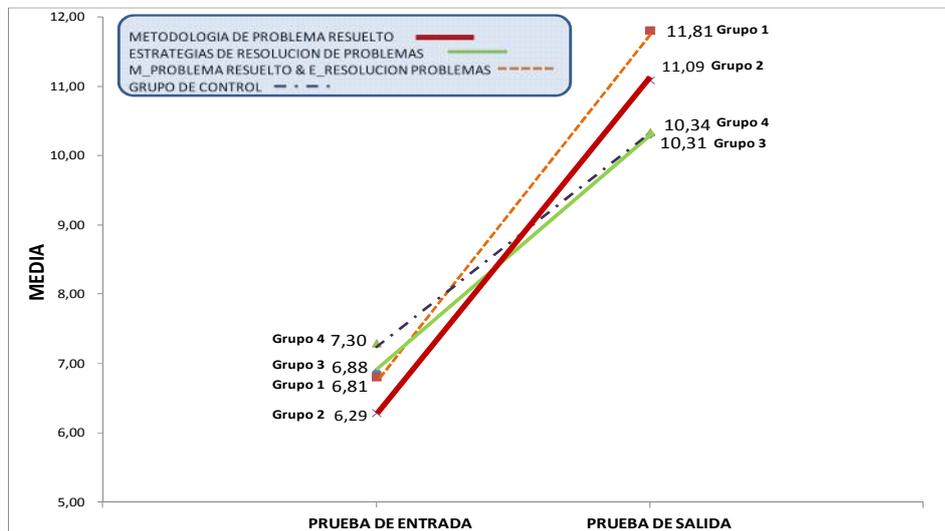


Figura 29: Media de las Pruebas de Entrada y Salida

Fuente: EL AUTOR

Podemos observar que en la prueba de entrada, el grupo 4 (grupo de control) tiene el mayor promedio y el grupo 2 (grupo que aplicó metodología de problema resuelto) tiene el menor promedio; por el contrario, en la prueba de salida tenemos que los grupos 1 y 2 han alcanzado mayor promedio,

mientras que los grupos 3 y 4 obtuvieron los promedios más bajos. A continuación se presenta un diagrama donde se puede visualizar, la diferencia entre la media de la prueba de entrada y salida de los diferentes grupos.

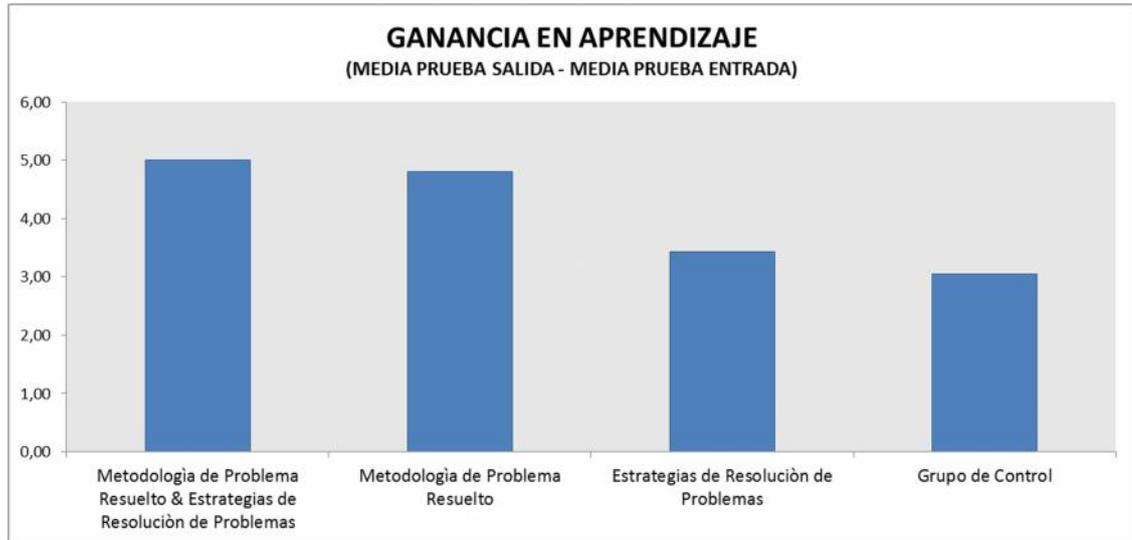


Figura 30: Ganancia en el Aprendizaje de los cuatro Grupos de Estudio

Fuente: EL AUTOR

La figura 31 muestra que, los cursos que obtuvieron mejores resultados, fueron aquellos que, utilizaron la combinación de las estrategias (Metodología de Problema Resuelto y Estrategias de Resolución de Problemas) y aquellos que utilizaron la Metodología de Problema Resuelto.

Así también, al generar un gráfico entre el promedio alcanzado por cada grupo en la prueba de salida y las estrategias que se utilizaron en cada grupo, se puede constatar que:

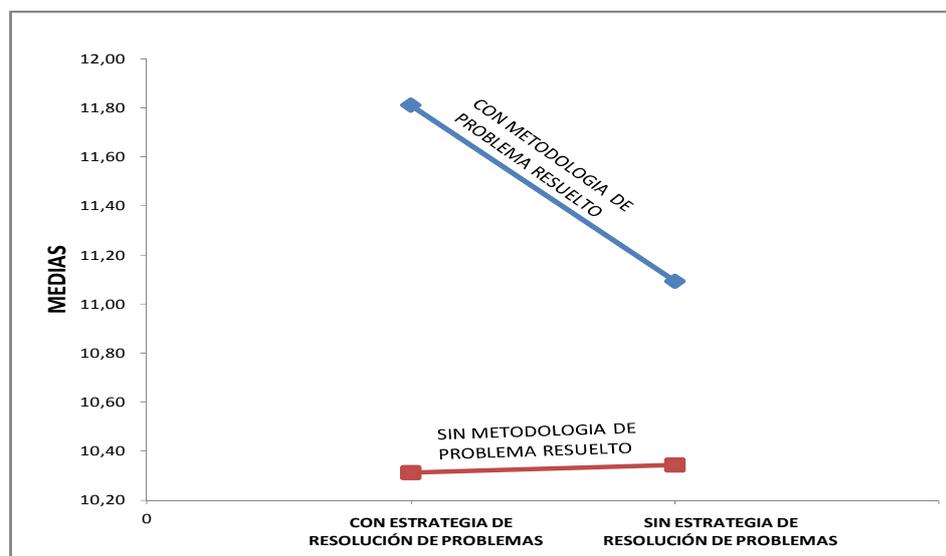


Figura 31: Promedio de cada Grupo vs las Estrategias Utilizadas

Fuente: EL AUTOR

- ✓ No hay interacción entre las estrategias utilizadas, tal como se comprobó en el análisis estadístico anterior, sobre la interacción entre grupos y donde se aceptó la tercera hipótesis nula.
- ✓ Aquellos grupos que utilizaron la metodología de problema resuelto alcanzaron mejor rendimiento, lo cual ha sido medido y analizado estadísticamente a través de la prueba de salida. Lo cual fue comprobado mediante el análisis estadístico del factor tipo Fila, donde

se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa “Aquellos estudiantes que aplican la Metodología de Problema Resuelto, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican”

- ✓ No hay interacción entre las dos metodologías propuestas, sin embargo se puede notar que, al combinar la Metodología de Problema Resuelto con otra estrategia, como la Resolución de Problemas, ayuda en el mejoramiento del rendimiento.

4.3.5: EFECTIVIDAD DE LAS RESPUESTAS

En el anexo 1 se presenta la prueba de entrada y salida que se empleó para medir el rendimiento de los estudiantes. Esta prueba fue dividida en dos categorías, la primera incluye: preguntas teóricas de opción múltiple y preguntas teóricas de opción múltiple que contienen gráficos para describir procesos termodinámicos; la segunda categoría incluye ejercicios para desarrollo, los cuales contienen gráficos para describir los diferentes procesos termodinámicos.

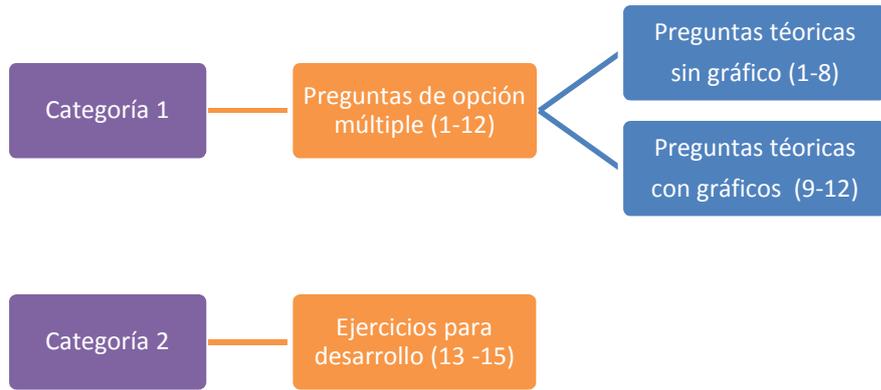


Figura 32: Media Distribución de la Prueba de Entrada
 Fuente: EL AUTOR

Para analizar la efectividad de la respuesta de los estudiantes, se procedió a cuantificar la cantidad de respuestas correctas en cada una de las preguntas. A continuación se presenta el porcentaje alcanzado en cada pregunta, tomando en cuenta a los cuatro grupos que participaron del estudio.



Figura 33: Efectividad de las Respuestas en la Prueba de Salida
 Fuente: EL AUTOR

Tal como podemos observar, las respuestas correctas se encuentran en la primera categoría, específicamente en el subgrupo de preguntas teóricas que no incluían gráficos (pregunta 1 hasta la 8); sin embargo dentro de este grupo, las preguntas 7 y 8 son aquellas que tienen un porcentaje menor al 40% de respuestas correctas. Las preguntas se las ha replicado a continuación.

