



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Enseñanza de máquinas térmicas mediante el enfoque CTS

Gonzalo Marín Oviedo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2017

Enseñanza de máquinas térmicas mediante el enfoque CTS

Gonzalo Marín Oviedo

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

PhD. John William Sandino Del Busto

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2017

“Siento una enorme gratitud por todos los que me dijeron “No”. Gracias a ellos, lo hice yo mismo”

Albert Einstein

Agradecimientos

A mi familia por el constante apoyo que me brindo durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Sin ellos nada de esto habría sido posible.

Al director de trabajo de investigación John William Sandino, pues sus concejos y recomendaciones fueron los que ayudaron a organizaron muchas de las ideas de este trabajo.

A mis compañeros de la maestría por todos los concejos que me dieron, los cuales fueron fuente de motivación y perseverancia.

A los docentes expertos y a todos los estudiantes, que desde sus puntos de vista críticos aportaron para mejorar la calidad de la evaluación.

A la rectora, coordinadora y profesores que me apoyaron y me brindaron el espacio suficiente para desarrollar este trabajo.

A mis estudiantes, pues ellos fueron la fuente de inspiración para mejorar día a día mi acción docente.

A todos les doy muchas gracias.

Resumen

En este trabajo se diseñó y aplicó una secuencia didáctica con un enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) usando algunos contenidos de la termodinámica como son gases ideales, primera ley de la termodinámica y máquinas térmicas. Para utilizar dicho enfoque se tuvo en cuenta preguntas controversiales sobre las implicaciones sociales de cada uno de los contenidos, por lo que fue posible evaluar el nivel de respuesta que asignan los estudiantes en tres categorías que fueron ingenua, plausible y adecuada. También se adaptó en la secuencia un problema central sobre el impacto que tiene el uso de motores térmicos con el fin de desarrollar dos de las competencias más importantes del enfoque CTS que es la capacidad de argumentar y tomar decisiones.

Para la aplicación de la secuencia didáctica no sólo se contó con encuentros presenciales que fueron cruciales para explicar los conceptos científicos y algunas discusiones CTS, sino que también hubo encuentros virtuales creados mediante la plataforma *Moodle*, lo cual facilitó mostrar aspectos tecnológicos y motivó la participación de los estudiantes para dar su opinión sobre las preguntas controversiales.

A pesar de que la aplicación de este trabajo permitió a los estudiantes mejorar gradualmente las actitudes hacia el enfoque CTS, se pudo evidenciar que ellos mantuvieron ideas ingenuas respecto a aspectos principalmente políticos; Además se encontraron dificultades en el aprendizaje relacionadas con los contenidos disciplinares, en especial las propiedades de los gases. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta para futuras planeaciones que abarquen la enseñanza de máquinas térmicas bajo un enfoque CTS.

Palabras Clave: Enseñanza con enfoque CTS, máquinas térmicas, secuencia didáctica, discusión y toma de decisiones

Abstract

In this study it was designed and applied a didactic sequence with an Science, Technology and Society (STS) approach. The central topic was based in thermodynamics, specifically on ideal gases, first law of the thermodynamic and thermal machines. Controversial questions about the socials implication of the thermodynamic topics indicated were applied. The answers were evaluated using three categories ingénue, plausible or adequate. Also in the sequence, it was threaded one central problem about the impacts of use of thermal motors. The purpose was to develop two of the most important competences in the STS approach that are the capacity of argue and take decisions.

The didactic sequence offered not only face to face meetings that were important for explaining the physical concepts and some discussions on STS, it also provided virtual meetings through the *Moodle* platform, which facilitated show technological aspects and motivated the participation of the students. The goal of these virtual meetings was to know the students' opinion about the controversial question.

Although the application of this didactic sequence allowed to improve gradually the attitudes about STS approach they kept some ingénues ideas mainly about political aspects of science; Also some difficulties on the learning about disciplinary content were evident, especially on the gases properties. These aspects need to be taken into account for planning futures applications of the STS approach.

Keywords: Teaching with an STS approach, thermal Machines, didactic sequence, discussion and take decisions.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Introducción	1
1. Situación Problemática	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
2. Marco de Fundamentación	7
2.1 Referente Didáctico	7
2.1.1. El Enfoque CTS.....	7
2.1.2. El Uso de <i>Moodle</i>	10
2.1.3. El Aprendizaje Activo.....	11
2.1.4. La Secuencia Didáctica	13
3. Marco Epistemológico	15
3.1 Contexto histórico de las máquinas térmicas.....	15
3.1.1 La antigüedad.....	15
3.1.2 Primera revolución industrial	16
3.1.3 Segunda revolución industrial.....	17
3.2 Aspectos epistemológicos de las máquinas térmicas.	19
3.2.1 Sobre la teoría cinético molecular de los gases.....	19
3.2.2 Sobre el concepto de calor	21
4. Marco Conceptual	25
4.1 Gases ideales y la teoría cinético-molecular.....	25
4.2 Calor	30
4.3 Calor específico.....	32
4.4 Trabajo.....	34
4.4 Primera Ley de la Termodinámica	36
4.5 Procesos Termodinámicos	37
4.5.1 Proceso adiabático.....	38
4.5.2 Proceso isométrico.....	39

4.5.3	Proceso isobárico.....	40
4.5.4	Proceso isotérmico.....	41
4.6	Máquinas Térmicas.....	41
4.6.1	Motor Stirling.....	42
4.6.2	Motor Diesel.....	43
4.6.3	Motor Otto.....	44
4.6.4	Problemáticas tecnológicas, sociales y medio ambientales sobre los motores a gasolina y Diésel.....	45
5.	Metodología.....	47
5.1	Plan de análisis.....	52
6.	Resultados y Discusiones.....	54
6.1	Validación del test.....	54
6.2	Análisis general de los resultados del pre-test y pos-test.....	56
6.3	Análisis general de la aplicación de la secuencia.....	61
6.3.1	Sección 1: Fuerza y presión.....	62
6.3.2	Sección 2: Temperatura y leyes de los gases.....	65
6.3.3	Sección 3: Calor, trabajo y temperatura.....	70
6.3.4	Sección 4: Transferencia de calor.....	74
6.3.5	Sección 5: Ciclos térmicos.....	78
6.3.6	Sección 6: Uso de motores dos tiempos y cuatro tiempos.....	80
6.4	Análisis específico de los cinco estudiantes seleccionados.....	83
7.	Conclusiones y recomendaciones.....	93
7.1	Conclusiones.....	93
7.2	Recomendaciones.....	94
A.	Anexo 1. Página web en Moodle.....	96
B.	Anexo 2: Test validado por expertos.....	98
C.	Anexo 3. Resultados del pre-test y pos-test.....	107
8.	Bibliografía.....	109

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: La eolípila.	16
Figura 2: representación esquemática de un modelo de pistón con un émbolo desplazador que comprime un gas.	35
Figura 3: representación esquemática y gráfica de un proceso adiabático.	38
Figura 4: representación esquemática y gráfica de un proceso isométrico.	39
Figura 5: representación esquemática y gráfica de un proceso isobárico.	40
Figura 6: representación esquemática y gráfica de un proceso isotérmico.	41
Figura 7: Representación esquemática del flujo de energía en una máquina térmica....	42
Figura 8: Ciclo del motor Stirling estándar.	43
Figura 9: Ciclo del motor Diésel estándar.	44
Figura 10: Ciclo del motor Otto estándar.	44
Figura 11: Resultados generales del pre-test y pos-test.	57
Figura 12: comparación de resultados de la primera pregunta del pre-test y pos-test. ..	58
Figura 13: comparación de resultados de la cuarta pregunta del pre-test y pos-test.	59
Figura 14: comparación de resultados de la decimo quinta pregunta del pre-test y pos-test.	60
Figura 15: Nivel de respuesta sobre ventajas y desventajas del uso de la tecnología. ..	64
Figura 16: Nivel de respuesta sobre concepciones para implementar aplicaciones científicas y tecnológicas.	70
Figura 17: Nivel de respuesta sobre decisiones tecno-científicas que impactan al medio ambiente.	73
Figura 18: Nivel de respuesta sobre políticas pertinentes para el uso de tecnología.	77
Figura 19: Nivel de respuesta sobre evaluación de impacto social por la implementación de tecnología.	79

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Secuencia didáctica.....	49
Tabla 2: Coeficiente de V de Aiken para cada ítem.	55
Tabla 3: Análisis temporal del estudiante 4.	84
Tabla 4: Análisis temporal del estudiante 9.	86
Tabla 5: Análisis Temporal del estudiante 12.	88
Tabla 6: Análisis temporal del estudiante 6.	90

Introducción

Uno de los componentes del área de Ciencias Naturales que propone el MEN en el documento de Estándares Básicos de competencias, es el relacionado con Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), el cual permite tener una mejor claridad sobre lo que hace las ciencias naturales para mejorar la calidad de vida de los individuos y los peligros que pueden originar los avances científicos sin un compromiso ético. Sin embargo, a pesar de su relevancia, en el Instituto de Excelencia Humana y Académica (IDEHA) de la ciudad de Neiva-Huila, no se ha tenido en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área; como consecuencia, los docentes no han generado clases que propicie discusiones desde una postura crítica por parte de los estudiantes acerca del impacto que tienen la ciencia y la tecnología en la sociedad. No obstante, para que el componente de CTS, o también llamado enfoque CTS, sea pertinente en las clases se necesita que los estudiantes cuenten con argumentos científicos consolidados, que les permiten sustentar o refutar sus ideas en las discusiones que propone dicho enfoque.

Son incontables las temáticas que se podrían abordar desde el enfoque CTS, sin embargo, la termodinámica muestra un capítulo en la historia de las ciencias que transformó notablemente la sociedad; estamos hablando de la aparición de máquinas térmicas que trajo consigo el nacimiento de la edad moderna. Por eso discutir sobre cómo y por qué cambio la economía, la política, la cultura y el ambiente debido al uso de las máquinas térmicas, resulta bastante conveniente para abarcar el componente CTS. Sin embargo, comprender el funcionamiento de máquinas térmicas resulta complejo, debido a que se necesitan fundamentos básicos de la termodinámica que usualmente los estudiantes no manejan.

Según Pro (2003), entre las dificultades de aprendizaje que tienen los estudiantes acerca de la termodinámica es la confusión generada por el lenguaje, como el pensar que es lo mismo calor y temperatura elevada; considerar el calor como un fluido que se cede o se gana; dificultad en razonar sobre el proceso de enfriamiento de los sistemas. Por otra parte, cuando usualmente se enseñan los conceptos de termodinámica, la teoría cinético molecular toma un protagonismo para facilitar la explicación de variables de estado como presión, temperatura, volumen y energía interna. No obstante, también hay dificultades de aprendizaje sobre esta teoría. En este sentido Domínguez et. al (1998), citados por Furió(2000), reconocieron que los estudiantes atribuyen el comportamiento macroscópico a las partículas, lo cual hace que consideren que los átomos se pueden fundir, evaporar, disolver, contraer, dilatar y tienen color; los lleva a afirmar que entre las partículas de un gas hay aire; piensan que, habitualmente, las partículas dejan de moverse cuando se enfrían. Sumado a esto, Yopez (2015) encontró que los estudiantes consideran que los gases no poseen masa ni peso y tampoco encuentran una relación directa entre las

variables como la temperatura y la presión con el movimiento de las partículas que componen los gases.

Lo anterior pone en evidencia la necesidad de solucionar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes sobre conceptos de termodinámica, de tal forma que refinen su intuición para que puedan predecir y explicar correctamente los fenómenos a discutir (Buteler y Coleoni, 2012). Por eso, el principal objetivo de esta investigación fue desarrollar una secuencia didáctica para comprender el funcionamiento de máquinas térmicas, el cual se abordó desde los conceptos básicos de la termodinámica para que los estudiantes desarrollaran, entre otras habilidades, la de argumentación que es fundamental para trabajar el enfoque CTS.

El trabajo bajo un enfoque CTS, busca garantizar no sólo el desarrollo de habilidades argumentativas, sino además habilidades de expresión y de saber escuchar, las cuales son competencias científicas que deben desarrollar los estudiantes para poder reconocer y valorar críticamente el impacto social de los conocimientos científicos, además de reconocer la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (Hernández, 2005). De esta forma, el impacto de este enfoque va más allá del aprendizaje de conceptos científicos, ya que brinda herramientas para que el estudiante esté en capacidad de tomar decisiones que le competen como ciudadano.

Este trabajo es de carácter descriptivo, y para ello se tuvo en cuenta los resultados del cuestionario tipo test, los cuales median principalmente aspectos conceptuales; las hipótesis y explicaciones que daban de los conceptos al ser expuestos experimentalmente mediante la enseñanza activa; las repuestas sobre aspectos CTS que expresaron en los foros de *Moodle* a medida que se aplicaban los conceptos; por último se analizó el argumento que dieron para decidir cuál es el motor térmico que se debe usar hoy en día, el cual necesitó de un tiempo prudente para realizar en grupos consultas en internet y lecturas que le facilitó el profesor para poder comprender la problemática ambiental que aborda cada motor analizado (gasolina a dos tiempos, gasolina a cuatro tiempos y Diésel cuatro tiempos).

Cabe resaltar que este análisis se hizo a partir de una triangulación temporal, es decir, se tuvo en cuenta tres momentos que fueron antes, durante y después de aplicar la secuencia didáctica, el cual facilitó analizar todos los datos recogidos, además permitió reconocer el aprendizaje adquirido por los estudiantes de casos extremos en los resultados de los test (estudiantes con los más altos y bajos puntajes del cuestionario), pues se consideró que este instrumento no evaluaba todas las características de aprendizaje que implicaba la secuencia didáctica.

Este trabajo es una propuesta para enriquecer, desde la articulación con la enseñanza-aprendizaje de máquinas térmicas, el enfoque CTS. Enfoque que cobra mayor fuerza día a día, donde aporta aspectos de investigación, diseño, experimentación y evaluación, necesarios y útiles para el fortalecimiento de este modelo alternativo en la enseñanza.

1. Situación Problemática

1.1 Planteamiento del Problema

Este trabajo ataca dos problemas fundamentales, abordar didácticamente los contenidos disciplinares de la termodinámica para comprender el funcionamiento de máquinas térmicas, y la enseñanza-aprendizaje con un enfoque CTS para que dichos contenidos no sean entes simbólicos, abstractos y aislados, sino que tengan significado para el estudiante, donde se busca que pueda discutir acerca de las transformaciones sociales que ha generado el avance científico y tecnológico de la termodinámica.

Como se mencionó anteriormente, los estudiantes tienen dificultades de aprendizaje con la teoría cinético-molecular y sobre calor (Domínguez et. al, 1998; Yopez, 2015; Pro, 2003). Por esto, el principal conflicto al que se enfrenta el docente a la hora de enseñar estos conceptos es evitar la generación de dichas dificultades propias del estudiante y en lo posible no generar otras por parte del docente. Sin embargo, a veces resulta complejo evitar dificultades, debido a que éstas son generadas por el contexto social e incluso en la misma escuela (Pozo y Gómez, 1998, p.97); por ejemplo, los estudiantes en casa le escuchan a los padres decir que “cierre la puerta porque se nos entra el frío”; o de los medios de comunicación escuchan “hay una oleada de calor en Cartagena”; incluso los profesores de física y química tienen una concepción muy diferente del concepto de “peso”, el primero lo trabaja en clase como la masa en presencia de un campo gravitacional y el segundo lo explica como cantidad de materia de las diferentes moléculas. Todas estas y muchas más, son concepciones a las que se ve enfrentado el estudiante día a día, por lo cual es importante comprender esta problemática que es inherente a la labor de enseñar cualquier concepto, y en particular conceptos relacionados con la termodinámica.

Cabe resaltar que, en la enseñanza de las ciencias, la modelización es muy importante para comprender en profundidad conceptos abstractos, es decir, para refinar la intuición que tienen los estudiantes sobre conceptos termodinámicos es crucial la matematización que permite modelar algún fenómeno natural (Greca y Moreira, 1998), pero es evidente que el nivel académico del grupo de estudiantes de este estudio no cumple con este propósito de la enseñanza, ni es el objetivo planteado. Por esta razón, se tendrán en cuenta las hipótesis y las explicaciones verbales que dan los estudiantes acerca de los fenómenos que surgen de la experimentación, de esta forma se busca que se puedan desarrollar competencias científicas que son inherentes a la enseñanza de las ciencias.

Por otra parte, el enfoque CTS también trae consigo dificultades para comprender la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, y su forma de enseñarse. Solbes (2003),

expuso en un artículo las complejas relaciones entre ciencias y tecnología a lo largo de la historia, donde se puede evidenciar que la concepción que se tiene hoy en día es muy diferente a lo que se pensaba anteriormente, y lamentablemente muy pocos estudiantes pueden comprender esta interacción, porque los cursos donde se enseña ciencias o tecnología enfocan, valga la redundancia, la tecnología como ciencia aplicada, o en el peor de los casos, como la independencia entre ciencias y tecnología, tal cual como se pensaba anteriormente. Ahora bien, en los lineamientos curriculares (Ministerio de educación Nacional, 1998) y en estándares básicos de competencias (Ministerio de educación Nacional, 2004) propuestos por MEN, no sólo reconoce la relación entre ciencia y tecnología, sino que también tiene en cuenta la sociedad. Esto conlleva a repensar cómo se debería orientar el enfoque CTS, donde se vea explícito la relación entre estos tres componentes.