Pregunta 7: ¿Cuál de los siguientes ejemplos pertenece a un proceso adiabático?

- A. Los motores de automóvil
- B. La ebullición del agua
- C. Un termo con agua caliente

Pregunta 8: ¿Cuál de los siguientes ejemplos pertenece a un proceso isobárico?

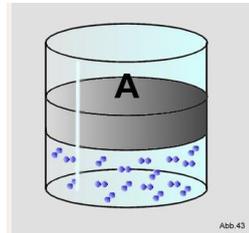
- A. El agua congelada de una refrigeradora.
- B. El calentamiento de un gas en un recipiente sellado herméticamente.
- C. La ebullición del agua en un recipiente abierto.

Las preguntas antes mencionadas, son situaciones de la vida diaria, para su análisis termodinámico, se necesita tener conocimiento previo de ciertos términos, y las condiciones que cada caso implica. Dado que los alumnos, al momento de realizar la prueba de salida, ya habían revisado estos temas, se puede advertir que, algunos estudiantes no están enlazando los conocimientos adquiridos en el aula, con las situaciones cotidianas.

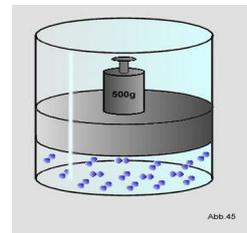
De igual forma, en el subgrupo de preguntas teóricas de opción múltiple que contienen gráficos para describir procesos termodinámicos (pregunta 9 a la 12), se observa que todas se encuentran en un porcentaje mayor al 47% de respuestas correctas; sin embargo la que tiene un menor porcentaje es la pregunta 10 con el 47%. La pregunta 10 se ha replicado a continuación.

Pregunta 10: Se observa a un gas, que se encuentra en un cilindro de vidrio encerrado por un disco movable con una superficie A (tal como se muestra en la figura de la izquierda). Inicialmente el gas está afectado por una presión, producida por el peso F del disco y la superficie A del disco. Se adiciona un peso de 500 g sobre el disco antes descrito, (tal como se muestra en la figura de la derecha), y el disco se mueve hacia abajo y comprime al gas una cierta

altura. Suponga que el proceso fue realizado muy rápido y no hubo transferencia de calor.



Estado inicial



Estado final

Considere las siguientes afirmaciones:

- I. El cambio de energía interna del sistema depende de la variación de la temperatura
- II. El trabajo realizado sobre el sistema depende de la variación de presión y volumen.
- III. El trabajo realizado sobre el sistema es igual a cero.
- IV. El cambio de energía interna del sistema es mayor al trabajo realizado.

De las afirmaciones anteriores, indique cuales son falsas:

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo IV
- D. III y IV
- E. I y II

La complejidad de la pregunta es de nivel medio, donde se deben tener presente los conceptos básicos de calor, presión, volumen y los diferentes procesos termodinámicos. Se considera que esta pregunta es netamente teórica por lo que se concluye que los estudiantes no tuvieron claro los conceptos al momento de dar esta prueba.

En la segunda categoría, donde se incluye tres problemas de desarrollo (pregunta 13, 14 y 15), se puede observar que, menos del 35% de estudiantes contestó correctamente dicho grupo de preguntas, siendo la pregunta 15 la que obtuvo el porcentaje más bajo con el 5.44%, de respuestas acertadas. Durante la revisión de las pruebas, se evidenció que al menos el 60% de los estudiantes no contestó la pregunta y por otra parte, cerca del 35% de estudiantes no contestaron correctamente dicha pregunta, identificando tres problemas puntuales;

- ✓ Los estudiantes no identifican un proceso cíclico y las implicaciones adicionales de esta situación ($\Delta U=0$, $Q=W$, $W=$ area debajo de la curva en la grafica P-V, etc).
- ✓ No identifican conceptos como trabajo (W) a presión constante, a volumen constante y cuando se realiza trabajo positivo o negativo.

- ✓ No identifican cual es la incognita del problema planteado. En la pregunta 15 se les pidió determinar la energia debido al calor en cada sistema o trayectoria, y lo que intentaron hallar fue la energía interna total del sistema.

CAPITULO 5:

5.1: CONCLUSIONES

Con el análisis ANOVA de dos factores, se ha podido determinar cuál de las hipótesis nulas es rechazada para este estudio.

De los datos que se han recopilado en el presente trabajo se establece que, con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa H1 (*Los estudiantes que aplican la metodología de problema resuelto, tienen mejor rendimiento que aquellos que no la aplican.*) Además, se acepta la segunda hipótesis nula, puesto que no hay evidencia significativa, que el uso de estrategias de resolución de problemas, mejoren el rendimiento de los estudiantes.

De igual forma, se acepta la tercera hipótesis nula, ya que en el análisis estadístico no se evidencia una interacción entre la aplicación de la metodología de problema resuelto al usar estrategias de resolución de problemas.

Es importante recalcar, que en los folletos y las pruebas entregadas a los estudiantes se incluyeron gráficos, con los datos propuestos en los respectivos ejercicios, para que los estudiantes analicen la información. Sin embargo, de acuerdo al análisis presentado en los resultados, Los estudiantes no pueden crear un gráfico e interpretarlo correctamente, pues presentan errores conceptuales y no pueden enlazar los conceptos con las situaciones planteadas.

5.2: TEORIZACIÓN

Generalmente este tipo de estudios metodológicos y estratégicos no son bien acogidas por los sujetos de estudio, por lo que los resultados dependerán del conjunto y entorno social de desarrollo y de las creencias e idiosincrasias tanto del interventor como de los intervenidos.

5.3: RECOMENDACIÓN O APLICACIÓN

La metodología de problema resuelto, permite lograr un mejor aprendizaje e incide en el rendimiento de los estudiantes de forma significativa.

Se sugiere realizar este tipo de intervenciones a otras áreas del conocimiento, para validar la investigación y generalizar una metodología de enseñanza que vaya en beneficio del estudiante y su auto-aprendizaje (aprendizaje auto-regulado).

ANEXO I: EVALUACIÓN DE ENTRADA Y SALIDA.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

1. La definición de la Primera Ley de la Termodinámica menciona que:
 - A. Si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema también cambiará.
 - B. El calor no puede, por sí mismo, pasar de un cuerpo más frío a uno más caliente.
 - C. Es imposible para un sistema experimentar un proceso cíclico cuyo único resultado sea la absorción de calor de un único depósito a una única temperatura y la transformación en una cantidad equivalente de trabajo.

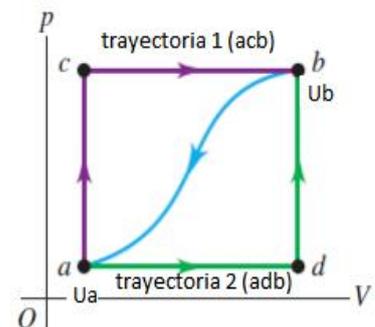
2. En un proceso Isocórico es constante:
 - A. La presión.
 - B. El volumen.
 - C. La temperatura.

3. En un proceso Isotérmico es constante:
 - A. La presión.
 - B. El volumen.
 - C. La temperatura.

4. En un proceso Isobárico es constante:
- A. El volumen.
 - B. La presión.
 - C. La temperatura.
5. Un proceso adiabático se cumple si:
- A. la energía interna de un gas es función de la temperatura exclusivamente.
 - B. la presión no cambia durante un proceso
 - C. la transferencia de calor hacia el sistema o proveniente de él es cero.
6. La afirmación correcta es:
- A. En un proceso isotérmico la temperatura no permanece constante durante la operación.
 - B. En un proceso isocórico no hay trabajo realizado por el sistema.
 - C. Si la presión cambia durante un proceso, se dice que éste es isobárico.
7. ¿Cuál de los siguientes ejemplos pertenece a un proceso adiabático?
- A. Los motores de automóvil
 - B. La ebullición del agua
 - C. Un termo con agua caliente

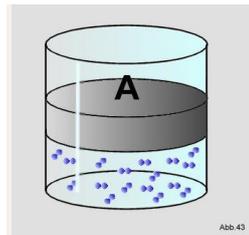
8. ¿Cuál de los siguientes ejemplos pertenece a un proceso isobárico?
- El agua congelada de una refrigeradora.
 - El calentamiento de un gas en un recipiente sellado herméticamente.
 - La ebullición del agua en un recipiente abierto.

9. En un proceso como se muestra en la figura, si se conoce que el cambio de Energía Interna del sistema es $\Delta U = 25 \text{ J}$ al pasar de a-b, entonces se puede afirmar que:

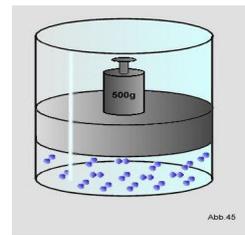


- El cambio de energía interna, pasando por la trayectoria acb, es igual al cambio de energía interna pasando por adb.
 - El cambio de energía interna, pasando por la trayectoria acb, es mayor al cambio de energía interna pasando por adb.
 - El cambio de energía interna, pasando por la trayectoria acb, es mayor a 25 J
 - El cambio de energía interna del sistema depende de la trayectoria.
10. Se observa a un gas, que se encuentra en un cilindro de vidrio encerrado por un disco movable con una superficie A (tal como se muestra en la figura de la izquierda). Inicialmente el gas está afectado por una presión, producida por el peso F del disco y la superficie A del disco. Se adiciona

un peso de 500 g sobre el disco antes descrito, (tal como se muestra en la figura de la derecha), y el disco se mueve hacia abajo y comprime al gas una cierta altura. Suponga que el proceso fue realizado muy rápido y no hubo transferencia de calor.