No obstante, investigaciones de aula que realizaron Martín y Osorio (2003), sobre casos simulados en CTS; Figueira, Corrêa y Nardi (2016), con audiencias públicas simuladas como recursos de debate; Torres (2014), en cuanto a la utilización de prototipos; Sutz (1998), desde diversos enfoques de curso como la historia, interacción entre actores sociales, desarrollo, política, innovación; Membiela (2003), con su construcción curricular y estrategias puestas en práctica por maestros en formación; Gómez, Durlan, Cáceres y Mendizábal (2008), a partir de la evaluación y valoración de la participación pública, entre otros, pueden orientar no sólo la sistematización de contenidos, sino la adopción de estrategias didácticas y metodológicas que faciliten su enseñanza en algún tema específico.

Lo anterior implica que a la hora de enseñar el funcionamiento de máquinas térmicas teniendo en cuenta el enfoque CTS, no solo se debe pensar cómo evitar las dificultades de aprendizaje que acarrearán los conceptos termodinámicos sin llegar a modelizarlos, sino que también hay que saber relacionar dichos conceptos con la tecnología y la sociedad a través de una secuencia didáctica, que permita comprender su estrecha relación. Es por esta razón que la pregunta que orientó esta investigación fue ¿Qué aspectos debe tener una secuencia didáctica en la que se utilice el enfoque CTS para enseñar el funcionamiento de máquinas térmicas, de tal manera que los estudiantes del IDEHA de grado noveno refinen su intuición para que puedan argumentar adecuadamente sus posturas y decisiones?

1.2 Justificación

De acuerdo con Carlos Osorio (1999), citado por Quintero (2010), en el contexto colombiano los estudios sociales en ciencia y tecnología han estado muy enfocados hacia la investigación socio-histórica, a la divulgación de estudios histórico-filosóficos y al análisis de procesos de gestión y seguimiento de los actores. De ahí que pocos resultados se vean reflejados en el campo de la investigación en el aula y de las políticas públicas. Este planteamiento pone en evidencia el impacto de este trabajo, el cual aporta en el diseño, experimentación y evaluación del enfoque CTS en el aula.

Sin embargo, el MEN ya incluyó el componente CTS es los estándares básicos de competencias (Ministerio de Educación Nacional, 2004), pero cabe preguntarse cómo se está abordando en las aulas de clase. Cuando se revisa estos estándares para grado noveno, se puede encontrar que el estudiante debe explicar condiciones de cambio y conservación de diversos sistemas teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia; además, una de las habilidades de pensamiento en el componente CTS es justamente explicar la relación entre ciclos termodinámicos y el funcionamiento de motores. Esta es la razón por la cual se debe articular dicho estándar con la habilidad de pensamiento, de manera que se pueda aportar en la pertinencia del enfoque CTS en el aula.

Es evidente que el MEN sabe la importancia de conferir a las personas una alfabetización tecno-científica para que piense, comunique y tome decisiones responsables en cuestiones de ciencia y tecnología, pues esto garantiza parte del desarrollo de la nación, a pesar de que no todas las personas que pasan por la escuela van a participar como científicos o ingenieros, pero sí como usuarios, consumidores, beneficiados o perjudicados por sus consecuencias concretas.

Por lo tanto, la alfabetización tecno-científica no puede suponer solamente el conocimiento del lenguaje propio de las disciplinas científicas. Los valores, que remiten a un mundo de significados sociales, y los aspectos del contexto, que permiten comprender por qué y para qué han sido desarrollados los productos tecno-científicos, son también elementos imprescindibles de una verdadera alfabetización en ciencia y tecnología (Martín, 2005). Esto quiere decir que la enseñanza de máquinas térmicas no debe caer en común denominador de sólo explicar conceptos, sino que debe abrir espacios para que los estudiantes generen actitudes al comprender que los motores térmicos, que se usan hoy en día, generan impactos a la sociedad y el ambiente (Furió-Gómez, Solbes, Furió-Mas, 2007).

Es así, que una persona alfabetizada tecno-científicamente deberá estar a la capacidad de evaluar, por ejemplo, qué tan pertinente es usar un vehículo que contenga un motor a gasolina o gasóleo. Seguramente considerará cuál hará más daño para la salud humana, o en su defecto, para el medio ambiente. Por eso, esta persona a la hora de tener la oportunidad de adquirir un vehículo, evaluará críticamente la necesidad de usar cierto motor, es decir, no sólo actuará por instinto, sino que usará la racionalidad que es justamente lo que busca una nación, un ciudadano culturalmente alfabetizado.

Pero en la vida real, evaluar críticamente para tomar decisiones resulta un poco condicionada por la política. Sin embargo, la educación debe crear espacios para la participación, pues es así como se construye una nación culturalmente democrática. Como consecuencia, esto es lo que persigue el movimiento de educación científico-tecnológica para todos (Gil, 1998).

En este orden de ideas, el trabajo que se desarrolló va mucho más allá de identificar y mitigar dificultades de aprendizaje sobre conceptos termodinámicos, los cuales son la base para comprender el funcionamiento de las máquinas térmicas. Presentarle a los

estudiantes que dichas máquinas ha transformado la sociedad y el medio ambiente resulta más pertinente y significativo para la formación del ciudadano, pues lo que se busca es fomentar actitudes como la toma de conciencia y de decisiones sobre los contenidos tecno-científicos. Esto no quiere decir que no se tenga en cuenta la enseñanza de los conceptos de la termodinámica; al contrario, es indispensable para una buena argumentación conocer los principios físicos que causan los cambios sociales y ambientales.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una secuencia didáctica para trabajar la enseñanza del funcionamiento de máquinas térmicas y sus implicaciones en el desarrollo social, en estudiantes del grado noveno del colegio IDEHA, usando el enfoque CTS.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Revisar los planteamientos históricos, epistemológicos y disciplinares relacionados con máquinas térmicas.
- Revisar los aspectos sociales que han intervenido en el desarrollo de las máquinas térmicas, y cómo estas han transformado a la sociedad.
- Identificar intuiciones o dificultades de aprendizaje de los estudiantes respecto a los conceptos básicos para comprender las máquinas térmicas y su relación con el enfoque CTS.
- Determinar la estructura de la secuencia didáctica para la enseñanza de las máquinas térmicas utilizando el enfoque CTS.
- Explicar los conceptos básicos de la termodinámica necesarios para la comprensión de máquinas térmicas.
- Evaluar durante la aplicación de la secuencia didáctica los argumentos que utilizan los estudiantes a la hora de discutir sobre la implicación de las máquinas térmicas en el desarrollo social.
- Aplicar una prueba final para identificar avances de los estudiantes respecto al aprendizaje del funcionamiento de máquinas térmicas y su implicación en el desarrollo social.

2.Marco de Fundamentación

2.1 Referente Didáctico

Es muy diciente que el eje central de este trabajo sea el enfoque CTS. Sin embargo, para llevarlo al aula se debe articular con estrategias de enseñanza que permitan explicar los conceptos de la termodinámica, y además se debe ofrecer espacios para propiciar la discusión acerca de las implicaciones sociales que genera la comprensión y uso de la termodinámica, en especial las máquinas térmicas. Por esta razón el referente didáctica está dividido en cuatro partes; la primera parte muestra algunos apartes sobre cómo enseñar utilizando el enfoque CTS; la segunda parte argumenta por qué el uso de una plataforma como *Moodle* puede resultar pertinente para generar espacios de discusión; la tercera parte explica una estrategia de enseñanza por aprendizaje activo, la cual permite explicar los conceptos de la termodinámica a partir de la experimentación; y la cuarta parte esboza la importancia de organizar todos los contenidos y actividades en una secuencia didáctica.

2.1.1. El Enfoque CTS

En los últimos años la enseñanza utilizando el enfoque CTS ha retado fuertemente el *status quo* del currículo en la educación en ciencias, porque fue una coincidencia histórica a finales de los años 70 y principio de los 80 que la frase en CTS estuviera en varios lugares al mismo tiempo mientras se desarrollaba un amplio consenso entre los educadores en ciencias acerca de la necesidad de la innovación en la educación científica (Aikenhead, 2005).No obstante, América latina se ha introducido fuertemente en éste proceso, pero bajo la constitución de un campo de conocimiento y no hacia una formación de un movimiento social. De hecho, Quintero (2010) afirmar que se requiere de propuestas académicas que ayuden a fortalecer el enfoque CTS en América Latina; situación que hace de las propuestas investigativas, diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en la alfabetización tecno-

científica, un aspecto necesario y útil para el fortalecimiento del modelo alternativo CTS. Cabe recordar que Colombia se encuentra en un proceso de construcción, donde su fuerte es el enfoque socio-histórico y filosófico, pero no desde el campo de la investigación en el aula y las políticas públicas (Carlos Osorio, 1999, citado por Quintero, 2010).

Trabajar con proyectos en el aula es un buen camino para abordar la problemática en la alfabetización tecno-científica, ya que involucra la participación pública que se ha perdido en la enseñanza de las ciencias, por las usuales clases tradicionales. Pero Gómez, Durlan, Cáceres y Mendizábal, (2008) plantean los siguientes argumentos de acuerdo al razonamiento de tres premisas y una conclusión sobre la evaluación y control del desarrollo tecno-científico que se deben tener en cuenta para la participación pública.

1. Se considera que el desarrollo científico-tecnológico depende no sólo de la propia ciencia o tecnología, sino que también se deben considerar factores culturales, políticos, económicos, etc. (sociedad modelando la tecno-ciencia).
2. El cambio científico y tecnológico tiene importantes efectos en las formas de vida, la sociedad y la biosfera. (Tecno-ciencia modelando la sociedad y la naturaleza).
3. Las sociedades contemporáneas comparten un compromiso democrático básico, en el sentido de admitir el juego de las mayorías y asumir el diálogo como forma de relación social.
4. De las premisas anteriores se concluye que se debe promover la evaluación y control social del desarrollo científico y tecnológico. Esto significa proporcionar las bases educativas para una participación social y también crear los mecanismos institucionales que hagan posible tal participación.

Estos mismos autores (Gómez et al., 2008) también recomiendan tres fases articuladas para propiciar, no sólo la participación pública en los proyectos de aula, sino que también la evaluación, la cual es crucial para cuestionar y valorar los resultados. Dichas fases son:

Fase de *ex-ante* (fase de iniciación): corresponde a la identificación de una situación problemática, necesidad u oportunidad que lleva a la realización un proyecto. Se trataría, por tanto, de incorporar además del análisis de viabilidad económica y financiera,

viabilidad técnica, y estudio de mercado, un análisis de viabilidad social y medioambiental.

Fases *in-itinere* (fases de planificación y ejecución) tiene como objetivo la toma de decisiones que establecen modificaciones respecto a las decisiones iniciales relevantes para las partes interesadas o en respuesta a nueva información relevante para el proyecto. No se trata de reunir a las partes interesadas cada vez que haya que tomar una decisión, sino convocar participación cuando el criterio a adoptar sea suficientemente significativo y pueda afectar a la visión inicial establecida en las especificaciones del proyecto.

Fase de *ex-post* (fase de cierre) supone el cierre del proyecto, valorando el cumplimiento de objetivos planteados al comienzo del mismo, así como una evaluación final que suponga un aprendizaje para futuros trabajos.

Esta no es la única propuesta para trabajar el enfoque CTS en el aula. Por ejemplo, autores como Martín y Osorio (2003) y Figueira et. al (2016), plantean los simulacros educativos, o juegos de roles como comúnmente lo llaman. En esta propuesta se le pone al estudiante un caso problemático ficticio o de la vida real (se puede tomar de noticia en los periódicos), donde se asigna un rol a cada uno de ellos (puede ser el científico, el campesino, el juez, padres de familia, entre otros), para que desde ahí pueda identificar y anticipar las consecuencias de una intervención por parte de una tecnología, al medio ambiente y la sociedad.

Pero en el nivel de la educación secundaria, los diferentes programas CTS pueden clasificarse en tres grupos (Waks, 1990; Kortland, 1992; Sanmartín y Luján, 1992, citados por Osorio, 2002): injertos CTS, ciencia y tecnología a través de CTS, y CTS pura. Sin embargo, Osorio (2002) recomienda los injertos CTS para los currículos de secundaria en los países latinoamericanos debido a su actual atomización. Dicho programa consiste básicamente en dar continuidad a los contenidos de las ciencias naturales de forma contextualizada con aspectos de la naturaleza de la ciencia y sus implicaciones con la tecnología y la sociedad, así como el papel de los científicos y de los ciudadanos en las decisiones relacionadas con el desarrollo tecno-científico (Osorio, 2002).

Es aquí cuando se hace necesario resaltar que este trabajo utilizó principalmente el injerto CTS, ya que el colegio IDEHA cuenta con las asignaturas de ciencias naturales segmentadas en física, química y biología, por lo que se hace necesario trabajar los conceptos de termodinámica en la asignatura de física con un agregado al final de la enseñanza que es justamente el espacio para discutir el impacto que trae la comprensión y el desarrollo de estos conceptos para la sociedad.

2.1.2. El Uso de *Moodle*

Es evidente que en los casos mencionados anteriormente se promueve la participación en el aula, pero también hay que pensar en la posibilidad de desarrollar en el estudiante habilidades para que pueda, por cuenta propia, realizar consultas que amplíen la información de las problemáticas que emanan de la ciencia y la tecnología. Al fin y al cabo, el estudiante se debe enfrentar al contexto de la vida real y deberá asumir su rol como ciudadano para tomar sus respectivas decisiones. Por eso la alfabetización tecnocientífica se debe apoyar en las TIC para procurarla autonomía de las personas en el sentido de que pueda buscar información útil, así como plantear sus puntos de vista y proponer soluciones. Sin embargo, González y García (2007), reconocen que no es fácil desarrollar en las personas la capacidad de buscar información en internet, ya que el principal obstáculo a los que se enfrentan es seleccionar textos apropiados. Así que éste es uno de los retos a los que se enfrenta la implementación de las TIC.

Pero el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) también permiten abrir espacios de discusión en diversas plataformas como es el caso de *Moodle*, la cual es, según Ros (2008), la más potente herramienta con la que cuenta los docentes para poder, no sólo crear y gestionar los cursos en la red, sino que facilita la comunicación entre los estudiantes. En otras palabras, el uso de esta plataforma permite manejar la problemática de la búsqueda de información para los usuarios principiantes, ya que se puede gestionar textos que muestren información pertinente donde se puede articular con espacios de discusión entre ellos.

De acuerdo con Ornelas (2007), estos espacios donde se propicia la discusión se denominan foros virtuales, los cuales presentan numerosos beneficios ya que refuerza el aprendizaje y mejora su significatividad; permite conocer las actitudes de los alumnos frente a ciertos temas; favorece el desarrollo de habilidades sociales mediante la

interacción; y ayuda a mejorar las habilidades de comunicación escrita. Esta es otra razón por la cual la plataforma *Moodle* le permite al docente cumplir con uno de los propósitos de la educación en CTS, en el sentido de que puede generar debates acerca de temas controversiales relacionados con su asignatura, donde el estudiante puede dar ideas y contrastar o refutar opiniones. Pero cabe aclarar que *Moodle* puede ser pensado como un complemento que articula los contenidos conceptuales que se enseñan en clase, pues es aquí donde se siente realmente el clímax de la discusión.

2.1.3. El Aprendizaje Activo

En los últimos años, la educación ha prestado mucha atención en el aprendizaje activo de los estudiantes como consecuencia de estudios que apuntan a que la enseñanza pasiva no es la forma más adecuada en el que ellos aprenden (Bonwell& Eison,1991; Michel, et al., 2009, citados por Hackathorna, Solomonb, Blankmeyerb, Tennialb, and Garczynskib, (2011), debido a que se ha visto numerosos casos de fracaso escolar, acompañado de un creciente rechazo de los estudios científicos y de actitudes negativas hacia la ciencia (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997, citados por Gil, Carrascosa y Martínez, 1999).

Para que el aprendizaje sea más efectivo y posiblemente evite las consecuencias negativas que se mencionaron, el docente debe involucrar al estudiante en el desarrollo de la clase para que piense y se apropie de lo que está haciendo. Es por eso que Prince (2004) define el aprendizaje activo como cualquier método de instrucción que involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Por su parte, Eison (2010) plantea que usar métodos de aprendizaje activo garantiza el pensamiento crítico y creativo del estudiante; la comunicación con un compañero, un grupo pequeño, o con toda la clase; la expresión de ideas a través de la escritura; actitudes y valores personales; y por supuesto, la reflexión sobre el proceso de aprendizaje.

Es importante resaltar que el aprendizaje activo no sólo incorpora un aprendizaje colaborativo, donde un estudiante discute con otro compañero, sino que también se puede realizar un aprendizaje cooperativo, donde se trabajan actividades en grupos de tres o más, en lugar de solo o en parejas. Esto garantiza, según Faust y Paulson (1997), el desarrollo de tareas complejas, tales como ejercicios de varios pasos, proyectos de

investigación o presentaciones, donde cada individuo, independientemente, aporta en su solución.

Pero pensando el contexto educativo del grupo investigado, un aprendizaje más duradero se da a través de la experiencia y a la interacción con los derechos intelectuales, sociales, y ambientes físicos (Edwards, Kemp, & Page, 2014; Nesin, 2012; NMSA, 2010, citados por Edwards, 2015), acciones que son muy adecuadas para la enseñanza de las ciencias, debido a que un ambiente de experimentación crea espacios donde el estudiante puede pensar y explicar los fenómenos, y por supuesto, escuchar y discutir las ideas de sus compañeros.

Monroy (2016), plantea cinco pasos para abordar dichas acciones en actividades demostrativas, las cuales resultan pertinentes para explicar conceptos básicos de la termodinámica teniendo en cuenta el protagonismo del estudiante:

a) Introducción y contextualización: pretende ubicar y situar a los estudiantes en un contexto determinado. El docente describe el experimento y lo explica sin proyectar el resultado.

b) Formulación de predicciones: los estudiantes deben registrar su predicción individual, es decir, lo que considera que va a suceder al ejecutar la situación problema. Luego los estudiantes discuten sus predicciones en un grupo de 3 compañeros, se designa a un relator quien registrará y expresará la predicción final del grupo. Por último, el docente recoge verbalmente, por escrito o mediante un dibujo las predicciones de cada grupo.

c) Actividad y observación: el profesor realizan la práctica mostrando claramente los resultados.

d) Discusión: se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y se discutan en el contexto de la demostración para luego ser registrados como resultados.

e) Síntesis: los estudiantes o el docente realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente analizados, para esto se discuten situaciones análogas con características que respondan al mismo concepto.

2.1.4. La Secuencia Didáctica

Es importante la secuenciación de los contenidos que se enseñan en el aula, pues esto garantiza una organización lógica que articula las actividades facilitadoras de aprendizaje con las temáticas. Pero esto pone en juego los conocimientos científicos y didácticos, experiencias prácticas y concepciones ideológicas que manejan los docentes (Pro, 1999). Es evidente que una buena secuenciación didáctica agrupa una serie de saberes, habilidades y actitudes que desarrollan los docentes a través de la experiencia; en otras palabras, tener la capacidad de construir secuencias didácticas implica una serie de competencias pedagógicas que no se aprenden de la noche a la mañana.

Por su parte, Clark y Peterson (1990), citados por Sánchez y Valcárcel (1990), han realizado investigaciones donde han encontrado que los docentes consideran la secuencia didáctica como una lista flexible de acciones centradas fundamentalmente en los contenidos y las actividades de enseñanza, estando implícitos los objetivos o metas a lograr. Entonces surge la pregunta de cómo realizar una secuenciación didáctica explícita y que a su vez ponga en práctica las competencias pedagógicas.

Una respuesta a este interrogante lo aproximan Tobón, Pimienta y García (2010, p. 64), ya que ellos tienen en cuenta en la secuencia didáctica aspectos como el nombre del módulo con sus respectivas fechas; además estructura las secuencias en bloques o temas denominados contenidos procesuales, los cuales deben pasar a ser procesos dinamizadores de la formación que ayudan a organizar las secuencias didácticas para dosificar la formación de los estudiantes. Sin embargo, si se desea trasladar esta estructura a la temática de investigación, es evidente de que no solo se deben conectar las temáticas conceptuales, sino que también hay que tener en cuenta los aspectos que relacionan la tecnología y la sociedad, ya que éstos últimos no se deben mostrar como entes aislados, sino que justamente deben brindar los atributos del enfoque CTS.

3. Marco Epistemológico

Para comprender la evolución histórica que implicó un cambio en la sociedad por el desarrollo de las máquinas térmicas y su consecuencia, el nacimiento de la termodinámica, se dividirá el apartado histórico en tres secciones que son la antigüedad, la primera y la segunda revolución industrial. Por otra parte y en vista de que esta investigación debe responder al desarrollo de los conceptos básicos que hacen posibles comprender el principio de las máquinas térmicas, se reconocerá en el apartado epistemológico cómo se llegó a comprender este principio a partir de la teoría cinético-molecular de los gases y el concepto de calor, debido a que, por una parte, son conceptos que encadenaron un modelo conceptual lógico para dar explicación del funcionamiento de las máquinas térmicas, y por otra parte, reconocer que en sus inicios del desarrollo conceptual los científicos tenían ideas que coinciden en algunos aspectos con las intuiciones que tienen actualmente los estudiantes y son de vital importancia tener en cuenta para este trabajo.

3.1 Contexto histórico de las máquinas térmicas.

3.1.1 La antigüedad

En la antigüedad hubo un estancamiento del desarrollo tecnológico y social, ya que la disponibilidad de esclavos reduce los incentivos para estudiar medios de producción aptos para reducir el trabajo humano. Por ejemplo, la rueda hidráulica inventada hace 3000 años a.C., se aprovechó 2900 años después ya que no tenía necesidad de uso, pues para moler cereales se contaba con esclavos que realizaban este trabajo (Ibarra, Rodríguez, Elías y Caamaño, 1997). Por otro lado, hace 3000 años a.C. el hombre utilizaba la energía térmica para fundir metales y trabajarlos en caliente, siendo de gran interés para los imperios de Asia menor y antigua Grecia, pues sus productos eran necesarios para la guerra (Zosoli, 1978). La razón anterior permite inferir que si un

conocimiento técnico es relevante y aplicable para el beneficio del imperio como lo es el acto de la guerra, éste sería bien recibido, condición con la que no contó Herón de Alejandría cuando planteó su gama de aparatos que funcionaban con energía térmica durante el siglo I d.C, ya que se vieron como objetos de entretenimiento.

De acuerdo con Alvarado (2010), de los artefactos que realizó Herón, muy posiblemente por su espíritu de inventor, y a pesar de que algunos de ellos son autoría de otros genios, hay que resaltar un artefacto que es muy importante por ser el primer motor identificado en la historia, además es el primer artefacto conocido que transforma energía térmica en mecánica y, por lo tanto, es la primera aproximación que se sabe sobre una máquina térmica, que lastimosamente no tuvo aplicación sino hasta finales del renacimiento por los argumentos expuestos anteriormente. Este aparato fue denominado la eolípila y se puede apreciar en la figura 1.

Figura 1: La eolípila.



Fuente: Herón de Alejandría. Un gran tecnólogo en la historia de la humanidad. Disponible en <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd7206.pdf>

3.1.2 Primera revolución industrial

A la humanidad le correspondió esperar muchos siglos para que realmente el desarrollo científico y tecnológico cobrara su papel protagónico para el desarrollo económico, político y social. Los técnicos e inventores que fueron preparando la maquinaria necesaria para dicho cambio aparecieron en plena edad moderna como es el caso del aristócrata inglés *Edward Somerset* (1601-1667) quien planteó los principios de una máquina de vapor, útil para elevar volúmenes de agua a los pisos altos de las construcciones o para disminuir el agua de una mina; y el francés *Denis Papin* (1647-

1714) quien creó un dispositivo con el mismo propósito de desalojar el agua de las minas de carbón mediante el movimiento de un pistón dispuesto en un cilindro con aire caliente, el cual se calentaba por la explosión controlada de pólvora (Jaramillo, 2011).

Por su parte el inglés *Thomas Savery* (1650-1715) patentó una máquina que enfriaba el vapor inyectado en una cámara, provocando la succión del agua desde el fondo del pozo por el vacío que se creaba en su interior. Esta cámara también tenía un pistón, el cual experimentaba el movimiento de retroceso, motivado por el descenso de la presión al enfriar el vapor en el interior del cilindro, siendo restablecido a su posición inicial con la ayuda de un contrapeso (Pérez, 2007). Sin embargo, la máquina de *Savery* no contenía piezas móviles, pero el ingenio del inglés *Thomas Newcomen* (1663-1729) al diseñar una modificación que consistía en que el pistón podía ser acoplado a un balancín y transmitir el movimiento a distancia a través de dispositivos mecánicos (Pérez, 2007), puso a disposición una bomba de vapor que fue muy bien recibida durante todo el siglo XVIII por los ingleses quienes se encontraban extrayendo carbón de las minas.

Finalmente, en 1775, otro inglés, *James Watt* (1736-1819), al reparar una de las máquinas de *Newcome*, fue capaz de demostrar que tres cuartas partes de la energía se perdía debido al trabajo del pistón en cada ciclo. Entonces resolvió este problema añadiendo un condensador separado del pistón para enfriar el vapor y poniendo una "camisa de vapor" alrededor del pistón mantuvo su temperatura igual que el vapor que entra en ella. Esto aumentó dramáticamente la eficiencia del motor, haciéndolo mucho menos costoso su funcionamiento (Sunshine, 2012).

Según Solbes (2002), en pocos años el motor de Watt encontró aplicaciones en la industria para mover telares, laminadoras, mallas y todo tipo de maquinaria que impulsaría el nuevo modelo de desarrollo capitalista que traería simultáneamente la explotación de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente.

3.1.3 Segunda revolución industrial.

La independencia de la máquina de Watt respecto a las fuentes de energía fija (utilizadas en la organización comunal del sistema feudal) fue extremadamente útil a los empresarios de la época para resolver el problema de transporte que demandaría el capitalismo (el mayor ejemplo es la locomotora de vapor puesta en funcionamiento entre 1813 y 1829 por el inglés *George Stephenson*), porque necesitaba movilizar más rápido y

eficiente la materia prima y manufactura (Zosoli, 1978). Pero para llegar a lo anterior, la industria minera se interesó sobre la creación de máquinas cada vez más eficientes y por eso se cuestionó acerca del “límite para la relación de conversión energética en trabajo o si había la posibilidad del movimiento continuo” (Jaramillo, 2011). Este problema garantizó a finales del siglo XIX el desarrollo de la termodinámica, la cual tenía un inmenso potencial de aplicación práctica.

La búsqueda de la máquina más eficiente que podría permitir la naturaleza fue pensada por *Sadi Carnot* (1796-1832), quien a la edad de 24 años establece algunos principios fundamentales de la termodinámica en su libro *Sobre la Potencia Motriz del Fuego* (Forero, 2013). De acuerdo con Pérez (2007), el razonamiento de *Carnot* aportó en dos principios; el primero se centra en que para producir un efecto mecánico a partir del calor no sólo es necesario un cuerpo caliente, sino también un cuerpo frío hacia el cual es transportado el “calórico”; el segundo principio hace ver que el vapor no es la única sustancia que puede ser utilizada para producir trabajo, sino que la alternancia de calor y frío en una varilla metálica, un líquido, un gas permanente, o un vapor de otra sustancia produce cambios de volumen que, al menos en teoría, también pueden ser utilizados para producir un efecto mecánico aprovechable.

Estos principios son de vital importancia porque cuestionaron las máquinas de sus predecesores como *Savery*, *Newcome* y *Watts*, los cuales trabaron sólo con vapor, permitiendo el paso para que otros inventores como *Otto* (1876), *Daimler* (1882) y *Diesel* (1892) diseñaran diferentes motores que pudiera trabajar con gas, gasolina, y gasóleo, respectivamente, impulsando el desarrollo industrial (imperialismo) que no dependerá del carbón sino del petróleo (Solbes, 2003).

No obstante los aportes de los científicos *Julius Mayer* (1814 - 1878), *James Joule* (1818-1889) que dan una noción de la conservación de la energía; y *William Thomson* o *Lord Kelvin* (1824-1907), *Rudolf Clausius* (1822-1888) y *Hermann Von Helmholtz* (1821-1894) que lograron plantear el principio de conservación de la energía, rescataron las ideas de *Carnot* y además propusieron conceptos que no solo definirían la termodinámica, sino la comprensión del mismo universo (Perez, 2007).

3.2 Aspectos epistemológicos de las máquinas térmicas.

Como se mencionó anteriormente, comprender cómo se desarrolló la teoría cinético-molecular y el concepto de calor es de mucha importancia para entender el modelo explicativo del funcionamiento de las máquinas térmicas que se tiene en la actualidad. Es así que se da inicio a las ideas que aportaron los científicos respecto a la teoría cinético-molecular de los gases para poderlas relacionar con las ideas intuitivas de los estudiantes, luego se mostrará la misma estructura respecto al concepto de calor.

3.2.1 Sobre la teoría cinético molecular de los gases

La idea que se tiene actualmente sobre el comportamiento de los gases es muy diferente a la que se tenía hace más de dos siglos, pues concebir el gas como un agregado de partículas que se mueven libremente y al azar no cabría en la mente de científicos mecanicistas, porque lo más próximo que podrían creer era que las partículas podrían vibrar alrededor de posiciones fijas, captadas por el “calórico”, incluso *Dalton* en su publicación sobre la teoría atómica (1808), no llegó a admitir el movimiento intrínseco de los átomos, ni el concepto de vacío (Blanco, Ruiz y Prieto, 2010).

Podemos considerar que uno de los primeros pasos hacia la teoría cinético molecular que explica las propiedades macroscópicas de los gases a nivel microscópico fue aceptar la hipótesis de *Torricelli* (1608-1647) respecto a la presión que ejerce el mar de aire sobre la superficie y que fue contrastada por *Blaise Pascal* (1623 - 1662) quien utilizó el barómetro de mercurio en dos lugares distintos, el primero fue en la base de la montaña Puy de Domé y el segundo en su cima. Cuando realizó el experimento, sus resultados mostraron que la columna de mercurio del barómetro ubicado en la base de la montaña subió más respecto al que se encontraba en la cima. Su explicación fue muy contundente, pues en la base de la montaña hay mayor cantidad de aire que en la cima, el cual pesa más y por ende realiza más presión sobre la superficie de mercurio haciéndolo subir, en mayor proporción, el mercurio (García, 2009).

Por su parte, *Robert Boyle* famoso por la ley que lleva su nombre la cual establece que a temperatura constante la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen, enunció en 1660 una teoría según la cual, la *elasticidad* del aire, es decir, su capacidad para resistir el peso de la columna de mercurio en los experimentos *de Torricelli*, se debe a su comportamiento microscópico. Para *Boyle*, el aire está compuesto de una multitud

de pequeños cuerpos que, descansando unos sobre otros, actúan como muelles, y cuya capacidad para resistir la compresión es la que le proporciona su elasticidad (Casado, 1999). Dicho modelo elástico, presenta una aproximación para explicar los fenómenos macroscópico de los gases a partir de su comportamiento microscópico, sin embargo, aun difiere mucho del razonamiento actual.

Quien construyó un modelo más sólido sobre este comportamiento microscópico fue *Daniel Bernoulli*, pues él derivó la ley de Boyleen 1738 aplicando las ecuaciones de movimiento de Newton a las moléculas que componen el gas, pero su trabajo parece haber sido ignorado por más de un siglo (Newman,1960, p.774). Según Holton (1993), citado por Blanco et. al (2010), *Bernoulli* imaginaba que los corpúsculos de un gas poseían movimiento rápido en todas las direcciones, chocaban unos con otros y también con las paredes del recipiente, de modo que la presión de un gas sobre las paredes de la vasija se debería al incesante choque de millones de estos corpúsculos. Con este modelo se puede establecer que la presión ejercida por el gas multiplicada por el volumen del recipiente que lo contiene es proporcional como dos tercios de la energía (cinética) promedio de las moléculas del gas (Resnick y Halliday, 1965, citados por García y Scherer, 1982).

Pero a la humanidad le correspondió esperar más de un siglo para que las ideas de *Bernoulli* cobraran el lugar que le corresponde, a pesar de que durante ese lapso de tiempo diferentes científicos como *John Herapath* (1790-1869), *John James Waterston* (1811-1883) y *James Prescott Joule* (1818-1889) compartían ideas similares pero incomprensibles para los científicos de la *Royal Society*. Según García y Scherer (1982) el primer trabajo sobre teoría cinética que tuvo cierta trascendencia en el medio científico a mediados del siglo XIX fue el de *August Karl Kronig* (1822-1879), quien publicó los resultados de la teoría mecánica del calor desde el punto de vista fenomenológico que ya había sido formulada por *Rurnford*, *Mayer* y *Clausius*. Es así que por fin la idea del calórico había sido desechada y las ideas de *Kronig*, que eran esencialmente las mismas que las de *Bernoulli* y *Herapath*, ejercen un fuerte impacto en el medio científico.

Según Blanco et. al (2010), los trabajos matemáticos necesarios para realizar ensayos cuantitativos de esta teoría en función de datos experimentales serían realizados en muy poco tiempo, a partir de 1857, por Rudolf Clausius (1822-1888) en Alemania, James Clerk Maxwell (1831-1879) en Inglaterra y Ludwig Boltzmann (1844-1906) en Austria.

Ahora bien, enseñar a los estudiantes el modelo que se tiene actualmente sobre la teoría cinética molecular resultaría muy trascendente para iniciarlos en el ámbito de los modelos y teorías y, en general, en la naturaleza del conocimiento científico (Benarroch, 2000). Sin embargo, diferentes estudios han identificado algunas dificultades de aprendizaje que se aproximan a las concepciones que tenían los científicos sobre este modelo, y considero que es importante reconocerlas antes de trabajar en el aula, ya que garantiza una visión más clara desde la naturaleza de las ciencias y su enseñanza. Por ejemplo, Domínguez et. al (1998), citados por Furió(2000), identificaron que los estudiantes consideran que las partículas se pueden dilatar, tal cual como lo pensaba *Dalton* quien afirmaba que los átomos eran dilatables con el calor (Benarroch, 2000); también Yopez (2015) encontró que los estudiantes no encuentran una relación directa entre las variables como la temperatura y la presión con el movimiento de las partículas que componen los gases, es decir, los estudiantes se parecen a los científicos mecanicista que no aceptaban la idea del movimiento caótico de las partículas que explicaba no solo la temperatura, sino que también la presión del gas que lo compone.

3.2.2 Sobre el concepto de calor

El concepto de calor que se tienen actualmente fue consolidado gracias al desarrollo de la teoría cinética molecular, pues a partir de ella fue que se pudo establecer que el calor está relacionado con la energía del movimiento de las moléculas y no como un fluido llamado “calórico”. Sin embargo, y como se mostrará más adelante, el error conceptual que se tenía del concepto de calor no fue un problema para *Carnot* encontrar cuál era la máquina térmica más eficiente que puede permitir la naturaleza, pero sí fue un problema para explicar por qué el “calórico” se degradaba, tal como lo demostró *Joule* (Furió-Gómez, Solbes, Furió-Mas, 2007).