Estado inicial



Estado final

Considere las siguientes afirmaciones:

- I. El cambio de energía interna del sistema depende de la variación de la temperatura
- II. El trabajo realizado sobre el sistema depende de la variación de presión y volumen.
- III. El trabajo realizado sobre el sistema es igual a cero.
- IV. El cambio de energía interna del sistema es mayor al trabajo realizado.

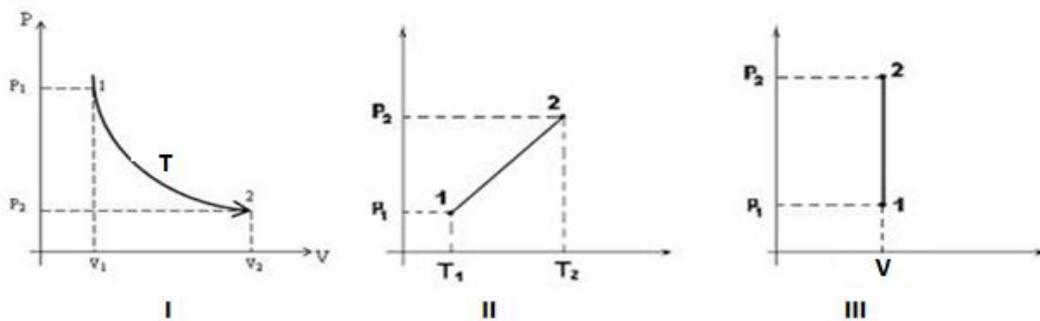
De las afirmaciones anteriores, indique cuales son falsas:

- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo IV

D. III y IV

E. I y II

11. Del siguiente grupo de gráficos ¿cuál representa mejor a un proceso isotérmico?



A. Solo I

B. Solo II

C. Solo III

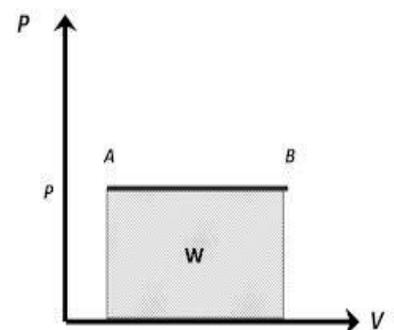
D. Todas las anteriores

12. El gráfico representa el trabajo que realiza cierto sistema sobre su entorno. Considere las siguientes afirmaciones:

I. El calor suministrado al sistema es cero.

II. El trabajo realizado es mayor a cero.

III. El trabajo realizado sobre el sistema es igual a cero.

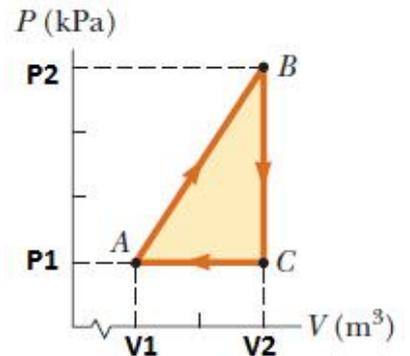


IV. El cambio de energía interna del sistema, solo depende del trabajo realizado.

De las afirmaciones anteriores, son verdaderas:

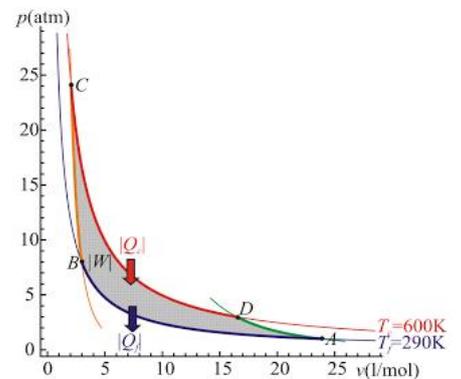
- A. Solo I
- B. Solo II
- C. Solo IV
- D. I, II y IV
- E. I y II

13. Considere el proceso cíclico que se bosqueja en la figura. Si Q es negativo para el proceso BC y ΔU es negativa para el proceso CA, ¿cuáles son los signos de Q , W y ΔU que se asocian con cada proceso?



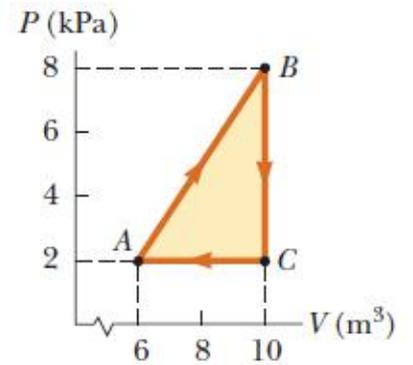
14. En el siguiente gráfico indique si el proceso es adiabático o isotérmico, de acuerdo a la trayectoria indicada.

TRAYECTORIA	PROCESO
A-B	
B-C	
C-D	
D-A	



15. Un gas se lleva a través del proceso cíclico descrito en la figura. a)

Encuentre la energía neta transferida al sistema por calor durante un ciclo completo. b) ¿Qué pasaría si? Si el ciclo se invierte (esto es, el proceso sigue la trayectoria ACBA), ¿cual es la entrada de energía neta por cada ciclo por calor?



ANEXOS II: METODOLOGÍA DE PROBLEMA RESUELTO

Como todos sabemos, una de las mayores dificultades que se presenta en el momento de resolver problemas relacionados a la Física, es el reconocer las variables e incluso reconocer las incógnitas que se plantean en las preguntas de los ejercicios que se pretenden resolver.

El **Problema Resuelto**, es una *metodología* que permite enfocarse en el problema, reconociendo los conceptos que están involucrados, como ayuda para resolver problemas complejos. Para lo cual se utilizarán diagramas, donde se indicará los conceptos que intervienen en el problema; de esta manera el estudiante podrá reconocer cuales son los datos que se le entregan y cuáles son las incógnitas que permitirán resolver el problema.

En el capítulo de *La Primera Ley de la Termodinámica*, se usará la *Metodología de Problema Resuelto*, con el fin de que los estudiantes que cursan la materia de Física B, puedan reconocer los conceptos importantes y posteriormente aplicarlos para resolver los problemas planteados. Primeramente se revisará los conceptos que intervienen en la Primera Ley de la Termodinámica.

Primera Ley de la Termodinámica: es el principio de conservación de la energía aplicado a un sistema de muchísimas partículas.

Cuando el calor fluye hacia o desde un sistema, el sistema gana o pierde una cantidad de energía igual a la cantidad de calor transferido. (Física Conceptual, Hewitt, Décima Edición)

La Primera Ley de la Termodinámica, describe la relación entre el calor, trabajo y la energía interna de un sistema. Esta ley es otro planteamiento de la conservación de la energía, en términos de las variables termodinámicas. (Física, Wilson Buffa Lou, Sexta edición)

$$\Delta U = Q - W$$

Calor o energía calorífica, nos referimos a la cantidad de energía que se agrega o se quita a la energía interna total de un objeto, por causa de una diferencia de temperatura.

La cantidad de calor (Q) necesaria para cambiar la temperatura de una sustancia es proporcional a la masa (m) de la sustancia y al cambio en su temperatura (ΔT). Es decir, $Q = c m \Delta T$, siendo c el *calor específico* $J/(kg.K)$.

Para un cambio infinitesimal de calor en un gas, $dQ = n C_p dT$, (donde C_p es capacidad calorífica molar a presión constante) o $dQ = n C_v dT$ (donde C_v es capacidad calorífica molar a volumen constante).

Según la convención de signos, se establece que:

Q se define como positivo si se transfiere calor hacia el sistema; si el calor se transfiere del sistema hacia los alrededores Q es negativa.

Puesto que el calor es energía *en tránsito*, la medimos en unidades estándar (SI) de energía (el joule), otras unidades de uso común es la kilocaloría (kcal)
(1 cal = 4.186 J)

Trabajo, en los procesos cuasi-estáticos o reversibles, podemos decir que el trabajo realizado por el sistema o sobre este, es igual al cambio de volumen al aplicar una presión en el sistema.

$$dW = P_{SIST}dV$$

En un cambio finito de volumen de V_1 a V_2 ,

$$W = \int_{v1}^{v2} p \, dV$$

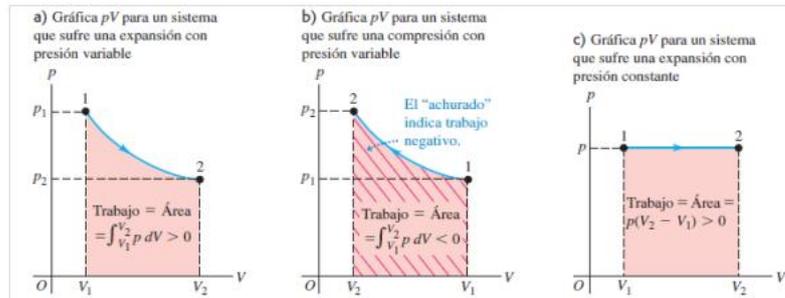
En general, la presión del sistema puede variar durante un cambio de volumen. Eso sucede, por ejemplo, en los cilindros de un motor de automóvil durante el movimiento hacia arriba y hacia abajo de los pistones. Para evaluar la integral de la ecuación del trabajo W , hay que saber cómo varía la presión en función del volumen, podemos representar esta relación en una gráfica de p en función de V . en el caso de un gas ideal, si la temperatura se mantiene constante, entonces la presión está en función del volumen.

$$p = \frac{nRT}{V}$$

En el caso de Temperatura constante (**T=cte**), el trabajo estará dado por:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} nRT \frac{dV}{V}$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$



Según la convención de signos, se establece que:

W se define como positivo si el trabajo es hecho por el sistema (expansión), mientras que si el trabajo se hace sobre el sistema, desde el medio hacia el sistema (compresión), W se define como negativo.