Antes de explicar lo que se entendía por calor a partir del calórico es imprescindible reconocer que dicho concepto ha cambiado a través de la historia. Según Camelo Y Rodríguez (2008), quien primero asoció este concepto fueron los griegos a partir del **fuego** como uno de los cuatro elementos que tenía una cualidad única porque la unión entre lo cálido y seco era el origen principal de la materia que sufre cambio de condensación y rarefacción todo el tiempo; esta idea se mantuvo por mucho tiempo hasta que a mediados del XVI empezó a ser cuestionada por *Van Helmont* (1577-1644), quien creía que había un quinto elemento causante de las reacciones químicas y

transformaciones físicas que llamó **Alcahesto**; pero este elemento también fue cuestionado por *Joachim Becher* (1635-1682), ya que imaginó que las partículas que se desprendían de un material cuando se quemaba (considerado como tierra inflamable) generaban cambios, los cuales llamó el **flogisto**.

No obstante, la idea de *Becher* tenía una inconsistencia debido a que no podía explicar por qué una vez el supuesto *flogisto* sale de la materia, éste queda más pesado. A pesar de las explicaciones que defendían su idea, a finales del siglo XVII los químicos dejaron de usarlo y *Lavoisier* se encarga de plantear una nueva idea que dejaba de lado la supuesta sustancia que contenía ciertos materiales (Morris, 1972). Alrededor de 1776 Lavoisier introduce el principio del **calórico**, considerándolo como un fluido invisible que entraba y salía de una sustancia aumentando o disminuyendo su temperatura (Carmelo y Rodríguez, 2008).

Hasta el momento se ha venido reconociendo los diferentes conceptos que se le ha asignado al concepto del calor a través de la historia, sin embargo, hay algo en común en todos ellos y es pensar el calor como una sustancia, bien sea partícula o fluido, que está presente en las transformaciones de la materia. Es justamente aquí cuando se puede asociar esta idea a las diferentes dificultades de aprendizaje que mantienen los estudiantes en el aula de clase. Por citar un ejemplo, Pro (2003) identificó que ellos consideran el calor como un fluido que se cede o se gana, tal como se ha justificado. Pero esta dificultad de aprendizaje también se relaciona con las ideas de *Carnot* para explicar la máxima eficiencia de una máquina térmica.

De acuerdo con Forero (2013), *Carnot* usa la analogía del funcionamiento de una máquina térmica con una rueda de molino para explicar su eficiencia. Según ella, *“así como en la rueda de molino se requiere de una fuente de agua a cierta altura y un desfogue a una altura menor, así la máquina térmica requiere un foco caliente y un foco frío. Entonces el trabajo en el molino es realizado por el agua al caer de un nivel al otro; de manera análoga, el trabajo realizado por la máquina térmica se debe a la caída de calórico del foco caliente al foco frío. En la rueda de molino, la máxima eficiencia se logra cuando no hay pérdida de agua. De una manera análoga, en la máquina térmica, la máxima eficiencia se logra cuando no hay pérdida de calórico en la transferencia de un foco al otro”*.

Este razonamiento lleva a *Carnot* a pensar erróneamente que el calórico se conserva, pero 20 años después los experimentos de *Joule* sobre el efecto Joule del calor y el efecto Joule contradice esta idea al plantear que el calor se podía producir de manera inagotable haciendo un trabajo de fricción y que por lo tanto la energía se degradaba (Furió-Gómez et. al, 2007). Sin embargo, hay que recordar que para ésta época (mediados del siglo XIX) se empezó a comprender la naturaleza microscópica de la materia a partir de la teoría cinético-molecular y *Rudolf Clausius* (1822-1888), quien entiende dicha teoría, analiza la relación entre el trabajo y el calor realizado sobre un sistema, considerando que lo que cambia es la energía interna en las interacciones mecánica y térmica entre este sistema y otro externo. Esta relación fue considerada como la primera ley mecánica del calor (Pérez, 2007). Así pues, los resultados del estudio de *Carnot* se considerarán válidos pero modificando la hipótesis de la conservación del calórico por el *principio de conservación de la energía total* en un sistema aislado.

Reconociendo que el concepto de calor no fue fácil de comprender para los científicos, mucho menos será para los estudiantes, sin embargo, haber identificado algunos atributos sobre cómo se desarrolló dicho concepto permite superar la visión errónea que tienen algunos profesores, las cuales son de vital importancia para anticiparse a respuestas o dichos que pueden manifestar los estudiantes en el aula, como por ejemplo “la energía del cuerpo”, “el calor del cuerpo” o “la temperatura es la medida del calor”, permitiendo actuar eficientemente en la enseñanza del funcionamiento de máquinas térmicas.

4. Marco Conceptual

Lo que se describirá en éste capítulo son los referentes teóricos para poder comprender y explicar el funcionamiento de máquinas térmicas. Este objetivo se realizará a partir de la explicación del comportamiento de los gases ideales y su relación con la teoría cinético molecular; luego se explicará el concepto de calor y trabajo para poder enunciar la primera ley de la termodinámica; también se explicará los ciclos termodinámicos que harán más comprensible los ciclos de los motores Stirling, Otto y Diésel; y por último se describirá un panorama general del impacto que traen dichos motores a la sociedad y al ambiente.

4.1 Gases ideales y la teoría cinético-molecular.

La materia en cualquier estado, está constituida por átomos, moléculas o iones. Sin embargo en el estado gaseoso, la teoría de los gases ideales permite dar un modelo explicativo para llegar a comprender el comportamiento de los gases y parte de su naturaleza termodinámica a nivel microscópico y macroscópico, mediante la teoría cinético molecular y la ecuación de estado deducida experimentalmente, respectivamente (Linder, 2004).

Para llegar a entender dicho modelo es importante reconocer algunos conceptos. Uno de ellos es el de presión, conocida como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área.

$$\vec{P} = \frac{\vec{F}_{\perp}}{A} \quad (ec.1)$$

Donde las unidades de Fuerza normal (\vec{F}_{\perp}) es el Newton (N) y la de Área (A) es metro cuadrado (m²), por lo tanto las unidades de presión son Newton sobre metro cuadrado (N/m²) que equivale a un pascal (Pa) (Young et. al, 2009, p. 458). Esta expresión nos

demuestra matemáticamente que hay más presión entre más fuerza se haga sobre una superficie pequeña.

Por otra parte, los gases naturalmente no tienen forma definida, pero se expanden ilimitadamente hasta llenar por completo el recipiente que lo contenga. Es por esta razón que se ha establecido que el volumen de un gas es proporcional a las dimensiones del recipiente. Sus unidades se dan en metro cúbico (m^3), pero ocasionalmente se trabaja con el decímetro cúbico (dm^3) que es equivalente a un litro (L).

A diferencia del sólido y el líquido, los gases son fácilmente compresibles, y es por esta razón que, para disminuir el volumen de un gas, se requiere una presión relativamente pequeña para lograr reducir las dimensiones del recipiente que lo contenga. Además, cuando dos o más gases se ponen en un mismo recipiente se mezclan total y uniformemente en todas sus proporciones, y por eso cualquier mezcla de gases es homogénea (Cotton, 1986, p. 102).

En este orden de ideas, hay una relación entre la presión y volumen de un gas, ya que cuando la temperatura se mantiene constante en un tubo en forma de U, que se encuentra cerrado en un extremo y que contiene en forma separada una cierta cantidad de mercurio y un gas atrapado en el extremo cerrado, el volumen de dicho gas disminuye a medida que se le agrega más mercurio, debido a que genera, por su peso, más presión (Chang, 2002, p.159). A esto se le denominó la ley de Boyle.

$$P = \frac{K_1}{V} \quad (ec.2)$$

Donde P es la presión, V es el volumen y K_1 es una constante de proporcionalidad. Cabe resaltar que el estado de un gas no solo se depende de la presión y el volumen, sino que también de la temperatura. A nivel macroscópico entendemos la temperatura como una propiedad medible que varía de acuerdo a su *calidez* o *frialdad*, pero en el caso específico de un gas, dichas mediciones se hacen usualmente de manera precisa. Por ejemplo, al calentar un gas en un recipiente a volumen constante, la presión registrada en un manómetro aumenta; del mismo modo si se calienta un gas a presión constante, el volumen del gas se expande.

Lo anterior quiere decir que la temperatura es inversamente proporcional a la presión cuando un gas mantiene su volumen constante, pero si las condiciones de presión y volumen se invierten entonces se deducirá que la temperatura también es inversamente proporcional al volumen de un gas cuando la presión es constante. A esto se le conoció como la ley de Charles y Gay-Lussac.

$$T = \frac{K_2}{P} \quad a \quad Vcte \quad (ec.3)$$

$$T = \frac{K_3}{V} \quad a \quad Pcte. \quad (ec.4)$$

Donde T es la temperatura medida en Kelvin ($^{\circ}K$), y K_2 y K_3 son constantes de proporcionalidad. Sin embargo, aún falta relacionar el volumen que ocupa una cantidad de sustancia, ya que se cumple que, a la misma temperatura y presión, volúmenes iguales de diferentes gases contienen el mismo número de moléculas (Chang, 2002, p.165). Es por esto que no importa de qué gas se trate, al fin y al cabo el volumen de cualquier gas es directamente proporcional a la cantidad de sustancia, descrita por la masa m_{total} o número de moles n . A esto se le denominó ley de Avogadro.

$$V = K_4 \cdot n \quad a \quad Pcte \text{ y } Tcte. \quad (ec.5)$$

Donde K_4 representa una constante de proporcionalidad. Una vez se logró obtener experimentalmente todas las variables de estado de un gas ideal a nivel macroscópico, se estableció una ecuación de estado que describe el estado de un gas ideal, donde es posible relacionar las variables de presión (P), volumen (V), temperatura (T) y número de moles (n) de acuerdo a su proporcionalidad (R) como se describe a continuación.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (ec.6)$$

A pesar de que R debería tomar valores diferentes para cada gas, no lo hace, por lo menos a bajas presiones, el cual toma un valor de $8.314472 \frac{J}{mol \cdot K}$ o bien, $0.08206 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$ (Chang, 2002, p.166).

Pero para comprender el comportamiento microscópico de los gases a bajas presiones, se debe establecer las siguientes condiciones que Young et. al (2009 p.616) mencionan:

- Un recipiente con volumen V contiene un número muy grande N de moléculas idénticas, cada una con masa m .
- Las moléculas se comportan como partículas puntuales; su tamaño es pequeño en comparación con la distancia media entre partículas y las dimensiones del recipiente.
- Las moléculas están en constante movimiento; y obedecen las leyes del movimiento de Newton. Las moléculas chocan ocasionalmente con las paredes del recipiente. Tales choques son perfectamente elásticos.
- Las paredes del recipiente son perfectamente rígidas y con masa infinita; no se mueven.

Una vez se establece estas condiciones se puede inferir que la energía cinética de traslación media de una sola molécula ($\frac{1}{2}mv_{med}$) multiplicada por el número de moléculas N es igual a la energía cinética aleatoria total K_{tr} del movimiento de *traslación* de todas las moléculas (podría haber energías adicionales relacionadas con la rotación o de vibración para gases diatómicos) (Young et. al, 2009, p.621). Entonces el producto $P.V$ es igual a dos tercios de la energía cinética de traslación total:

$$PV = \frac{2}{3}K_{tr} \quad (ec. 7)$$

Si se compara esto con la ecuación del gas ideal (ec.6) se establece que la energía cinética de traslación de un número de moléculas n es directamente proporcional a la temperatura.

$$K_{tr} = \frac{3}{2}nRT \quad (ec. 8)$$

Pero la energía cinética de traslación K_{tr} de una sola molécula es la energía cinética total de todas las moléculas dividida el número de moléculas N .

$$\frac{K_{tr}}{N} = \frac{3nRT}{2N} \quad (ec. 9)$$

Donde $\frac{n}{N}$ es el número de Avogadro N_A , por lo tanto la energía cinética de traslación por molécula es:

$$\frac{K_{tr}}{N} = \frac{3T}{2} \cdot \frac{R}{N_A} \quad (ec. 10)$$

A la razón constante de los gases ideales y número de Avogadro $\frac{R}{N_A}$ es llamada la constante de Boltzmann k , que equivale a $1.381 \times 10^{-23} \frac{J}{molecula \cdot K}$ (Young et. al, 2009, 622).

De esta forma se obtiene que la energía cinética de traslación media de una molécula de gas también es proporcional a la temperatura.

$$\frac{1}{2}m(v^2)_{med} = \frac{3}{2}kT \quad (ec. 11)$$

Hay que tener presente que la constante de Boltzmann k es una constante de los gases por molécula, a diferencia de R que es una constante por mol (Young et. al, 2009, 622). Por esto se puede reescribir la ecuación de estado de un gas como:

$$PV = NkT \quad (ec. 12)$$

Por último la ecuación 3 puede cuantificar la rapidez cuadrada $(v^2)_{med}$, llamada rapidez eficaz o rapidez cuadrática media v_{rms} a partir de su temperatura. Donde v_{rms} equivale a la raíz cuadrada de $(v^2)_{med}$. Por lo tanto, se obtiene que:

$$v_{rms} = \sqrt{(v^2)_{med}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (ec. 13)$$

La anterior ecuación indica que la velocidad promedio de las moléculas de un gas depende directamente de la temperatura e inversamente de la masa de ellas. Esta deducción da una explicación a nivel microscópico de lo que significa la temperatura, pero además aporta para comprender la presión de un gas, pues entre más rápido se muevan las moléculas, mayor probabilidad tienen de que choquen con las paredes de un recipiente que las contiene, generando más presión. Cabe resaltar que estas explicaciones del mundo microscópico, aunque resumidas, también son aplicables para cualquier estado de la materia, ya que la ecuación de distribución de Maxwell-Boltzmann, que surge de una mecánica estadística, relaciona la temperatura como causante de las reacciones químicas y los cambios de fase (Young et. al, 2009, p.630).

4.2 Calor

La transferencia de energía que se da exclusivamente por una diferencia de temperatura se denomina *flujo de calor* o *transferencia de calor*, en tanto que la energía así transferida se denomina **calor** (Young et. al. 2009, p.582). Por ejemplo, cuando se introduce una cuchara de metal (a temperatura ambiente) a una taza de sopa caliente (temperatura mayor a la ambiente), la cuchara se calienta y la sopa se enfría. La interacción que causa estos cambios de temperatura es básicamente una transferencia de *energía* de una sustancia a otra, la cual siempre debe de ir de la de mayor a la de menor temperatura.

Sin embargo, la mayoría de los estudiantes tienen una dificultad de aprendizaje al confundir calor y temperatura, ya que tienen una concepción de calor comparable a una cantidad de sustancia que puede estar contenida en cierto cuerpo en cantidades menores o mayores, y se puede ver sus efectos, por ejemplo, cuando se dilata un termómetro de mercurio, se funde el hielo o se incrementa la presión de un gas (Job, 1972 p. 7), y posiblemente esta concepción se deba al lenguaje cotidiano, pues es usual escuchar términos como “la sopa está caliente” o “está haciendo mucho calor”; pero en realidad lo que esos estudiantes están midiendo sensorialmente es la energía interna a partir de un parámetro como la temperatura y no el calor (como transferencia de energía).

De esta forma el concepto de calor se reconoce sólo cuando la energía en transición cruza la frontera de un sistema (Ceguel y Boles, 2006, p. 60). Por ejemplo, cuando una papa horneada caliente, la cual contiene cierta energía térmica, se expone al aire libre, podemos considerar que sólo hay transferencia de calor cuando la energía cruza la cáscara de la papa (la frontera del sistema) para llegar al aire. Por esta razón se puede inferir que para calentar el aire alrededor de la papa se necesitó de una fuente de calor, papa caliente (Job, 1972, p. 11). Hay tres mecanismos de transferencia de calor que son conducción, convección y radiación.

Según Ceguel y Boles, (2006, p. 62), la **conducción** es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las adyacentes menos energéticas, como resultado de la interacción entre partículas. Por ejemplo, cuando sujetamos de un extremo una varilla de cobre y el otro extremo lo acercamos a una flama, después de un tiempo se va a sentir “caliente” el extremo que sujetamos. Entonces a nivel microscópico en la varilla, los átomos de las regiones más calientes (los que están en contacto con la

flama) tienen más energía cinética, en promedio, que sus vecinos más fríos, así que excitan a sus vecinos, transfiriéndoles algo de su energía continuando así a través del material. Los átomos en sí no se mueven de una región del material a otra, pero su energía sí (Young et. al. 2009, p.592).

Según Young et. al. (2009, p.592), si se transfiere una cantidad de calor δQ por la varilla en un tiempo dt , la tasa de flujo de calor es $\delta Q/dt > 0$. Llamamos a ésta la **corriente de calor**, denotada por H . Es decir, $H = \delta Q/dt$. Se observa experimentalmente que la corriente de calor es proporcional al área transversal A de la varilla y a la diferencia de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ (donde $T_2 > T_1$), e inversamente proporcional a la longitud de la varilla L . Introduciendo una constante de proporcionalidad K llamada **conductividad térmica** del material, tenemos:

$$H = \frac{\delta Q}{dt} = KA \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (ec. 14)$$

Otro mecanismo para transferir calor es por **convección**, que según Serway y Beichner (2002, p.624) la definen como la energía transferida a las moléculas de menor densidad por el movimiento de aquellas que adquieren mayor densidad cuando son calentadas. Por ejemplo, cuando se calienta el aire por una flama, las moléculas que hacen contacto con ella se separan y ascienden debido a que baja su densidad, después éstas transfieren “por convección” dicha energía a las moléculas menos energéticas, lo cual hace que se vuelvan a unir y desciendan al aumentar su densidad. Por eso cuando el movimiento se produce por cambios de densidad se dice que es una convección natural. Pero cuando la sustancia calentada se fuerza a moverse mediante un ventilador u otro artefacto, el proceso se le denomina convección forzada (Serway y Beichner, 2002, p.624). Esta es una de las razones por la cual no se puede describir el proceso de convección por una ecuación sencilla (Young et. al. 2009, p.595).

Por último tenemos la transferencia de energía por **radiación**, que según Ceguel y Boles (2006, p. 62), es la transferencia de energía debida a la emisión de ondas electromagnéticas, por ejemplo la radiación solar. Esta transferencia no necesita de un medio para propagarse, así que puede viajar en el vacío.

La **ley de Stefan-Boltzmann** puede describir dicho proceso al determinar que la tasa de radiación de energía de una superficie es proporcional a su área superficial A , y aumenta

rápidamente con la temperatura, según la cuarta potencia de la temperatura absoluta (Kelvin). La tasa también depende de la naturaleza de la superficie; esta dependencia se describe con una cantidad e llamada **emisividad**: un número adimensional entre 0 y 1 que representa la relación entre la tasa de radiación de una superficie dada y la de un área igual de una superficie radiante ideal a la misma temperatura. La emisividad también depende un poco de la temperatura (Young et. al. 2009, p.596). Así, la corriente de calor $H = \delta Q/dt$ debida a radiación de un área superficial A con emisividad e a la temperatura absoluta T se puede expresar como:

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (ec. 15)$$

Donde σ es la constante física fundamental llamada **constante de Stefan-Boltzmann** y su mejor valor numérico actual es $5.6704(40) \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$.

4.3 Calor específico

Podemos definir una *unidad* de cantidad de calor con referencia al cambio de temperatura de un material específico, recordando que por ninguna circunstancia calor y temperatura es lo mismo, pero sí se puede establecer una relación. Dicha unidad es la **caloría**, término acuñado por primera vez por *Meyer* (Newburgh y Leff, 2011), la cual está definida como *cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 gramo de agua de 14.5°C a 15.5°C*. No obstante, como el calor es transferencia de energía, entonces sus unidades están relacionadas con la unidad de energía mecánica que es el Julio. Dicha relación es:

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 1 \times 10^7 \text{ Ergios}$$

En efecto, esta cantidad energética es usada para cuantificar el calor (δQ) que puede recibir o entregar una sustancia específica si está asociada a un cambio de temperatura dT ; entonces para que sufra un cambio de temperatura implica que, en promedio, los átomos del material tengan la misma cantidad energética para que puedan trasladarse, girar o vibrar según sea el caso. Por esta razón se ha establecido el **calor específico** (c)

de algunas sustancias como propiedad térmica para cuantificar la energía que puede transferir o absorber un cuerpo de masa m (o por el número de moles n).

$$\delta Q = m c dT \quad (ec. 16)$$

Para poder hacer la misma cuantificación en término de n , el producto de la masa molar (M) con la capacidad calorífica (c), indica la capacidad calorífica molar C , que a veces resulta útil para analizar el comportamiento del material a nivel microscópico (Young et. al 2009, p. 585); y como $m = nM$, entonces reemplazamos en la ecuación 16 obteniendo de este modo la ecuación 15:

$$\delta Q = n M c dT$$

$$\delta Q = n C dT \quad (ec. 17)$$

Sin embargo, cuando un material está sufriendo un incremento de temperatura puede ocurrir un cambio de fase y la temperatura no varía, debido a que cada átomo que la compone está adquiriendo la energía suficiente para realizar dicho cambio a presión constante. En esta situación, las ecuaciones 14 y 15 no son validas ya que el cambio de temperatura $dT = 0$. Los experimentos de *Joseph Black (1761)* cuantificaron el calor que requiere cierta sustancia para cambiar de estado. A esta cantidad se le denominó **calor de fusión** L_f si el material pasa de estado sólido a líquido (ecuación 18) y **calor de vaporización** L_v cuando pasa de estado liquido a gaseoso (ecuación 19).

$$Q = mL_f \quad (ec. 18)$$

$$Q = mL_v \quad (ec. 19)$$

Por ejemplo, para convertir 1 kg de hielo a 0°C en 1 kg de agua líquida a presión atmosférica normal se necesita $3.34 \times 10^5\text{ J}$ de calor; por lo tanto, el calor de fusión para el agua es $3.34 \times 10^5\text{ J/kg}$. Del mismo modo, para convertir 1 kg agua líquida a 100°C en 1 kg de vapor de agua a la misma presión anterior, se necesita de $2.23 \times 10^6\text{ J}$ de calor; por eso el calor de vaporación es de $2.23 \times 10^6\text{ J/Kg}$ (Young et. al. 2009, p.587).

Es posible que ciertas sustancias, en unas condiciones específicas de presión, cambien de estado sólido a vapor y viceversa. A esto se le denominó **calor de sublimación** L_s , y

también es específico para cada sustancia. Por ejemplo, el vapor de agua puede entregar instantáneamente $2.23 \times 10^6 J$ con ayuda de presión al volverse solida.

Hasta ahora se ha interpretado la capacidad calorífica para poder medir el calor específico o capacidad calorífica de un material o sustancia a partir de una explicación fundamentada, de cierto modo, por la experiencia. No obstante, la teoría cinético-molecular puede aportar un análisis más detallado y sencillo de lo que significa la capacidad calorífica de un gas a volumen constante (C_V).

De acuerdo a las ecuaciones 8 y 17, se puede relacionar el cambio de energía calórica con la temperatura de cierto número de moléculas a partir de la igualación de términos que se muestra en la ecuación 20 (suponiendo que la energía en los dos casos es igual):

$$dK_{tr} = \delta Q \quad (ec. 20)$$

$$\frac{3}{2} n R T = n C dT \quad (ec. 21)$$

$$C = C_V = \frac{3}{2} R \quad (ec. 22)$$

La ecuación 22 describe que la capacidad calorífica molar C , equivalente a la capacidad calorífica a volumen constante C_V y es directamente proporcional a 1.5 veces la constante de los gases ideales R , es decir, $12.47 \frac{J}{mol.K}$; resultado que es muy aproximado a la capacidad calorífica de los gases monoatómicos como el helio (He) o el argón (Ar). Sin embargo, dicho resultado es muy diferente cuando se trata de gases diatómicos y poliatómicos, debido a que la energía no solo depende de la traslación, sino que también de giros y vibraciones (cuando su temperatura es muy alta) (Young et al, 2009, p. 627).

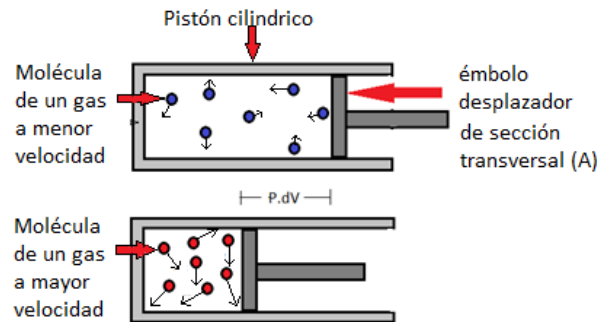
4.4 Trabajo

Para aumentar la temperatura de un gas es necesario imprimirle energía de tal forma que su velocidad promedio de las moléculas aumente. Pero, ¿cómo es posible transmitir dicha energía? si el gas se encuentra en un pistón hermético donde no es posible ingresar calor. Esta pregunta tiene respuesta si se piensa en la mecánica Newtoniana a nivel microscópico, pues para que un cuerpo cambie su velocidad es necesario aplicar sobre él, trabajo, es decir, alguien o algo que tiene energía puede transferirla al chocar con el

cuerpo para que éste se desplace, aumentado su velocidad. Es por esta razón que el gas aumenta su temperatura cuando es comprimido por el émbolo de un pistón a pesar de que no se le transfiera directamente calor (Cegel y Boles, 2006, p. 66).

Para explicar el comportamiento de un gas cuando se comprime o se expande será necesario imaginar un supuesto modelo de un cilindro de área uniforme que representará un pistón, el cuál contiene un émbolo de superficie (A) que no realiza fricción al desplazarse a través del cilindro como se muestra en la figura 2. Es así que un gas cuando está comprimido en un pistón, sus moléculas chocan más rápido con sus paredes porque tiene un espacio más reducido, generando mayor probabilidad de choques, y por lo tanto, más fuerza por unidad de área, tal como lo describe la ecuación 1. Esto aumenta la presión que está directamente relacionada con la temperatura.

Figura 2: representación esquemática de un modelo de pistón con un émbolo desplazador que comprime un gas.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

Ahora bien, piense a nivel macroscópico el evento contrario en el mismo modelo del pistón. El gas en estos momentos adquirió la energía trasferida por el émbolo en forma de trabajo, por lo que también tiene la capacidad de transferirla hacia el émbolo, realizando trabajo δW sobre él, ya que lo desplaza una distancia dx a partir de la fuerza \vec{F} que realizan todas sus moléculas, sin necesidad de saber cuál o cuáles fueron las que chocan en la superficie A del émbolo.

$$dW = F \cdot dx \quad (\text{ec. 23})$$

$$dW = P \cdot A \cdot dx$$

$$\text{como } A \cdot dx = dV \quad (\text{ec. 24})$$

$$\text{entonces } dW = PdV \quad (\text{ec. 25})$$

Es posible utilizar la ecuación 23 debido a que el modelo planteado a partir de la situación anterior se ha realizado con un pistón de forma cilíndrica el cual un cambio de volumen (dV) es calculable a partir de la el producto del área de la superficie circular A con el cambio de altura (dx). Por eso la ecuación 25 define el cambio infinitesimal de trabajo realizado por un gas hacia el émbolo como el producto de su presión (que se mantiene constante) durante el cambio infinitesimal del volumen del pistón.

Si se desea conocer todo el trabajo que puede realizar el gas durante toda la expansión o compresión en un pistón, solo se debe integrar dichas variables.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV \quad (\text{ec. 26})$$

Si el gas expande el émbolo, realiza trabajo sobre él y por eso es considerado como un trabajo positivo, pero si el émbolo es el que realiza trabajo sobre el gas entonces es considerado como un trabajo negativo, todo visto desde el gas. Sus unidades son el Joule, pues se trata de energía transferida de un sistema a otro, mediante una fuerza que causa el desplazamiento.

4.4 Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica es sencillamente una expresión del principio de conservación de la energía desarrollada independientemente por *Meyer* y *Joule* a mediados del siglo XIX, donde la energía se muestra como una clara relación entre las distintas formas en que interacciona. Pero la consecuencia de esta ley es que la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso; solo puede cambiar de forma (Cengel y Boles, 2006 p. 70). Por esto, cada cantidad de energía debe justificarse en un proceso como trabajo que se realiza sobre el sistema o trabajo que realiza el sistema; o calor que puede entrar o salir del mismo.

Pero por ejemplo, si no se percibe algún cambio de calor debido a que un sistema se encuentra aislado (paredes adiabáticas), es de suponer que ya trae una energía interna asociado al movimiento cinético y a los enlaces de cada molécula, dicha energía es una propiedad del sistema conocida como energía interna U . Pero no es fácil saber cada uno de los movimientos de cada molécula, tampoco cómo se encuentran sus enlaces, por

esta razón, sólo se puede conocer el cambio de energía interna dU observando la variación del trabajo δW en el sistema. Nótese que el diferencial dU es diferente al δW debido a que éste último no es exacto.

$$dU = \delta W \quad (\text{ec. 27})$$

De forma similar, si un sistema no hace trabajo debido a que sus horizontes de frontera son constantes (un cilindro cerrado), la variación de calor δQ que pueda ser transferido hacia él, cambiará la energía interna del sistema, ya que sus moléculas, que se encontraban en cierto estado U_i (energía interna inicial), se moverán más rápido y posiblemente se romperá más de un enlace obteniendo otro estado U_f , sin embargo, no se podrá saber cuánto fue su energía interna inicial o final, pero sí su cambio de energía dU , el cual es proporcional al calor añadido al sistema δQ .

$$dU = U_f - U_i = \delta Q \quad (\text{ec. 28})$$

Pero en un sistema que no es herméticamente aislado, ni tampoco tiene horizontes de frontera constantes, y sin embargo le entra calor y libera trabajo; el cambio de energía interna debe cumplir el principio de conservación de energía, el cual se esboza a partir de la primera ley de la termodinámica.

$$dU = \delta Q - \delta W \quad (\text{ec. 29})$$

Por convenciones, δQ (positivo) indica entrada de calor al sistema y δW (negativo) se refiere al trabajo realizado hacia el sistema. Esto implica dos cosas; La primera está relacionada con el cambio de signo, lo cual es posible que el calor sea negativo ($-\delta Q$), indicando su salida, o que el trabajo sea positivo ($+\delta W$), indicando que el sistema realiza trabajo sobre el entorno; La segunda implicación es que el cambio de signos en dU puede tomar valores positivos, negativos o cero cuando aumenta, disminuye o no cambia, respectivamente.

4.5 Procesos Termodinámicos

A continuación, se describirá los procesos adiabático, isométrico, isobárico e isotérmico para analizar cómo cambian las variables de acuerdo al principio de conservación de

energía haciendo uso de gráficas de presión en función de volumen para facilitar su comprensión.

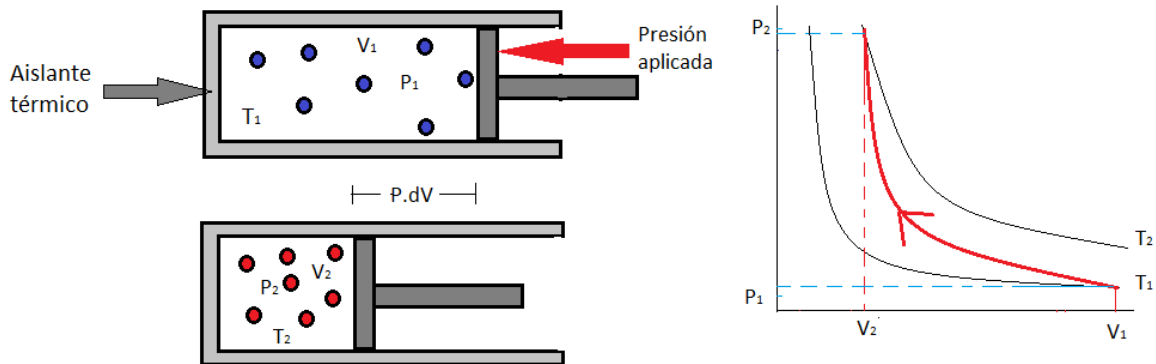
4.5.1 Proceso adiabático.

En el caso donde se describe un sistema que es contenido en un recipiente de paredes idealmente adiabáticas, se concluyó que el cambio de energía interna sería proporcional al trabajo realizado por el sistema. Pues bien, si disponemos de un gas ideal que se encuentre en el interior de un pistón, con paredes adiabáticas, es decir, que no permita la entrada ni salida de calor del sistema ($\delta Q = 0$), a esto se le conoce como un sistema adiabático. Ahora bien, imagine que se comprime el émbolo, debido a que alguien lo empuja a presión constante P_{cte} (ver figura 3); en estos momentos se puede decir que el cambio del trabajo es negativo $-\delta W$ y por ende hay un aumento de energía interna $dU > 0$, porque $\delta Q = 0$

$$dU = -\delta W \quad (ec. 30)$$

$$U_f = U_0 - \int_0^V p dV \quad (ec. 31)$$

Figura 3: representación esquemática y gráfica de un proceso adiabático.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

Este proceso se denomina adiabático y es un claro ejemplo para diferenciar el concepto de calor al de temperatura, pues como se mostró, a pesar que no hay transferencia de calor, la temperatura y presión del sistema aumenta a medida que disminuye el volumen

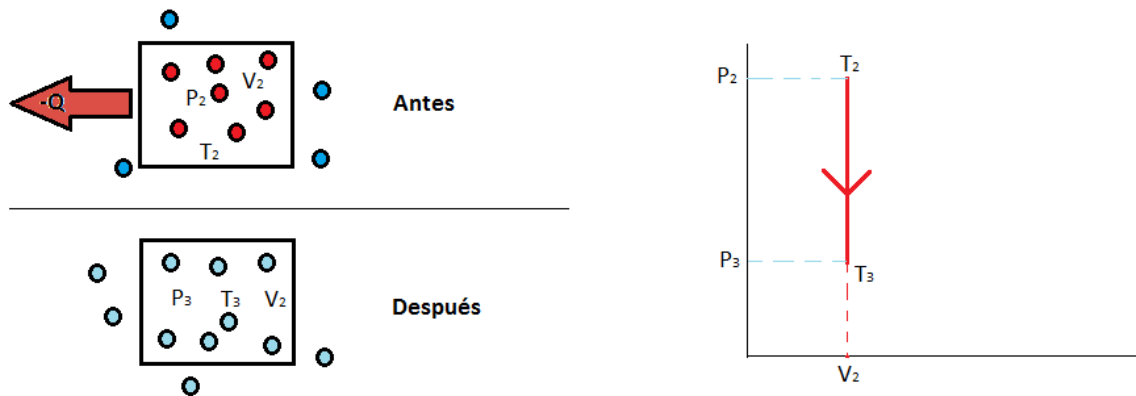
del gas, pues como hay cada vez menos espacio, las moléculas golpean con mayor velocidad las paredes del pistón.