El trabajo lo medimos en unidades estándar (SI) de energía (el joule), otras unidades de uso común es la kilocaloría (kcal) (1 cal = 4.186 J)

Energía interna U, es toda la energía de un sistema que se asocia con los componentes microscópicos del sistema. La energía interna incluye energía

cinética de traslación aleatoria, rotación y vibración de moléculas, energía potencial vibratoria dentro de las moléculas y energía potencial entre moléculas. (Física para ciencias e ingeniería, Serway- Jewett, Volumen 1, Séptima Edición)

El cambio de energía interna se define de la siguiente manera, $dU = \delta Q - \delta W$, donde el símbolo δ se utiliza para denotar que estos son diferenciales inexactos [13] pues dependen de la trayectoria. Para la diferencial dU , esta representa un cambio infinitesimal en el valor de U y la integración da una diferencia entre dos valores tal que:

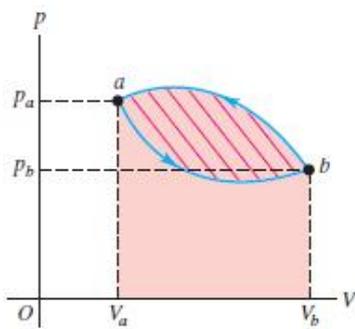
$$\int_{U_1}^{U_2} dU = U_2 - U_1 = \Delta U$$

La energía interna, no depende de la ruta o trayectoria que siguió el sistema entre el estado inicial y el estado final. Se debe tener en mente que U es independiente de la ruta o trayectoria, mientras que Q y W si dependen de la trayectoria. En un proceso donde el volumen permanece constante, $W=0$ y el cambio de energía interna $dU=dQ$ por lo que

$$dU = n C_v dT$$

Recuerde, una de las propiedades del gas ideal es que su energía interna depende sólo de la temperatura. Por lo tanto, el cambio de energía interna

durante un proceso debe estar determinado sólo por el cambio de temperatura. Por lo tanto, si la ecuación anterior es válida para el gas ideal durante un proceso, debe ser válida para el gas ideal durante cualquier proceso con el mismo dT .



Un proceso que tarde o temprano vuelve un sistema a su estado inicial, es un proceso **cíclico**. En un proceso así, el estado final es el mismo que el inicial, así que el cambio *total* de energía interna debe ser cero. Entonces,

$$\Delta U = 0$$

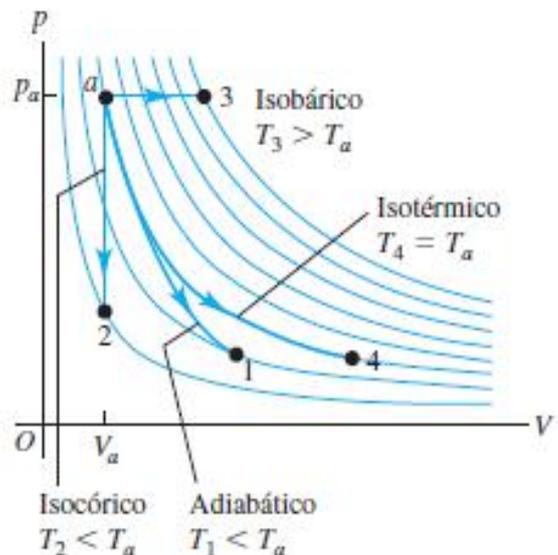
$$Q = W$$

Procesos termodinámicos

Existen 4 tipos de procesos termodinámicos, cada uno de ellos tiene sus propias restricciones.

Proceso isocórico, a volumen constante $\Delta V=0, W=0$

Proceso isobárico, a presión constante $p=cte, W=p \, dV$



Proceso isotérmico, a temperatura constante $T_i = T_f$

Proceso adiabático, no entra ni sale calor del sistema $Q=0$, $\Delta U = -W$

Proceso isocórico, se efectúa a *volumen constante*. Si el volumen de un sistema termodinámico es constante, no efectúa trabajo sobre su entorno; por lo que: $W = 0$ y $\Delta U = Q$

En un proceso isocórico, toda la energía agregada como calor, permanece en el sistema como aumento de energía interna. Calentar un gas en un recipiente cerrado de volumen constante es un ejemplo de proceso isocórico. (Observe que hay tipos de trabajo que no implican un cambio de volumen. Por ejemplo, efectuamos trabajo sobre un fluido agitándolo).

En un gas ideal, donde se efectúa un proceso a volumen constante, la variación infinitesimal del calor está dado por la relación: $dQ = n C_v dT$. Por lo tanto: $dU = n C_v dT$

Proceso Isobárico, se efectúa a *presión constante*. En general, ninguna de las tres cantidades: U , Q y W es cero en un proceso isobárico, pero aún así

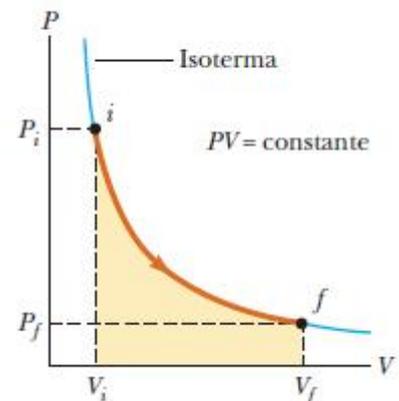
es fácil calcular W y el calor Q , del sistema. Para un gas ideal W y Q , están dados por las siguientes relaciones:

$$W = p(V_2 - V_1)$$

$$Q = \int n C_p dT$$

El hervir agua y cocinar los alimentos es un ejemplo de proceso isobárico, ya que se realiza todo el proceso a presión constante.

Proceso isotérmico, se efectúa a *temperatura constante*. Para ello, todo intercambio de calor con el entorno debe efectuarse con tal lentitud para que se mantenga el equilibrio térmico. En general, ninguna de las cantidades U , Q o W es cero en un proceso isotérmico.



En algunos casos especiales, la energía interna de un sistema depende *únicamente* de su temperatura, no de su presión ni de su volumen, el sistema más conocido que posee esta propiedad especial es el gas ideal. En tales sistemas, si la temperatura es constante, la energía interna también lo es: U

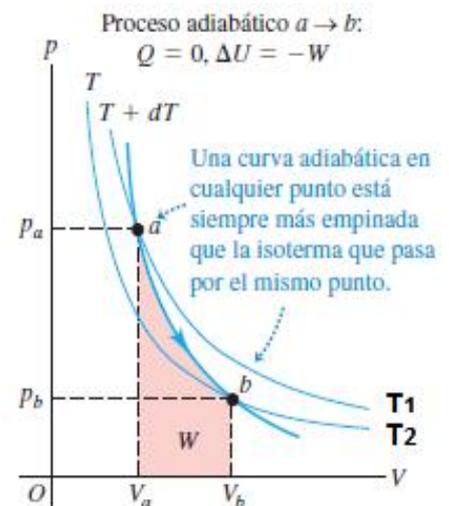
$=0$ y $Q = W$. Es decir, toda la energía que entre en el sistema como calor Q deberá salir como trabajo W efectuado por el sistema.

Conociendo que $pV = nRT$, $W = \int p \, dV$

$$W = \int \frac{nRT}{V} \, dV$$

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Proceso adiabático, es aquel donde no entra ni sale calor del sistema ($Q=0$). Podemos evitar el flujo de calor ya sea rodeando el sistema con material térmicamente aislante o realizando el proceso con tal rapidez que no haya tiempo para un flujo de calor apreciable. Para todo proceso adiabático: $\Delta U = -W$



Cuando un sistema se *expande* adiabáticamente, W es positivo (el sistema efectúa trabajo sobre su entorno), así que U es negativo y la energía interna disminuye.

Si un sistema se *comprime* adiabáticamente, W es negativo (el entorno efectúa trabajo sobre el sistema), así que ΔU es positiva y la energía aumenta.

En muchos sistemas, el aumento de energía interna va acompañado por un aumento de temperatura; y una disminución de energía interna, de un descenso en la temperatura.

Como ya se mencionó anteriormente, para el caso de gases ideales, la energía interna está relacionada con el cambio de temperatura de la siguiente manera.

$$\Delta U = \int n C_v dT = n C_v (T_2 - T_1)$$

Entonces,

$$\Delta U = -W$$

$$W = n C_v (T_1 - T_2)$$

Conociendo que $pV=nRT$,

$$W = n C_v \left(\frac{p_1 v_1}{nR} - \frac{p_2 v_2}{nR} \right)$$

Dado que $C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$,

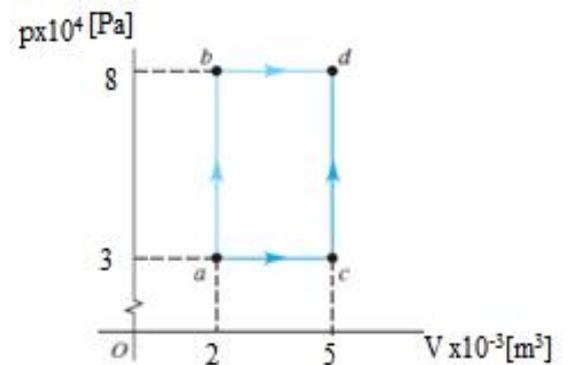
$$W = n \frac{R}{\gamma - 1} \left(\frac{p_1 v_1}{nR} - \frac{p_2 v_2}{nR} \right)$$

Entonces el trabajo W equivale a,

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} (p_1 V_1 - p_2 V_2)$$

EJERCICIOS DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.