4.5.2 Proceso isométrico.

Ahora piense en un cilindro de paredes no herméticas, es decir, puede entrar o salir calor, pero no puede expandirse ni comprimirse. En estas condiciones, como no es posible que el gas cambie su volumen, se tiene que el trabajo $\delta W = 0$ (ver ecuación 24). Ahora bien, si inicialmente nos quedamos con el gas en las condiciones de estado que finalizó el caso adiabático anterior (P_2, T_2, V_2) , tendremos un cambio de temperatura decreciente T_3 , siempre y cuando el medio exterior tenga una temperatura inferior al sistema interno, debido a que sale calor del sistema $(-\delta Q)$, haciendo disminuir el cambio de energía interna $(-dU)$, hasta el punto en que la temperatura interna se iguale con la externa como se muestra en la figura 4.

$$-dU = -\delta Q \quad (\text{ec. 32})$$

Figura 4: representación esquemática y gráfica de un proceso isométrico.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

El cambio de energía interna se debe principalmente a que la velocidad promedio de las moléculas en el interior del cilindro disminuye, pues constantemente chocan con las paredes del recipiente, calentándolo, y éste a su vez transfiere su energía a las moléculas del medio exterior haciéndolas mover más rápido de lo que estaban, hasta el punto en que, tanto las moléculas del exterior como el interior, alcanzan el mismo grado de temperatura. A este proceso se le conoce como isocórico.

4.5.3 Proceso isobárico.

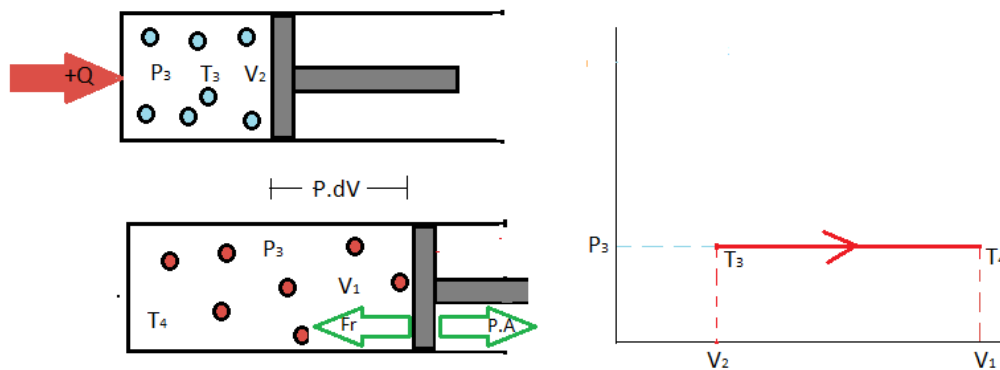
Piense en el mismo gas ideal con las condiciones en que finalizó en ciclo anterior (P_3, T_3, V_2) y trasládalo a un cilindro “especial” donde el émbolo es móvil, pero se puede expandir a presión constante, pues la fricción que hace el émbolo con las paredes del cilindro mantiene dicha condición ideal. Este proceso es conocido como isobárico, donde parte del calor transferido a un sistema ($+\delta Q$) produce un cambio de su energía interna dU y la otra parte la utiliza el sistema para hacer trabajo sobre su entorno ($+\delta W$) como se muestra en la figura 5.

$$\delta Q = dU + \delta W$$

$$\text{Donde } \delta W = P \cdot dV$$

$$\text{Entonces } \delta Q = dU + P \cdot dV \quad (\text{ec. 33})$$

Figura 5: representación esquemática y gráfica de un proceso isobárico.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

Esta condición solo se debe cumplir si el proceso se lleva a presión constante. En la realidad dicha condición se cumple en los procesos de cocción, pues la presión del aire en una sartén se mantiene constante mientras se calienta la comida, elevando su temperatura a medida que se expande los gases o vapor que se desprenden de los alimentos.

4.5.4 Proceso isotérmico

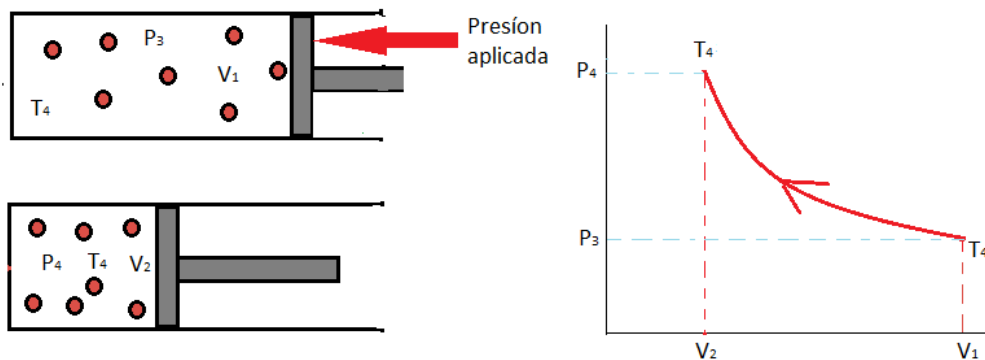
Por último, tenemos un proceso que se debe dar lentamente, para que cualquier intercambio de calor (δQ) que el sistema haga sobre el entorno, se pueda mantener en un equilibrio térmico (T_4). A un proceso así se le llama isotérmico. Esto se logra, por ejemplo, aplicando presión sobre las condiciones de estado final del gas en el caso isobárico anterior (P_3, V_1, T_4), lo cual se genera un trabajo ($-\delta W$) que se convierte en su totalidad en calor ($-\delta Q$) que es expulsado al entorno, dejando la energía interna del sistema constante ($dU = 0$), por consiguiente la temperatura no cambia como se muestra en la figura 6.

$$\delta Q = dU + \delta W$$

Como $dU = 0$, entonces

$$\delta Q = \delta W \quad (\text{ec. 34})$$

Figura 6: representación esquemática y gráfica de un proceso isotérmico.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

4.6 Máquinas Térmicas

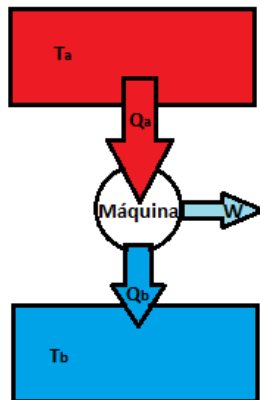
Un gas en ciertas condiciones (sistema aislado), puede cumplir un ciclo termodinámico con más de un proceso de los que se mencionaron anteriormente. De esta forma, para que se cumpla un ciclo termodinámico se debe garantizar en un sistema aislado una energía interna constante $dU = 0$, donde las variables de estado con las que inicia, por ejemplo un gas, debe volver a su estado original a pesar de que sufren más de un

proceso termodinámico (Young et. al, 2009, p. 653). Sin embargo, en la vida real, este ciclo no se cumple, ya que los procesos que se dan en la naturaleza son **irreversibles**, es decir, procesos que se efectúan espontáneamente en una dirección, pero no en otra (Young et. al, 2009, p.674), por más de que se adapten diversas condiciones.

Si fueran posibles los procesos **reversibles**, se hubiera establecido un ciclo ideal de movimiento perpetuo, donde la energía interna del sistema se mantendría constante $dU = 0$ y se cumpliría, por la primera ley de la termodinámica, que todo el calor suministrado al sistema se convertiría en trabajo mecánico. Pero en la realidad las cosas son diferentes por efectos disipativos del calor. Entonces, el calor suministrado Q_a , proveniente de una fuente a temperatura constante T_a , el cual es proporcional a la suma del trabajo realizado por la máquina térmica W y del calor que se disipa Q_b a un depósito de calor a temperatura constante T_b , donde $T_a > T_b$, tal como se muestra en la figura 7.

$$Q_a = W + Q_b \quad (35)$$

Figura 7: Representación esquemática del flujo de energía en una máquina térmica.



Fuente: Creación propia. [Figura]. Modificada el 28 de marzo de 2017 con base al libro: Young et. al (2009). Física universitaria., vol. 1.

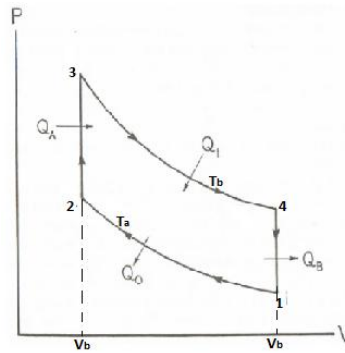
Teniendo en cuenta este principio, existen diversos ciclos teóricos que se desarrollan en diferentes máquinas térmicas, y pueden ser descritos con graficas de presión en función del volumen; ejemplos de ellos tenemos el ciclo Stirling, Otto y Diesel.

4.6.1 Motor Stirling

El ciclo Stirling lo desarrolla el motor de combustión externa llamado motor Stirling. Este motor usa el aire como materia prima en cuatro procesos termodinámicos; primero es un

proceso de expansión isotérmica(1 → 2) a una temperatura T_a , lo sigue un proceso isocórico(2 → 3), en el cual baja la temperatura a T_b , posteriormente vuelve a darse un proceso de compresión isotérmico(3 → 4) manteniendo la temperatura T_b , y finaliza con un proceso isocórico(4 → 1), subiendo la temperatura a T_a , tal como se muestra en la figura 8.

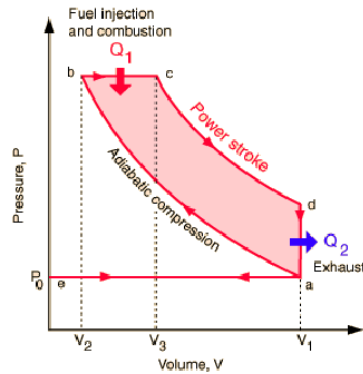
Figura 8: Ciclo del motor Stirling estándar.



Fuente: Una introducción a los motores Stirling. Recuperado en <https://cuadernosordenado.wordpress.com/2016/06/23/una-introduccion-a-los-motores-stirling-james-r-senft/>

4.6.2 Motor Diésel

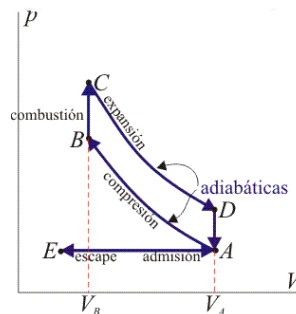
Por su parte, el motor Diésel también usa aire como materia prima, pero a diferencia del motor Stirling, el Diésel es un motor de combustión interna. Su ciclo ideal denominado ciclo Diésel cumple cuatro procesos termodinámico; primero se lleva a cabo un proceso adiabático reversible($a \rightarrow b$), donde el aire se comprime aumentando su temperatura a T_a ; lo sigue un proceso de combustión isobárico($b \rightarrow c$), que sigue aumentando la temperatura a T_b ; luego se da una expansión adiabática ($c \rightarrow d$) para una descarga de potencia, bajando la temperatura a T_c ; y finalmente se da una expulsión de mezcla de gases isométrica ($d \rightarrow a$). Al final de la expulsión de los gases, se toma una nueva carga de aire tal como se indica en el proceso ($a \rightarrow e \rightarrow a$) de la figura 9, para iniciar de nuevo el ciclo.

Figura 9: Ciclo del motor Diésel estándar.

Fuente: El motor Diesel. Recuperado en <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/diesel.html>

4.6.3 Motor Otto

Por último, el ciclo Otto lo desarrolla el motor a gasolina, el cual, al igual que el Diésel, es un motor de combustión interna. Para llevar a cabo el ciclo de dicho motor, también es necesario cuatro procesos termodinámicos; el primero es un proceso adiabático de compresión ($A \rightarrow B$), el cual eleva la temperatura tan rápido que no alcanza a transferir calor al ambiente; luego se da un proceso isométrico irreversible ($B \rightarrow C$) que sigue elevando considerablemente la temperatura; posteriormente la presión del gas a esa temperatura empuja rápidamente al pistón hacia abajo, realizando trabajo sobre él, lo cual se genera un proceso adiabático ($C \rightarrow D$); por último, cuando el pistón está en su punto más bajo, se da un proceso isométrico ($D \rightarrow A$), que baja considerablemente la temperatura al dejar escapar la mezcla de gases producto de la combustión. Al finalizar la expulsión de gases, se toma una nueva carga de aire tal como se indica en el proceso ($E \rightarrow A$) de la figura 10, para iniciar de nuevo el ciclo.

Figura 10: Ciclo del motor Otto estándar.

Fuente: Ciclo Otto. Recuperado en http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto

4.6.4 Problemáticas tecnológicas, sociales y medio ambientales sobre los motores a gasolina y Diésel.

Durante los últimos años, la expansión económica e industrial de los países desarrollados ha estado relacionada con la fabricación en masa de vehículos u otros medios de transporte. Como consecuencia, este desarrollo ha traído a la atmosfera un incremento de gases de efecto invernadero, el cual genera un impacto negativo al medio ambiente y a la salud humana, pues se está produciendo partículas como (PM), NO_x, CO, HC, SO₂, entre otras, las cuales generan el calentamiento de la tierra, lluvia acida y un deterioro de la calidad del aire (Hernández, 2006, p.1).

No obstante, hay legislaciones que regulan la emisión de dichas partículas en motores de combustión interna como son los motores Diésel y los de gasolina. Los motores Diésel presentan una mayor eficiencia frente a los de gasolina debido a que emiten menos CO₂ y consumen menos combustible otras (Hernández, 2006, p.2). Pero el problema principal de los motores Diesel, que los pone en desventaja frente a los motores de gasolina, es que emiten otras partículas como PM y NO_x, las cuales son nocivas para la salud humana, ya que son carcinógenos (OMS, 2012).

Algunas de las mejoras tecnológicas, a veces costosas, que se le han realizado a los motores Diesel para obtener una menor producción de gases de efecto invernadero son la adaptación de nuevos sistemas de sobrealimentación más eficaces, recirculación de los gases de escape, nuevos sistemas de inyección, control electrónico, inyecciones múltiples, sistemas de pos-tratamiento de gases, entre otros otras (Hernández, 2006, p.2). Pero no importa si se trata de un motor Diésel o a gasolina, también hay que tener en cuenta que de acuerdo al ciclo del motor, bien sea dos tiempos (2T) o cuatro tiempos (4T), es que se puede determinar considerablemente su eficiencia en cuanto a su potencia y menor emisión de gases de efecto invernadero.

Según Climent (2004), en el primer capítulo de su libro sobre modelado unidimensional de los motores de dos tiempos de pequeña cilindrada, menciona algunas consideraciones clave para tener en cuenta a la hora de diferenciar la eficiencia de los motores de combustión interna dos tiempos (2T) y cuatro tiempos (4T). Entre estas consideraciones tenemos que:

- Un motor de 2T de igual cilindrada y funcionamiento al mismo régimen de giro que otro de 4T proporciona casi el doble de potencia debido a que el número de carreras de trabajo es el doble.
- El motor 2T presenta dos desventajas respecto al 4T en cuanto a su rendimiento térmico (baja en un 20% en condiciones de funcionamiento normales) y a un aumento de emisiones contaminantes debido a que no alcanza a quemar todos los hidrocarburos, lo cual los emite a la atmósfera. Este problema se debe a que una parte de la mezcla de aire fresco aire-combustible proveniente del cárter y aportada al cilindro accede directamente al sistema de escape, ya que tanto las lumbreras de transferencia como la de escape están simultáneamente abiertas.
- A medida que aumenta la cilindrada del motor, las personas prefieren utilizar los motores 4T que los 2T, pues éste garantiza mayor control debido a que tiene más componentes que le brindan peso. Sin embargo, el uso de pequeñas herramientas en la agricultura como cortacéspedes, sierras mecánicas, entre otras, prefieren los motores 2T por su poco peso y elevada potencia.
- Los motores 2T son relativamente más económicos que los 4T debido a que no tienen tantos componentes. Sin embargo, cuando se le hacen las mejoras tecnológicas para evitar la emisión de gases puede llegar a ser más costosos.

De esta forma podemos reconocer que el desarrollo científico y tecnológico de la termodinámica abrió un capítulo sobre los motores de combustión interna, y como consecuencia ha traído controversias por el impacto que genera en la sociedad y en el medio ambiente. Esta es una de las razones que guiará este trabajo de investigación, pues para poder argumentar y tomar decisiones sobre qué motor es el más pertinente para usar hoy en día, es evidente que se necesita de un fundamento teórico actualizado que muestre el panorama en el que vivimos.

5. Metodología

Esta investigación descriptiva se enfocó en un diseño pre-experimental, que según Bernal (2010) se caracteriza porque presenta poco manejo de variables, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación, ni tampoco hay grupo control. Es así que el único grupo al que se aplicó esta investigación fueron 14 estudiantes (8 hombres y 6 mujeres) del grado noveno del Instituto de Excelencia Humana y Académica (IDEHA), que tienen edades entre los 14 y 16 años, los cuales participaron en las diferentes actividades que se planearon en una secuencia didáctica que responde a mejorar el aprendizaje de las máquinas térmicas a partir de aspectos en ciencia, tecnología y sociedad.

Para la recolección de los datos fue necesario una triangulación de datos temporal, que según Otero (2011), es una de las técnicas útiles para procesar información cualitativa en trabajos de investigación educativa, ya que supone el estudio en diferentes momentos y circunstancias que hacen posible contrastar las fuentes de información obtenidas de diversos datos. Por eso, no sólo se realizó un pre-test y pos-test validado por expertos para inferir el aprendizaje que adquirió el estudiante, sino que también se recogió predicciones y explicaciones que daban los estudiantes sobre algunos experimentos, además de foros escritos y verbales sobre el impacto que trae la ciencia y tecnología termodinámica a la sociedad. De acuerdo con Aguilar y Barroso (2015), esta triangulación en general es útil porque a la hora de recaudar información en investigaciones sociales es importante contrastar los resultados, analizar coincidencias y diferencias desde diferentes perspectivas como son los métodos cualitativos (hipótesis, explicaciones y foros) y cuantitativos (test).