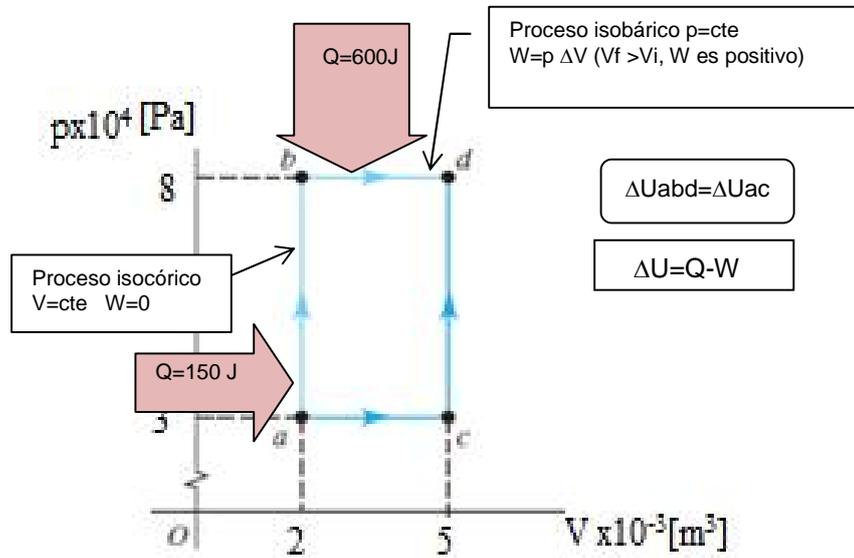
E.1. La grafica pV de la figura, muestra una serie de procesos termodinámicos. En el proceso ab, se agregan 150 J de calor al sistema; en el proceso bd, se agregan 600 J.



- Calcule el cambio de energía interna en el proceso ab y bd
- El cambio de energía interna en el proceso abd
- El cambio de energía interna en el proceso acd

1. Para aplicar el método de problema resuelto primero deberemos identificar los conceptos que están involucrados y posteriormente anotaremos en el grafico la información que está relacionada, directa o indirectamente.

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| a) Primera Ley de la Termodinámica | e) Proceso isobárico |
| b) Cambio de energía interna | f) Proceso isocórico |
| c) Calor | g) Presión |
| d) Trabajo | h) volumen |



2. *Cálculos y resultados:* Para calcular el cambio de energía interna en los proceso ab y bd, analizaremos cada trayectoria según los datos que se han anotado en el grafico. En este caso elaboraremos una tabla para hallar el cambio de energía interna en cada trayectoria.

Trayectoria	Calor Q	Trabajo W	ΔU=Q-W
ab	+150 J	0	+150 J
bd	+600 J	$8 \times 10^4 (5.0 - 2.0) \times 10^{-3} = 240 \text{ J}$	+360 J
abd	+750	+240J	+510 J

Respuesta de la pregunta a:

El cambio de energía interna en la trayectoria ab es igual al calor agregado, entonces $\Delta U = +150\text{J}$.

El cambio de energía interna en la trayectoria bd es igual al calor agregado menos el trabajo realizado por el sistema, entonces $\Delta U = +360\text{J}$

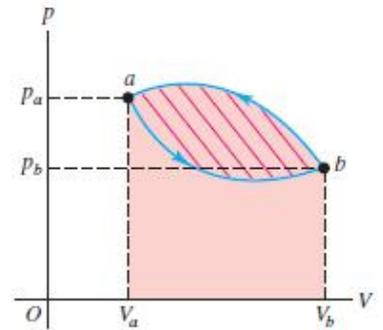
Respuesta de la pregunta b:

El cambio de energía interna en la trayectoria abd es igual al calor total menos el trabajo total, entonces $\Delta U_{abd} = (+750\text{J} - 240\text{J}) = +510\text{J}$.

Respuesta de la pregunta c:

Dado que el cambio de energía interna no depende de la trayectoria, entonces $\Delta U_{abd} = \Delta U_{acd}$. $\Delta U_{acd} = 510\text{J}$

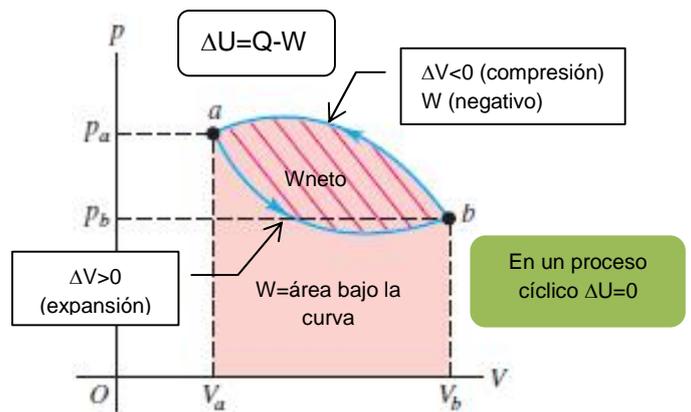
E.2. La siguiente grafica pV representa un proceso cíclico, donde los estados final e inicial son los mismos (inicia en **a** y termina en **a**). El trabajo total $W=-500\text{J}$



- a) Explique ¿porque es negativo el trabajo?
- b) calcule el cambio de energía interna y el calor agregado en el proceso.

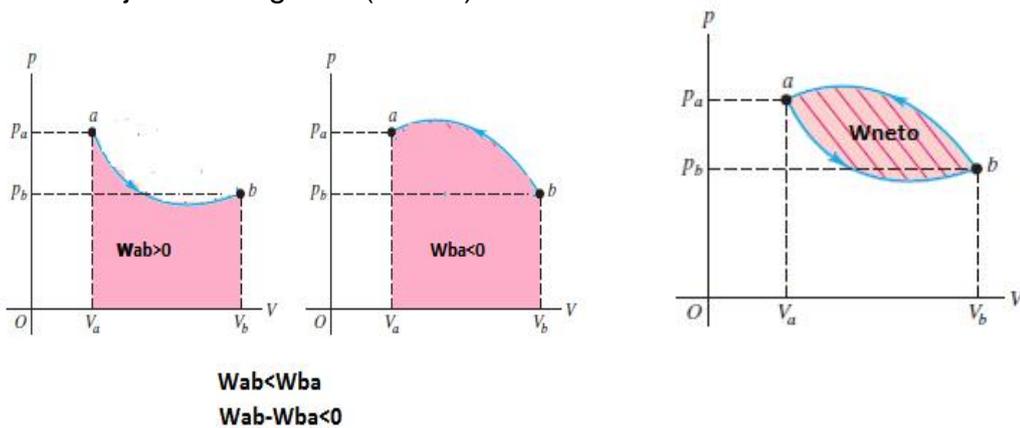
1. Para aplicar el método de problema resuelto primero deberemos identificar los conceptos que están involucrados y posteriormente anotaremos en el grafico la información que está relacionada directa o indirectamente.

- a) Primera Ley de la Termodinámica
- b) Cambio de energía interna
- c) Calor
- d) Trabajo
- e) procesos cíclicos
- f) Presión
- g) volumen



2. *Cálculos y resultados:* de acuerdo al texto del ejercicio, el proceso va del punto a al punto b y luego regresa al punto a, de donde partió.

Para responder la primera pregunta analizaremos por separado los procesos de expansión y compresión. Como ya se indicó anteriormente el área bajo la curva, representa el trabajo realizado. Durante la expansión el trabajo W_{ab} positivo ($>$ cero), durante la compresión el trabajo W_{ba} negativo ($<$ cero)



El trabajo neto, es la suma de los trabajos realizados, como el área de la curva que representa el trabajo W_{ab} es menor a la curva del trabajo W_{ba} , entonces el trabajo neto será negativo.

La segunda pregunta nos pide calcular el cambio de energía interna, como ya conocemos, en un proceso cíclico en el cual el punto final es el

mismo punto de partida, el cambio de energía interna en el proceso será $\Delta U=0$. Por lo tanto $Q=W$, entonces $Q=-500$ J; esto quiere decir que se deben salir 500J de calor al sistema.

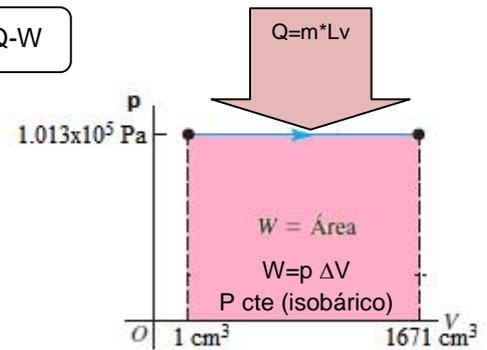
E.3. Un gramo de agua (1 cm^3) se convierte en 1671 cm^3 de vapor, cuando se hierve a presión constante de 1 atm (1.013×10^5 Pa). El calor de vaporización a esta presión es $L_v=2.256 \times 10^6$ J/kg. Calcule:

- a) el trabajo efectuado por el agua al vaporizarse
- b) su aumento de energía interna

1. Para aplicar el método de problema resuelto primero deberemos identificar los conceptos que están involucrados y posteriormente anotaremos en el grafico la información que está relacionada directa o indirectamente.

- a) *Primera Ley de la Termodinámica*
- b) *Cambio de energía interna*
- c) *Calor*
- d) *calor de vaporización*
- e) *masa*
- f) *Trabajo*
- g) *Presión*
- h) *volumen*

$$\Delta U = Q - W$$



2. *Cálculos y resultados:* para conocer el trabajo efectuado, en un proceso isobárico debemos aplicar la siguiente ecuación.

$$W = p \Delta V$$

$$W = (1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(1671 - 1) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W = 1691 \times 10^{-1} \text{ J}$$

$$W = 169 \text{ J}$$

En un proceso isobárico, W , Q y ΔU son diferentes de cero. Dado que un gramo de agua va a ser convertido en vapor bajo una temperatura constante hay que agregarle o quitarle una cantidad de calor.

Esa cantidad es igual al producto de m y L_v .

$$Q = m L_v$$

$$Q=(V*\delta)Lv$$

$$Q = (1 \text{ cm}^3) (1\text{m}^3/10^6\text{cm}^3) (1000 \text{ kg/m}^3) (2.256 \times 10^6 \text{ J/kg})$$

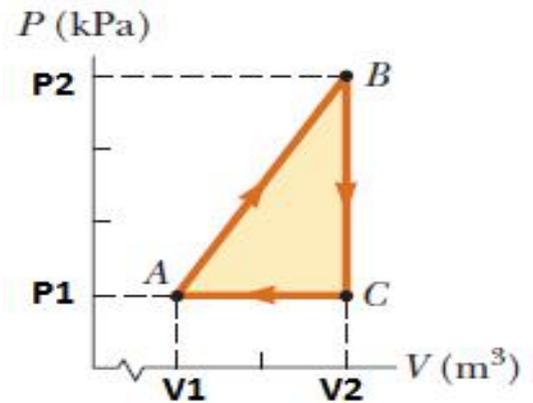
$$Q= 2.256 \times 10^3 \text{ J}$$

Entonces el cambio de energía interna será: $\Delta U=Q-W$

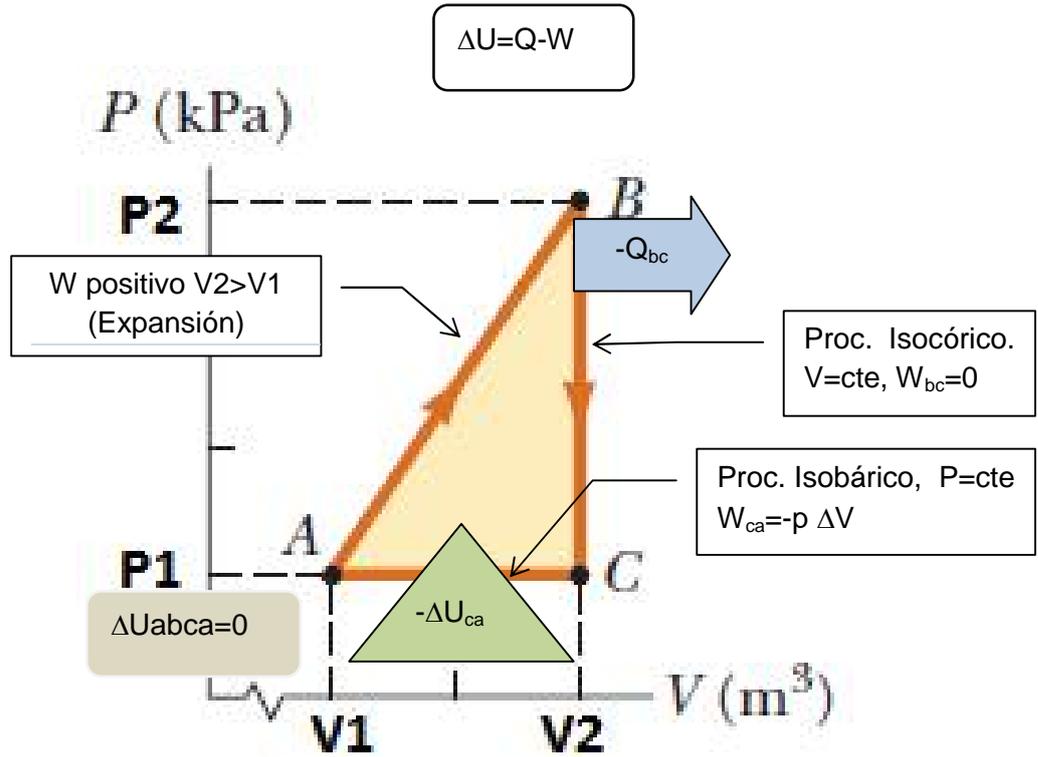
$$\Delta U=2256-169=2087 \text{ J}$$

Para vaporizar 1 gramo de agua, debemos agregar 2256 J de calor. Casi toda esta energía (2087 J) permanece en el sistema como aumento de la energía interna. Los 169 J restantes salen del sistema cuando éste efectúa trabajo contra su entorno al expandirse de líquido a vapor. El aumento de energía interna se asocia en su mayoría a las fuerzas intermoleculares que mantienen unidas a las moléculas en el estado líquido.

E.4. Considere el proceso cíclico que se bosqueja en la figura. Si Q es negativo para el proceso BC y ΔU es negativa para el proceso CA, ¿cuáles son los signos de Q , W y ΔU que se asocian con cada proceso?



1. Para aplicar el método de problema resuelto primero deberemos identificar los conceptos que están involucrados y posteriormente anotaremos en el gráfico la información que está relacionada directa o indirectamente.
 - a. Primera Ley de la Termodinámica
 - b. Cambio de energía interna
 - c. Calor
 - d. Trabajo
 - e. Proceso cíclico
 - f. Proceso isocórico
 - g. Proceso isobárico
 - h. Presión
 - i. Volumen



2. *Cálculos y resultados:* primero elaboraremos una tabla con los datos que se conocen de acuerdo a la grafica.

Trayectoria	Calor Q	Trabajo W	UU=Q-W
ab			
bc	$(-)Q_{BC}$	0	
ca		$W_{CA} = (-)p \Delta V$	$(-)UU_{CA}$
abca			0

Para encontrar los demás resultados procederemos a aplicar la fórmula de la Primera Ley de la Termodinámica

Trayectoria	Calor Q	Trabajo W	$\Delta U = Q - W$
ab	$\Delta U_{AB} = Q_{AB} - W_{AB}$ $\Delta U_{AB} + W_{AB} = Q_{AB}$ (+)Q_{AB}	ΔW_{AB} (+)W_{AB}	$\Delta U_{ABCA} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}$ $\Delta U_{AB} = \Delta U_{ABCA} - \Delta U_{BC} - \Delta U_{CA}$ (+)U_{AB}
bc	(-)Q_{BC}	W_{BC} = 0	$\Delta U_{BC} = (-)Q_{BC}$ (-)U_{BC}
ca	$Q_{CA} = (-)\Delta U_{CA} + (-)W_{CA}$ (-)Q_{CA}	W_{CA} = (-) p \Delta V (-)W_{CA}	(-)U_{CA}
abca	$\Delta U_{ABCA} = Q_{ABCA} - W_{ABCA}$ $\Delta U_{ABCA} = 0$ $0 = Q_{ABCA} - W_{ABCA}$ $Q_{ABCA} = W_{ABCA}$ (+)Q_{ABCA}	$W_{ABCA} = W_{AB} + W_{CA}$ (+)W_{ABCA}	0

1. Dado que en un proceso isocórico el volumen permanece constante, $W_{BC} = 0$, entonces $\Delta U_{BC} = Q_{BC} - W_{BC} = Q_{BC}$. Como el calor ha sido extraído entonces ΔU_{BC} (-)
2. Como ha disminuido la energía interna ΔU_{CA} , entonces esta energía es negativa (-). El trabajo W_{CA} para un proceso isobárico donde el $V_{inicial}$ es

mayor al V_{final} (compresión), entonces W_{CA} es negativo. El calor Q_{CA} es negativo

$$\Delta U_{CA} = Q_{CA} - W_{CA}$$

$$Q_{CA} = \Delta U_{CA} + W_{CA}$$

$$Q_{CA} = (-) + (-)$$

3. En un proceso cíclico, el cambio de energía interna es igual a cero, $\Delta U_{ABCA} = 0$;

$$\Delta U_{ABCA} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = 0$$

Entonces: $\Delta U_{AB} = -\Delta U_{BC} - \Delta U_{CA} = -(-) - (-) = (+)$

4. En la gráfica podemos ver que hay un proceso de expansión, al ir de un V_{inicial} menor a un V_{final} mayor. Entonces el trabajo es positivo W_{AB} (+)

5. El cambio de energía interna desde A-B, es igual a $\Delta U_{AB} = Q_{AB} - W_{AB}$. Entonces el calor en este tramo viene dado por:

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} = (+) + (+) = (+)$$

ANEXOS III: ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMA

Se han planteado varias estrategias para la resolución de problemas en el área de ciencias, con el fin de entrenar al alumno en una metodología de trabajo que le permita resolver problemas de diversos niveles de complejidad. A pesar de que al aplicar estas estrategias, puede parecer que toma más tiempo resolver un ejercicio, los estudiantes podrán comprobar que progresivamente van ganando habilidad y resolverán problemas con mayor agilidad, teniendo el dominio del ejercicio y de los conceptos involucrados.

Para el presente módulo, se plantea la siguiente metodología o estrategia, formada de varias etapas, con el fin de resolver problemas de la Primera Ley de la Termodinámica. Las diferentes etapas son:

- a) Análisis del problema: planteamiento teórico y reconocimiento de variables
- b) Diagrama del problema a resolver
- c) Diseño de estrategia de resolución
- d) Resolución del problema
- e) Análisis de resultados

a) Análisis del problema

Durante esta etapa se realizarán algunos pasos importantes, y de estos depende el correcto planteamiento del problema y su solución.

- Primero se comenzará con el análisis del problema planteado; se analizarán y se enlistarán las leyes, principios y teoremas que giran alrededor del problema.