Para la validación del test (estilo cuestionario) se calculó el coeficiente V de Aiken, el cual se halló con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{S}{(n(C - 1))} \quad (ec.36)$$

Siendo S la sumatoria de la valoración de cada pregunta, n indica el número de expertos y C representa los números de valores tenidos en cuenta (mantener, modificar o eliminar = 3). Se considera que el instrumento es válido si el coeficiente V es mayor de 0,7 (Merino y Livia, 2009).

Sumado a esto se identificó mediante el cálculo del Alfa de Crombach, que expresa el promedio de correlaciones entre los ítems del test (Streiner, 2003, citado por Oviedo & Campo, 2005), el grado de fiabilidad teniendo en cuenta la opinión de un grupo de estudiantes con características similares al grupo investigado (5 estudiantes del décimo grado y 10 de grado once). El valor del Alfa de Crombach de correlación oscila entre 0 y 1 y se calcula a partir de la ecuación 35:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right] \quad (ec.37)$$

Donde K es el número de ítems; Vi es la varianza independiente y Vt es la varianza del total. Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.207), establecen los siguientes rangos para los valores de confiabilidad esta técnica:

- De -1 a 0: no es confiable
- De 0.01 a 0.49: baja
- De 0.5 a 0.75: moderada
- De 0.76 a 0.89: fuerte
- De 0.90 a 1: alta

Una vez se estableció la validez y confiabilidad del test, se aplicó dos veces a los estudiantes de estudio con el propósito de reconocer el aprendizaje adquirido. La primera aplicación fue antes de la intervención didáctica (pre-test) y la segunda, después de la intervención (pos-test).

Como la triangulación que se realizó en esta investigación es temporal, fue necesario recolectar los datos en tres momentos que son el inicio, desarrollo y cierre. En el **inicio** sólo se aplicó el pre-test; durante el **desarrollo** se recolectó la información usando la respectiva secuencia didáctica, la cual involucraba experimentos demostrativos acorde a la teoría de aprendizaje activo, además, y con el propósito de darle continuidad a la enseñanza de conceptos científicos, se mostraron páginas web que explican el aspecto tecnológico y foros virtuales (**ver Anexo 1**), basados en preguntas orientadoras que abrieron espacios de discusión sobre cada concepto desde un enfoque CTS; para el **cierre** se aplicó el pos-test y se recolectó la decisión que tomaron sobre un problema relacionado al impacto de los motores a gasolina y Diésel, el cual requirió previas consultas por parte de los estudiantes.

A continuación se muestra el diseño de la secuencia didáctica que se aplicó a los estudiantes, muy acorde a la propuesta de Tobón et. al (2010, p.64) citada en el referente didáctico(ver tabla 1). Hay que aclarar que la secuencia está dividida en cuatro columnas. La primera es el **Tema** con su respectivo **Tiempo** destinado; la segunda columna es la de **Ciencia**, que describe la habilidad de pensamiento que se quiere trabajar con los estudiantes a partir de un concepto específico necesario para comprender el tema, además se encuentra en cada concepto el nombre del experimento que se realizó para poder explicarlo (su descripción detallada aparece en los resultados); la tercera columna describe el resumen de la aplicación **Tecnológica** de cada concepto, ya que el texto completo y algunos videos que contextualiza dichos conceptos se encuentran en la página web en Moodle; por último se encuentra la columna de **Sociedad**, la cual tiene incluida las preguntas semilla colocada en los foros virtuales que se fueron desarrollando a medida que se abordaban los conceptos, además está incluida la pregunta del problema central (sobre los motores). Cabe resaltar que estas preguntas implicaban una visión económica, política, ética, cultural y ambiental para poder evaluar el impacto que tienen la ciencia y la tecnología en la sociedad.

Tabla 1: Secuencia didáctica.

Temas y Tiempo	Ciencia	Tecnología	Sociedad
Gases ideales	<p>1. Fuerza y presión: Distinguir que la fuerza causa cambios en el movimiento y la presión es la fuerza aplicada a una unidad de área.</p> <p>Experimento 1: la cama de puntillas.</p>	<p>Neumática como solución a la industria alimentaria: Cuando se empaca alimentos en masa, la fuerza del hombre a veces no es suficiente para cumplir dichas tareas. No obstante, existe la prensa neumática como aplicación</p>	<p>En la actualidad las industrias alimentarias están cada vez más tecnificadas y requiere cada vez menos personal ¿En un futuro, la prensa neumática tenderá a reemplazar por completo la actividad laborar de las personas o siempre</p>

<p>10 horas de clases</p>	<p>2. Presión atmosférica: Reconocer que la presión atmosférica es una fuerza que nos hace la atmosfera en el cuerpo y que aparentemente no sentimos, pero está ahí. Experimento 2: presión sobre la botella.</p>	<p>tecnológica que funciona con aire comprimido para realizar el trabajo de una manera eficiente.</p>	<p>necesitará de ellas?, de ser así, ¿qué consecuencias traería para la humanidad?</p>
	<p>3. Temperatura: Reconocer a partir de la teoría cinético-molecular, que la temperatura es un parámetro de la energía interna de un sistema pero que está estrechamente relacionado con la velocidad promedio de las moléculas, la cual tienden a un equilibrio cuando se ponen en contacto dos o más cuerpos de diferente temperatura. Experimento 3 y 4: Diluyendo tinta en el agua. El equilibrio de las moléculas del agua. 4. Ley de Boyle: Identificar la relación inversa que hay entre la presión de un gas y su volumen cuando se mantiene a temperatura constante. Experimentos 5 y 6: el masmelo en la jeringa. Quién infla a quién. 5. Ley de Charles: Identificar la relación directa entre temperatura y volumen de un gas cuando su presión permanece constante. Experimento 7: Cómo cambia el tamaño de un condón. 6. Ley de Gay-Lussac: Identificar la relación directa entre presión y temperatura de un gas cuando su volumen permanece constante. Experimentos 8: El huevo en la botella.</p>	<p>Control de un gas industrial: El ser humano a veces necesita de diversos gases para uso médico, ambientales, energéticos, entre otros. Pero controlar dichos gases a veces resulta complejo. Es por esto que la industria ha podido controlarlo a partir del uso de sensores de presión, volumen y temperatura, de tal forma que puedan cambiar dichas variables a su antojo para obtener el gas a nivel industrial.</p>	<p>Si nuestros antepasados no necesitaron gases a nivel industrial, entonces, ¿Por qué en la actualidad se producen dichos gases?</p>
<p>Primera ley de la termodinámica</p>	<p>8. Calor y temperatura: Diferenciar entre calor como energía cinética y potencial total y temperatura como energía cinética de traslación promedio por molécula. Experimento 9: La moneda caliente 9. Trabajo y temperatura: Reconocer que el trabajo también puede causar</p>	<p>Yacimientos geotérmicos: El ser humano a veces obtiene energía a partir del calor que emite el subsuelo de la tierra. Sin embargo, obtenerla no resulta fácil debido a que se deben tener unas condiciones geológicas básicas y sobre todo técnicas de perforación y extracción que actualmente está limitada.</p>	<p>¿Es viable la producción de energía geotérmica para nuestra sociedad actual?</p>

<p>7 horas de clases</p>	<p>diferencias en la velocidad promedio de las moléculas. Experimento 10: Experimento de Joule. 10. Tránsito de calor: Reconocer la conducción, convección y radiación como mecanismo de transferencia de calor. Experimento 11, 12 y 13: Calentando la varilla. Circulación de los vientos. La moneda que cae.</p>	<p>Predicción de huracanes: El problema de los huracanes radica en la velocidad de sus vientos. Detectar dichas velocidades es fundamental y por eso el ser humano se ha dedicado a perfeccionar aparatos tecnológicos que permiten medir con mucha precisión la velocidad de vientos que se producen por corrientes de convección generadas por el flujo de calor.</p>	<p>¿Qué políticas implementarías para evitar pérdidas de vida en regiones donde es azotada considerablemente huracanes de gran magnitud?</p>
<p>Máquinas térmicas</p> <p>5 horas de clases</p>	<p>11. Ciclos térmicos: Comprender cómo analizar un ciclo térmico a partir de las variables presión, temperatura y volumen, que cambian con la entrada y salida de energía calórica y mecánica. Experimento 14: Motor Stirling</p>	<p>Máquina a vapor: La máquina a vapor es un artefacto mecánico que aprovecha la energía térmica para realizar trabajo mecánico. El invento y mejora de dicha máquina introdujo profundos cambios en la sociedad durante el siglo XVIII y XIX generando la revolución industrial.</p>	<p>¿Qué aspectos positivos y negativos trajo la máquina a vapor a nuestra sociedad?</p>
		<p>Motor Stirling: Este motor, a pesar de haber sido olvidado hace aproximadamente 200 años, ha vuelto a tomar protagonismo como tecnología que facilita la energía mecánica para diversas aplicaciones a partir de energías alternativas. No obstante, su rendimiento aun es un obstáculo en el que trabajan científicos e ingenieros.</p> <p>Motor de combustión interna 2T y 4T: actualmente los motores 4T están reemplazando a los 2T debido a que estos últimos, a diferencia del primero, dejan como residuo, al momento de su funcionamiento, altas concentraciones de gases de efecto invernadero. Pero diferentes investigaciones están en pro de mejorar su debilidad ya que el motor 2T es muy eficiente en cuestiones de potencia que le es imposible cumplir el motor 4T por su estructura física.</p>	<p>Problema central de consulta:</p> <p>Pensando en las condiciones ambientales, políticas, económicas, científicas, tecnológicas y culturales en las que vive actualmente el ser humano, y su tipo de demanda, a veces caprichosa, ¿qué motor (A gasolina 2T y 4T y Diésel 4T) debería implementarse para suplir nuestras necesidades en un futuro relativamente cercano?</p> <p>Ten en cuenta efectos políticos, culturales, ambientales, tecnológicos y científicos que serán determinantes para su implementación.</p>

5.1 Plan de análisis.

Como se mencionó anteriormente, esta investigación implica el uso de una triangulación temporal cuantitativa y cualitativa que están relacionadas. A partir del análisis gráfico del Box Plot, que puede comparar cuantitativamente los resultados del pre-test con los del pos-test para identificar el aprendizaje adquirido respecto a las propiedades de los gases y al calor, se estudió el grupo en general, identificando preguntas con mayor y menor dificultad; luego se realizó una descripción cualitativa de las predicciones y explicaciones que dieron los estudiante en cada experimento realizado; también se describió de forma general el nivel de respuesta que asigna los estudiante a discusiones CTS planteadas en los foros, incluyendo la decisión que tomaron sobre el problema central que se abordó sobre los motores térmicos.

Para categorizar el nivel de respuesta CTS se tuvo en cuenta el estudio que realizaron Manassero, Vásquez y Acevedo (2004), los cuales midieron las actitudes o visiones CTS de profesores en ejercicio de una forma objetiva a partir de un cuestionario que identificaba respuestas Adecuados, Plausibles e Ingenuas. Sin embargo, estos autores afirman que el número de respuestas en cada categoría depende de una construcción empírica y no es un rasgo arbitrario controlado por el investigador. Esta es la razón por la cual se decidió adaptar dichas categorías a la evaluación de los estudiantes, ya que a partir de ciertos contextos, vivencias y reflexiones que se desarrollaron en clase se pudo evaluar la concepción que tienen de la ciencia y la tecnología desde una visión económica, política, ética, cultural y ambiental.

Es así como se define los siguientes criterios que se tuvo en cuenta para asignar cada categoría o nivel de respuesta que dieron los estudiantes en los foros:

Adecuada: Tiene en cuenta la opinión de sus compañeros, bien sea para refutarla o apoyara; debe ser una respuesta que responda pertinentemente a la pregunta planteada teniendo en cuenta más de un aspecto CTS, como son las dinámicas sociales, económicas, políticas y ambientales, según lo amerite el caso.

Plausible: No tiene en cuenta la opinión del compañero; y sólo expresa algunos aspectos sociales que respondan a la pregunta a pesar que no es del todo pertinente.

Ingenua: No tiene en cuenta la opinión de sus compañeros; y no expresa algún aspecto social pertinente a la pregunta.

Teniendo en cuenta los aportes de Creswell (2005), citado por Hernández et. al (2010), respecto a la toma de una *muestra para casos extremos*, los cuales resultan útiles para evaluar características, situaciones o fenómenos especiales, alejados de la normalidad, se seleccionó algunos estudiantes para aplicarles la triangulación temporal debido a que presentaron en el pre-test y pos-test resultados extremos. De esta forma se garantiza un análisis más detallado sobre el impacto que generó la aplicación de la secuencia didáctica.

Esta triangulación para casos extremos está dividida en dos aspectos que son el conceptual y el CTS. El primero se centra en describir en la columna del **antes** las fortalezas y dificultades previas sobre el aprendizaje de conceptos relacionados con la teoría cinético-molecular y sobre calor a partir del pre-test; en la columna del **durante** se describe las predicciones y explicación de los experimentos; y en la columna del **después** se describe las fortalezas y dificultades adquiridas, las cuales son identificadas en el pos-test. El segundo aspecto, que responde a las cuestiones CTS, se describe en la columna del **antes** algunas concepciones previas identificadas en el pre-test; en la columna del **durante** se identifica el nivel de respuesta de los foros; y en la columna del **después** se reconoce el nivel de respuesta al problema central sobre los motores térmicos.

Es importante aclarar que los dos aspectos (conceptual y CTS) están relacionados porque si el estudiante tiene bien estructurado los conceptos de termodinámica, entonces tendrá argumentos para discutir aspectos sociales que esta disciplina acarrea, teniendo en cuenta el manejo adecuado del un lenguaje y el respeto hacia la diversidad de pensamiento de sus compañeros.

6. Resultados y Discusiones

6.1 Validación del test

Para la validación de test, que inicialmente tenía un total de 17 ítems, se pidió la opinión, en estilo Likert, de tres expertos (docentes de física) respecto a cinco criterios que son extensión adecuada; enunciado correcto, enunciado comprensible; buena ortografía y uso del lenguaje apropiado, mide lo que pretende e induce a la respuesta. Una vez evaluado dichos criterios, los expertos pudieron establecer si cada ítem debía mantenerse sin modificaciones, aplicarse con modificaciones o eliminarlo, para poder medir la validez de acuerdo al coeficiente de V- Aiken. De esta forma las recomendaciones, sugerencias y observaciones hechas por los expertos para los ítems, que según sus criterios debían ser modificados o eliminados, se identificaron los siguientes:

Ítem 15: Este ítem fue tomado de una noticia del periódico del País, el cual expresaba una problemática tecnológica, económica, social y ambiental por el irresponsable ingreso de vehículos Volkswagen y Audi al comercio, que de manera deliberada tenían un programa informático diseñado para evitar los límites a las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual traía un efecto negativo a los consumidores y al medio ambiente.

Esta pregunta tenía como intención reconocer que los estudiantes pueden evaluar el impacto negativo e irreversible, desde un enfoque económico-social- ambiental, que reside por implementar tecnología que evade las normas establecidas para la producción límite de gases de efecto invernadero.

Según los comentarios de los expertos, esta pregunta debía modificarse porque es muy subjetiva y no está claro desde qué enfoque debe evaluarse. Entonces todas las

opciones de respuestas son igualmente validas y por ende no es posible reconocer una concepción definida en los enfoques mencionados.

Ítem 17: Este ítem fue tomado de un artículo de internet que expresaba la utilización de tecnología olvidada (Motor Stirling), para mitigar la problemática ambiental causada por la emisión de gases de efecto invernadero debido a la quema de combustible fósil.

A pesar de que se hace evidente la intención de la pregunta, los expertos coincidieron en decir que este ítem debe modificarse porque, igualmente al ítem 15, cualquier opinión de respuesta sería aceptable. Por eso afirman de que se debe especificar desde qué punto de vista desea que los estudiantes lo evalúen, como por ejemplo, desde el aspecto ambiental.

Utilizando la ecuación para determinar el coeficiente de V de Aiken se pudo construir la tabla 2:

Tabla 2: Coeficiente de V de Aiken para cada ítem.

Ítem	Experto 1	Experto 2	Experto 3	V-Aiken
1	2	2	2	1,00
2	2	2	2	1,00
3	2	2	2	1,00
4	2	2	2	1,00
5	1	2	2	0,83
6	2	2	2	1,00
7	2	2	2	1,00
8	2	2	2	1,00
9	2	2	2	1,00
10	2	2	2	1,00
11	2	2	2	1,00
12	2	2	1	0,83
13	2	2	2	1,00
14	2	2	2	1,00
15	1	1	0	0,33
16	1	2	2	0,83
17	1	1	0	0,33

El valor asignado para un ítem que se debe mantener sin modificaciones es 2, para un ítem que se debe mantener con modificaciones tiene una valoración de 1, y para el ítem que debe ser eliminado tiene un valor de 0. De esta forma se identificó que el ítem 15 y 17 debe ser modificado, ya que su coeficiente de V de Aiken fue muy inferior a 0,7, que en teoría es el valor mínimo para validar un ítem con esta técnica.