Hay que tener mucho cuidado con este punto, ya que frecuentemente se suelen confundir los conceptos que intervienen en el problema. Tal como lo menciona Chi en una de sus investigaciones, *Categorization and Representation of physics problems by Experts and Novices*, las personas denominadas “solucionadores expertos”, suelen poner en primer lugar las teorías y los conceptos generales tales como: conservación de la energía, leyes de Newton, entre otras. Sin embargo los novicios o aprendices, presentan en los primeros lugares conceptos concretos, como: masa, plano inclinado, bloque, lo cual no constituyen conceptos o teorías relevantes a la hora de solucionar los ejercicios.

- En segundo lugar, se analizarán los datos entregados en el problema, esto permitirá reconocer las variables con las que se

cuenta y al mismo tiempo, identificar aquellos datos que permitirán resolver el problema. Además, se enlistaran las incógnitas del problema.

b) Diagrama del problema a resolver

Luego del análisis, se plantea:

- Realizar un diagrama representando la situación del problema.
- En el diagrama, se incluirán:
 - Los conceptos y teorías relevantes, que tengan relación al problema.
 - Las variables proporcionadas en el problema (datos explícitos).
 - Aquella información que si bien es cierto, no es un dato numérico, representa un dato teórico que permitirá resolver los ejercicios planteados (datos implícitos). (Ej. Un proceso cíclico $\rightarrow \Delta U=0$, proceso isobárico \rightarrow presión constante, proceso isocórico \rightarrow volumen constante, trabajo \rightarrow positivo o negativo)
 - Se enlistaran las incógnitas del problema.

c) Diseño de estrategia de resolución

En esta etapa es donde el estudiante decide como va a resolver el problema (Ej. Por medio de tablas, diagramas adicionales, entre otros) y que variables debe o puede encontrar primero para hallar finalmente la respuesta.

d) Resolución del problema

Luego de realizar un repaso rápido de todos los conceptos o teorías involucradas en el problema, de haber analizado los datos del problema, explícitos¹ e implícitos², y de haber diseñado la estrategia de resolución, es aquí donde el estudiante comenzará con el proceso de resolver el problema y es aquí donde se debe tener mayor cuidado; más que con los conceptos relacionados a la física, con la parte matemática, puesto que esta es una de las herramientas más importantes e involucra destrezas como: el despeje de formulas, el correcto uso de los operadores matemáticos y el uso e interpretación de los signos positivos y negativos, que también influyen no solo en la parte matemática sino además en la parte física de estos ejercicios.

¹ La palabra "explícito" significa claro y totalmente expresado. Si algo es implícito, no hay lugar para preguntar qué significa, no hay connotaciones ocultas y no hay espacio para malentendidos.

² Si algo es implícito, no se expresa de forma abierta, pero el lector lo comprende de todas formas a través de otras claves en el texto.

Tal como lo señala, Guerrero en su documento, *Proyecto de investigación acerca de la resolución de problemas matemáticos en ciencias afines*, “La resolución de problemas es el resultado de varios pasos o análisis previos de una situación planteada y como tal, cobra relativa importancia, pues se constituye en la base que garantiza la consecución de un resultado correcto, analítica y matemáticamente hablando.”

e) Análisis de resultados

Luego de haber resuelto el problema es importante reconocer que significado tiene esta respuesta, principalmente por dos motivos. El primero para verificar que la respuesta esté acorde con el resultado esperado y segundo para enlazar tanto la parte física conceptual con la parte física-práctica, ya que esto permitirá al estudiante visualizar en qué circunstancias o bajo que parámetros se pueden obtener estos resultados y a largo plazo, poder recrear situaciones más complejas.

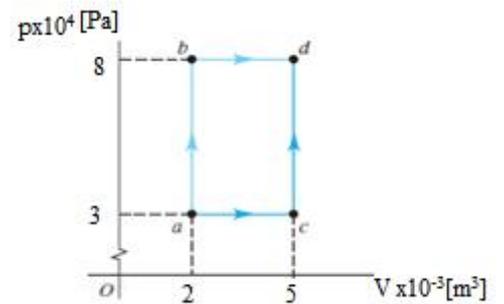
Si bien es cierto, en este documento se plantea ésta estrategia para resolver problemas de termodinámica, la misma no solo que es la única ni tampoco es exclusiva, ya que se puede adaptar fácilmente a otros capítulos y de igual

manera, el estudiante está en libertad de usar otras estrategias de resolución.

A continuación se presentan dos ejercicios, aplicando la estrategia planteada para la resolución de problemas de la Primera Ley de la Termodinámica.

**EJERCICIOS DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA
UTILIZANDO ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMA**

E.1. La grafica pV de la figura, muestra una serie de procesos termodinámicos. En el proceso ab, se agregan 150 J de calor al sistema; en el proceso bd, se agregan 600 J.



- a) Calcule el cambio de energía interna en el proceso ab y bd
- b) El cambio de energía interna en el proceso abd
- c) El cambio de energía interna en el proceso acd

1. **Análisis del problema:** Para aplicar la estrategia planteada, primero deberemos identificar los conceptos o teoremas que están involucrados

- a) *Primera Ley de la Termodinámica*
- b) *Cambio de energía interna*
- c) *Calor*
- d) *Trabajo*
- e) *Proceso isobárico*
- f) *Proceso isocórico*

g) *Presión*

h) *volumen*

En segundo lugar, se identifican los datos que se han entregado en el ejercicio y las incógnitas.

Datos entregados en el problema:

Calor Q agregado= + 150JÈ proceso ab

Calor Q agregado= + 600JÈ proceso bd

Incógnitas:

Cambio de energía interna UU_{ab} y UU_{bc}

Cambio de energía interna UU_{abd}

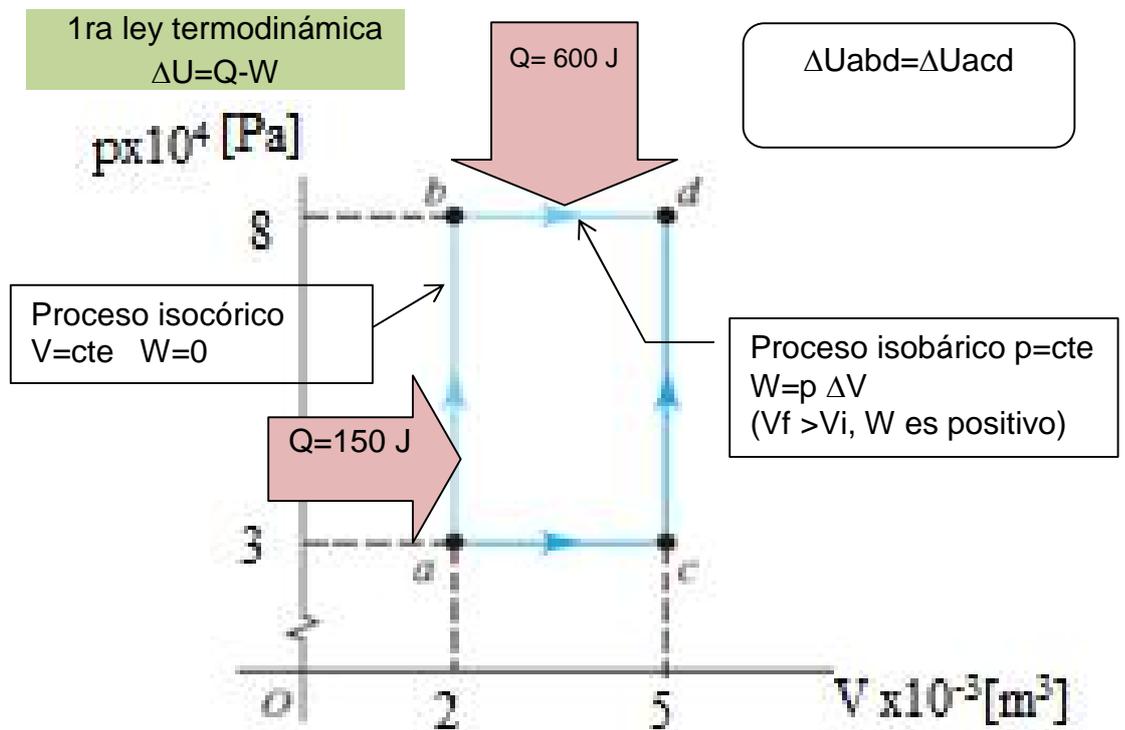
Cambio de energía interna UU_{acd}

2. Diagrama del problema a resolver: En el diagrama se anotarán:

➤ Los datos entregados en el problema ($Q_{agregado}=+150JÈ$ proceso ab,

$Q_{agregado}= + 600JÈ$ proceso bd)

- Datos implícitos relevantes, junto con información que sea de ayuda para el análisis (1ra ley termodinámica $\Delta U=Q-W$, cambio de energía interna $\Delta U_{abd}=\Delta U_{acd}$, Proceso isocórico $V=cte$ $W=0$, Proceso isobárico $p=cte$ $W=p \Delta V$)



3. Diseño de estrategia de resolución

Para calcular el cambio de energía interna en los procesos ab y bd, analizaremos cada trayectoria según los datos que se han anotado en el gráfico. En este caso elaboraremos una tabla para hallar el cambio de energía interna en cada trayectoria.

4. Resolución del problema: En base a la información anotada en el gráfico, llenamos la tabla de datos.

Trayectoria	Calor Q	Trabajo W	$\Delta U=Q-W$
ab	+150 J	0	+150 J
bd	+600 J	$8 \times 10^4 (5.0 - 2.0) \times 10^{-3} = 240 \text{ J}$	+360 J
abd	+750	+240J	+510 J

5. Análisis de resultados

Respuesta de la pregunta a:

El cambio de energía interna en la trayectoria ab es igual al calor agregado, entonces $\Delta U = +150 \text{ J}$.

El cambio de energía interna en la trayectoria bd es igual al calor agregado menos el trabajo realizado por el sistema, entonces $\Delta U = +360 \text{ J}$

Respuesta de la pregunta b:

El cambio de energía interna en la trayectoria abd es igual al calor total menos el trabajo total, entonces $\Delta U_{abd} = (+750 \text{ J} - 240 \text{ J}) = +510 \text{ J}$.

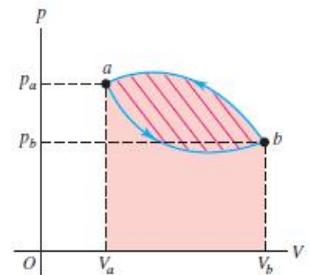
Respuesta de la pregunta c:

Dado que el cambio de energía interna no depende de la trayectoria,
entonces $\Delta U_{abd} = \Delta U_{acd}$. $\Delta U_{acd} = 510\text{J}$

Evaluar

De acuerdo a los datos de la gráfica, ¿qué puede afirmar acerca de la temperatura en los estados b y c?

E.2. La siguiente grafica pV representa un proceso cíclico, donde los estados final e inicial son los mismos (inicia en a y termina en a). El trabajo total $W = -500\text{J}$



a) Explique ¿porque es negativo el trabajo?

b) calcule el cambio de energía interna y el calor agregado en el proceso.

1. Análisis del problema: Para aplicar la estrategia planteada, primero deberemos identificar los conceptos o teoremas que están involucrados

a) *Primera Ley de la Termodinámica*

b) *Cambio de energía interna*

- c) *Trabajo*
- d) *Proceso cíclico*
- e) *Presión*
- f) *volumen*

En segundo lugar, se identifican los datos que se han entregado en el ejercicio y las incógnitas.

Datos entregados en el problema:

$W_{\text{neto}} = -500 \text{ J} \rightarrow$ proceso **aba**

Incógnitas:

¿Porque es negativo el trabajo?

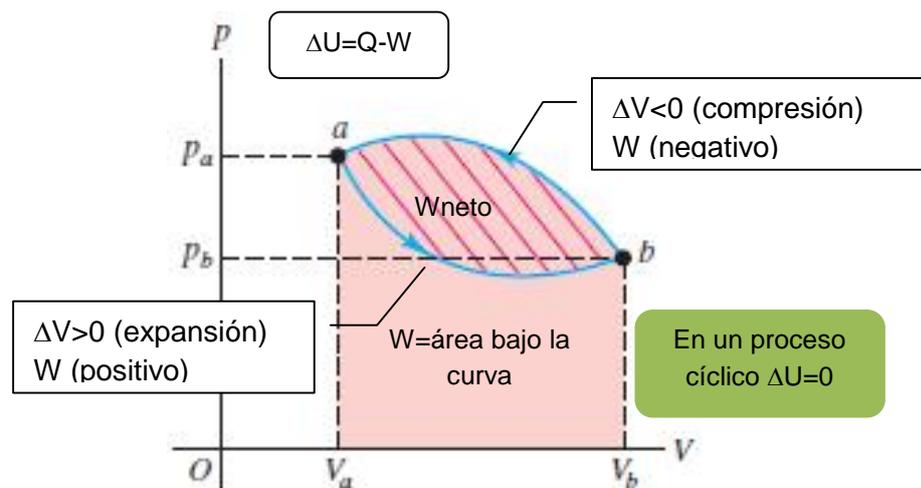
Cambio de energía interna ΔU_{aba}

Calor agregado en el proceso.

2. **Diagrama del problema a resolver:** En el diagrama se anotarán:

- Los datos entregados en el problema ($W_{\text{neto}} = -500 \text{ J} \rightarrow$ proceso aba)

- Datos implícitos relevantes, junto con información que sea de ayuda para el análisis (W =área bajo la curva, $\Delta V > 0$ (expansión) $\rightarrow W$ (positivo), $\Delta V < 0$ (compresión) $\rightarrow W$ (negativo), en un proceso cíclico $\Delta U_{aba}=0$)



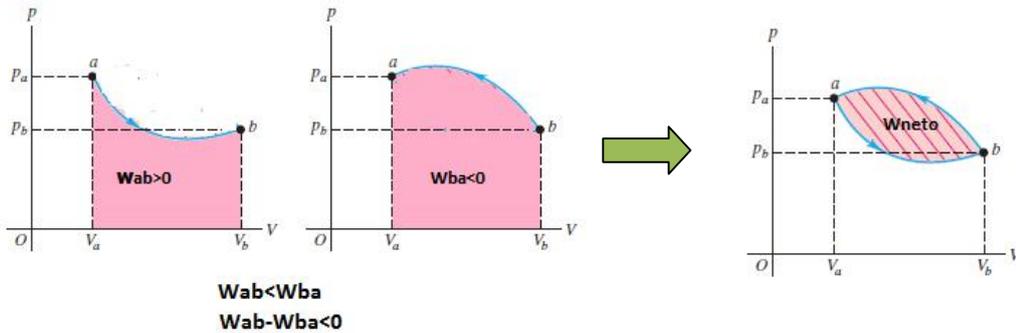
3. Diseño de estrategia de resolución

Para responder la primera pregunta analizaremos por separado los procesos de expansión y compresión.

4. Resolución del problema:

De acuerdo al texto del ejercicio, el proceso va del punto a al punto b y luego regresa al punto a, de donde partió. Como ya se indicó anteriormente el área

bajo la curva, representa el trabajo realizado. Durante la expansión el trabajo W_{ab} es positivo, durante la compresión el trabajo W_{ba} es negativo.



5. Análisis de resultados

Pregunta a:

El trabajo neto, es la suma de los trabajos realizados, como el área de la curva que representa el trabajo W_{ab} es menor a la curva del trabajo W_{ba} , entonces el trabajo neto será negativo.

Pregunta b:

La segunda pregunta nos pide calcular el cambio de energía interna del proceso (ΔU_{aba}). Como ya conocemos, en un proceso cíclico en el cual el punto final es el mismo punto de partida, el cambio de energía interna en el proceso $\Delta U_{aba} = 0$. Por lo tanto $Q = W$, entonces $Q = -500 \text{ J}$; esto quiere decir que salen 500J en forma de calor, cuando se realiza este trabajo sobre el sistema.

Evaluar

En base a los signos de Q y W , ¿el sistema describe a una bomba de calor o a un motor?

¿Es posible que el W_{neto} sea cero bajo alguna circunstancia?

BIBLIOGRAFÍA

- [1.] Z. Gangoso, «Investigaciones en Resolución de Problemas en Ciencias,» Facultad De Matemáticas, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba, 1999.
- [2.] Miller, «The Magical Number Seven Minus two,» [En línea]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/The_Magical_Number_Seven%2C_Plus_or_Minus_Two#mw-head. [Último acceso: 25 Febrero 2012].
- [3.] J. M. Campanario, “¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas,” Grupo de investigación en aprendizaje de las Ciencias, Departamento de Física, pp. 179-192, 1999.
- [4.] M. T. H. Chi, “Categorization and Representation of physics problems by Experts and Novices,” *Cognitive Science*, University of Pittsburgh, pp. 121-152.
- [5.] M. Laya, “Método y Estrategias de Resolución de Problemas Matemáticos utilizados por alumnos de 6to grado de primaria,” Universidad IBEROAMERICANA, 2009.
- [6.] J. L. Docktor, “Physics Problem Solving,” University of Minnesota.
- [7.] J. Sigarreta Almira and J. Laborde Chacon, “Estrategias para la Resolución de Problemas como un recurso para la interacción socio-

- cultural,” Departamento de Matematica e Informatica, Universidad de Moa.
- [8.] D. Jonassen, “Research Issues in Problem Solving,” The 11th International Conference on Education Research, 2010.
- [9.] M. Esteban, «El diseño de entornos constructivistas,» El diseño de la instrucción, Madrid XXI Santillana, pp. 1-12, 2000.
- [10.] J. Guerrero, «Monografias.com,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos33/matematicas-ciencias-afines/matematicas-ciencias-afines.shtml>. [Último acceso: 01 Marzo 2012].
- [11.] J. Docktor and J. Mestre, “A synthesis of discipline- based education research in physics,” Physics Education research, University of Illinois at Urbana- Champaign.
- [12.] J. Sweller, “Cognitive Load during Problem Solving: Effects on learning,” Cognitive Science, University of New South Wales, pp. 257-285, 1988.
- [13.] J. Gratton, «Termodinámica e Introducción a la Mecánica Estadística,» Buenos Aires, 2003.
- [14.] Hewitt. «Física Conceptual.» Décima Edición
- [15.] Wilson Buffa Lou. «Física.» Sexta edición
- [16.] Sears, Zemansky, Young & Freedman, «Física Universitaria.» Vol.1, 12a Edición.

- [17.] Coronel, M. D. (2008). La resolución de Problemas como Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje. Revista electronica de Enseñanza de las Ciencias vol.7 no.2 .
- [18.] Fillmore, c. (2008). A smarter way to teach physics. Australian Association for Research in Education .
- [19.] Hollabaugh, M. (n.d.). Physics Problem Solving.
- [20.] Miguel. (2008). Resolución de problemas.
- [21.] Miró-Juliá, M. (n.d.). Una metodología activa para la resolución de problemas. Departamento de ciencias matemáticas e informática .
- [22.] Nieto, J. H. (n.d.). Algunas estrategias básicas para la resolución de problemas de olimpiadas matemáticas.
- [23.] Pellegrino, J., Chudowsky, N., & Glaser, R. (2001). Knowing what students know . Board on testing and assessment .
- [24.] Pérez, R. V. (2009). Estrategias en la resolución de problemas II. I.E.S. "Reyes Católicos" EJEJA .