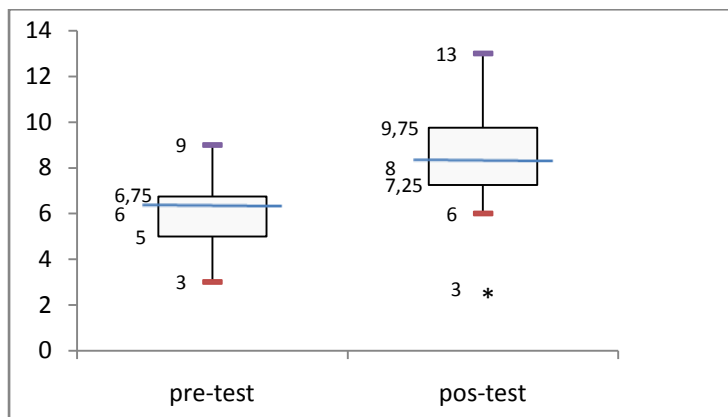
Por otra parte se estableció el alfa de Crombach, el cual confirma la validez del test. Para esto se solicitó a los estudiante de décimo y once que evaluaran en estilo Likert cada ítem de acuerdo a los criterios de extensión adecuada y enunciado comprensible.

De esta forma se vio una calificación baja en los tres últimos ítems, debido a que, según los estudiantes, sus enunciados son muy extensos, lo cual coincide con la evaluación de los expertos. Sin embargo, utilizando la ecuación para identificar el coeficiente alfa de Crombach se obtuvo un valor de 0,88, el cual indica que la fiabilidad de todo el test es fuerte. Para identificar este coeficiente general se tuvo en cuenta, el número de ítems K que fue 17, la sumatoria de la varianza independiente ($\sum V_i$) que dio 19,5 y la varianza del total (V_t) que fue 103,4.

No obstante y teniendo en cuenta la coincidencia de valoración negativa que asignaron los expertos y estudiantes, se optó por eliminar los ítems 15 y 17, de tal forma que los estudiantes de estudio no tuvieran inconvenientes por la inconsistencias de algunos ítems del test y porque un test muy extenso no garantizar la concentración total del estudiante. En conclusión, el test que se aplicó tuvo un grado de validez y confiabilidad suficientemente fuerte para los 15 ítems establecidos (**ver anexo 2**), lo cual indica unos resultados que pueden ser analizados con mayor precisión.

6.2 Análisis general de los resultados del pre-test y pos-test

En primera medida se identificó los resultados del pre-test y el pos-test a partir de un gráfico en el formato Box Plot (ver figura 11), de tal forma que se pudiera establecer una comparación entre un antes y un después para poder determinar cómo le fue al grupo estudiado. Hay que aclarar que los dos test fueron idénticos, con un total de 15 preguntas cada uno, de las cuales dos eran abiertas y el resto, de selección múltiple con única respuesta; su estructura se dividió en dos bloques generales que fueron el conceptual (gases y calor) y el de CTS (ver anexo 2).

Figura 11: Resultados generales del pre-test y pos-test.

Como se puede evidenciar, la mitad de los estudiantes obtuvieron una mejoría en responder dos preguntas más, ya que en el pre-test respondían 6 de ellas y en el pos-test lograron responder 8. Otro aspecto positivo es que el grupo no se disperso tanto, pues en el pre-test el rango intercuartílico es de 1,75 puntos y en el pos-test es de 2,5 puntos. Hay que tener en cuenta que las preguntas solo podían ser calificadas con 1 si estaba correcta o 0 si estaba incorrecta o parcialmente correcta, tal como se puede apreciar en la tabla del **Anexo 3**, por lo tanto las decimas que aparecen en las graficas es una estimación aproximada para comparar los test.

El puntaje más alto, también mejoró a pesar de que no fue el mismo estudiante quien lo obtuvo, ya que en el pre-test el estudiante (E4) sacó 9 puntos y en el pos-test, otro estudiante (E9) obtuvo 13 puntos. Analizando detalladamente al E4 que sacó el máximo puntaje en el pre-test, su resultado se mantuvo igual en el pos-test, es decir, para él no hubo un aprendizaje que se pueda evidenciar en el test, por esta razón será uno de los estudiantes que se analizará en la triangulación temporal. Por otra parte el E9, que sacó 13 puntos en el pos-test, fue el que mostró un mejor cambio, debido a que en el pre-test obtuvo sólo 6 puntos. Este estudiante también será analizado individualmente.

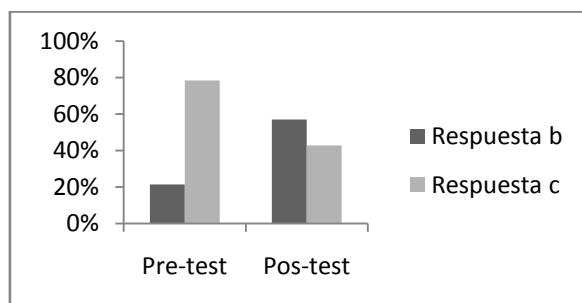
Respecto al puntaje más bajo, nos encontramos que en el pre-test un estudiante (E12) sólo obtuvo 3 puntos favorables y en el pos-test mejoró considerablemente. Esto hace necesario que se analice su evolución cognitiva.

Por último y no menos importante, en la figura 11 también se puede notar un dato atípico de un estudiante que corresponde a (E6) (ver anexo 3), el cual sacó en el post-test 3

puntos y comparándolo con el pre-test, éste estudiante en particular bajó en cuatro puntos, lo cual indica otro caso especial para analizar en la triangulación.

Por otra parte, en el Anexo 3 se puede apreciar generalidades respecto a la tendencia de sus resultados comparativos entre el pre-test y pos-test en el aspecto conceptual y en el aspecto CTS. Por ejemplo, la primera y única pregunta del test, que está enfocada en identificar si los estudiantes reconocen el espacio que ocupa un gas, presentó debilidades, ya que la mayoría de estudiantes, después de haber recibido toda las explicaciones sobre la fenomenología de los gases, resultaron creyendo que este estado de la materia sólo puede mantenerse en la parte superior de un recipiente cerrado (ver gráfica 12).

Figura 12: comparación de resultados de la primera pregunta del pre-test y pos-test.



Como se puede apreciar en la figura 12, en el pre-test, el 21,4% de los estudiantes seleccionaron la respuesta **(b)**, la cual indica que el gas sólo ocupa la parte superior de un recipiente cerrado, y en el pos-test, el 57,1% aceptaron dicho fenómeno. Esta tendencia pone a cuestionar, si lo fue, la influencia de alguna experiencia realizada durante la secuencia didáctica, ya que en el pre-test (antes de recibir la secuencia) la mayoría de estudiantes (78,5%) estaban en lo correcto al seleccionar la respuesta (c), la cual indica que un gas ocupa todo el recipiente que lo contenga, y después de haber recibido todas las explicaciones sobre el concepto de gases, resultó creyendo en esta explicación sólo el 42,8% de los estudiantes.

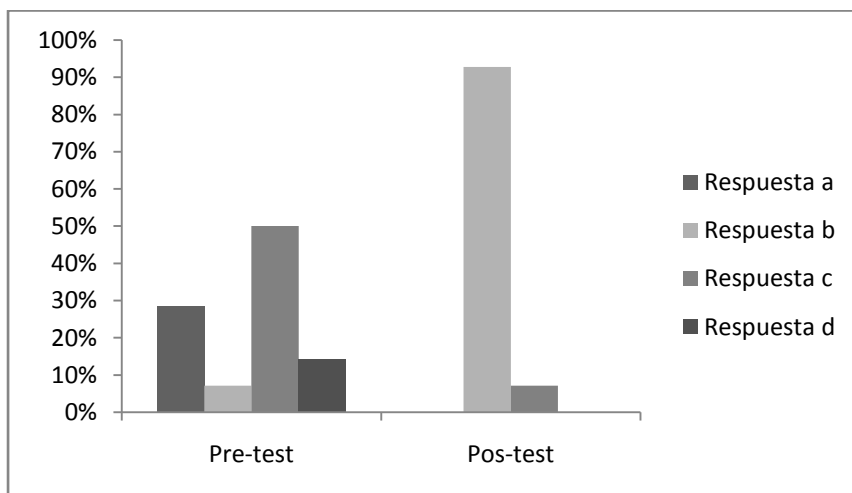
El cuestionamiento anterior es factible porque algunas experiencias realizadas tuvieron mucha influencia en los resultados de los estudiantes, ya que algunas preguntas del test tuvieron en cuenta fenómenos que se pudieron mostrar y explicar durante la secuencia didáctica. Es el caso de la pregunta 4, que buscaba establecer una predicción sobre la

relación entre presión y volumen de un gas a temperatura constante mediante la siguiente situación (ver anexo 2):

“Hay dos bombas de caucho que se encuentran inicialmente infladas de diferente tamaño y conectadas en cada extremo de un tubo que tiene en la mitad una llave que limita la comunicación del aire contenido en cada bomba. Entonces, si la llave se deja abierta, de tal forma que los gases se puedan comunicar, el resultado del tamaño de cada bomba es”:

A continuación se muestran en la figura 13, las respuestas que los estudiantes asignaron a esta pregunta en el pre-test y pos-test.

Figura 13: comparación de resultados de la cuarta pregunta del pre-test y pos-test.



Como se puede notar, en el pre-test, la mitad de los estudiantes (50%) consideraron que la bomba grande infla la bomba pequeña, quedando ambas bombas de igual tamaño. Sin embargo, otro grupo considerable de estudiantes (28,5%) también pensaban que la bomba grande infla a la pequeña, pero a diferencia de que no quedan del mismo tamaño, sino que la bomba grande queda más pequeña y la pequeña, queda más grande (tamaños inversos referente al inicio).

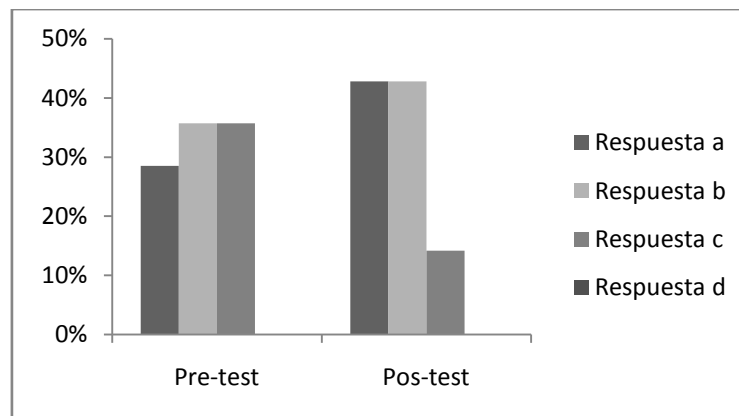
Es evidente que en el pre-test muy pocos estudiantes (7,1%) aceptan la respuesta (c), ya que ésta es una pregunta contra-intuitiva que pone en duda la intuición que manejan los estudiantes, debido a una representación mental errada sobre el equilibrio de presiones. El problema de dicha pregunta es que no se concibe la relación de volumen, para

establecer cuál bomba contiene el gas de mayor presión, el cual desplaza todo el sistema hasta alcanzar el equilibrio. No obstante, esta idea fue cambiada por la mayoría de los estudiantes (92,8%), ya que respondieron en el pos-test que la bomba pequeña queda aun más pequeña y la grande, queda más grande. Pero no todos los estudiantes aceptaron esta idea, aun se mantiene un estudiante (7,1%) que sigue creyendo en la idea errónea a pesar de que se mostró experimentalmente el fenómeno en cuestión.

Esto es un claro ejemplo de que al intervenir a través de una secuencia didáctica usando el método de enseñanza por aprendizaje activo, los estudiantes, en el mejor de los casos, ponen a cuestionar sus ideas hasta cambiarlas o mejorarlas. De la misma forma le sucedió al resto de preguntas de enfoque conceptual que se realizaron en el test, ya que cada una, excepto la primera, presentó mejoras que deja como evidencia el impacto que la secuencia didáctica trajo a los estudiantes.

En cuanto a las tres preguntas del test con enfoque CTS se encontró que no mejoró significativamente, pues la pregunta 13 y 14 mantuvo el mismo resultado tanto en el pre-test como en el pos-test. Sin embargo, la pregunta 15, sí presentó una mejoría, pero no muy alta, ya que solo dos estudiantes mejoraron sus respuestas. A continuación se describen los resultados de la última pregunta en la figura 14.

Figura 14: comparación de resultados de la decimo quinta pregunta del pre-test y pos-test.



De la figura anterior se puede analizar varios aspectos. Uno de ellos es que nadie seleccionó la respuesta (d) en ninguno de los test. Pues si bien, esta respuesta tenía la intención de identificar si los estudiantes no ven una relación entre el ser humano y el

ambiente. Pero después de ver los resultados, es evidente de que para ellos sí hay una relación clara entre estos aspectos.

Por otra parte, en la figura 14 se puede ver que hay un descenso significativo en la selección de la respuesta (c), ya que pasó de 35,7% en el pre-test a 14,2% en el pos-test. Esta respuesta tenía como propósito identificar si a los estudiantes no les interesa el impacto que pueda generar la emisión de gases contaminantes a la atmosfera, con tal de que mejoren la potencia de un motor.

Respecto a la respuesta (b), que tiene una competencia alta con la respuesta (a), presentó un claro aumento en su selección, debido a que pasó de 35,7% en el pre-test a 42,8% en el pos-test. Esta pregunta pretendía identificar una mirada radical por parte de los estudiantes para cambiar tecnología de la noche a la mañana si ésta presenta algún impacto negativo en el ambiente. Pero es claro que en la realidad, una tecnología no se cambia de repente, sino que se avanza en investigación que aporte en mejorar tecnológicas que disminuyan el impacto negativo que esté generando al ambiente o a la sociedad. Este argumento es a lo que apunta la respuesta (a), la cual paso de un 28,5% en el pre-test a un 42,8% en el pos-test, es decir, fue la respuesta que más cambio positivamente respecto a las otras tres.

Pero en general se puede intuir que las respuestas a las preguntas de enfoque CTS no mejoraron significativamente respecto a las preguntas conceptuales, posiblemente un cambio de actitudes CTS no se construye de la noche a la mañana a pesar de que se trabajó con foros que abren espacios de debate y exposiciones que ayudan a generar conciencia para la toma de decisiones. Seguramente se necesita de más espacios donde se pueda alimentar el deseo de poner en tela de juicio el impacto que la ciencia y la tecnología trae a la sociedad desde diversos temas y propuestas didácticas. Es por esta razón que un análisis que detecte una mejora, en un tiempo relativamente corto, respecto al enfoque CTS debe realizarse desde el grado de participación y nivel de argumentación, y no en una prueba de selección múltiple de única respuesta.

6.3 Análisis general de la aplicación de la secuencia didáctica

Antes de comenzar a esbozar una descripción general de lo que ocurrió durante la aplicación de la secuencia didáctica, se indicará cómo se organizó las temáticas. Para esto se dividió seis secciones, donde las cinco primeras contienen el desarrollo de cada temática y la última sección contiene la discusión final sobre el problema central del uso de motores dos tiempos y cuatro tiempos (ver tabla 1). Cabe recordar que en cada una de las secciones siempre hubo en moodle un texto y videos intermedios entre el aspecto conceptual y el social, el cual trataba sobre la aplicación tecnológica que daba continuidad a la pregunta del aspecto social.

6.3.1 Sección 1: Fuerza y presión.

6.3.1.1 Experimento de Fuerza y Presión

Aquí se realizó el primer experimento denominado “la cama de puntillas”, el cual mostraba la relación entre fuerza y presión. Para esto se pasaron 3 estudiantes de diferentes grupos (cada uno de 2 estudiantes) para que escribieran en el tablero la predicción sobre lo que le ocurriría a una bomba cuando se deja caer, desde una misma altura (20 cm), una cama de puntillas y una sola puntilla, sabiendo que en ambos casos, el objeto que cae pesan lo mismo.

En esta predicción todos los estudiantes coincidieron que la bomba no se reventaba cuando caía sobre ella una cama de puntillas, pero sí cuando caía sobre ella, una puntilla. Por esta razón se facilitó la explicación para diferenciar el concepto de presión y fuerza, que comúnmente son confundidos, ya que en ambos casos el peso fue el mismo, siendo la única diferencia el área de contacto. Por eso la conclusión a la que pudo llegar el grupo para explicar el primer experimento fue que

Grupo: *“Entre menor área, la presión es mayor así se aplique la misma fuerza”.*

Luego se realizó el segundo experimento llamado “presión sobre la botella”, el cual buscaba reconocer la presión atmosférica. Se pidió a 3 estudiantes, de grupos diferentes cada uno, que colocaran la predicción en el tablero acerca de qué le ocurrirá a una botella de plástico de 2 Litros cuando se tape con la mano una vez se haya quemado por completo el alcohol que tiene en su interior.

Sus predicciones se aproximaron a la realidad, pero ninguno fue capaz de explicar lo que ocurría. Estos son los comentarios que dijeron:

Estudiante 1: *“Se comprime, pero no sé por qué, solo lo vi en un video”.*

Estudiante 2 y 3: *“Se achicharra por el calor”.*

La explicación la fueron construyendo con la ayuda del docente porque él les dijo que “el aire pesa y por lo tanto es quien aplasta la botella”. Luego surgió la pregunta ¿por qué no se aplasta en cualquier momento, sino una vez se quema el alcohol?, sobre esto un estudiante respondió:

Estudiante 4: *“Porque hay más presión afuera que adentro debido a que hay menos aire adentro”.*

6.3.1.2 Aspecto social de la sección 1.

De acuerdo a lo que se había establecido en la metodología, en esta sección se describirá las respuestas que dieron los estudiantes a los aspectos sociales que implica, en este caso, el desarrollo del concepto de fuerza y presión, bajo las categorías Adecuada, Plausible o Ingenua. Cabe recordar que para llegar a responder este tipo de preguntas, el estudiante debió pasar por la clase magistral donde se explicaba el concepto y posteriormente realizó una revisión (lectura y videos) de una de las aplicaciones tecnológicas de dichos conceptos que aparecen en la página de Moodle.

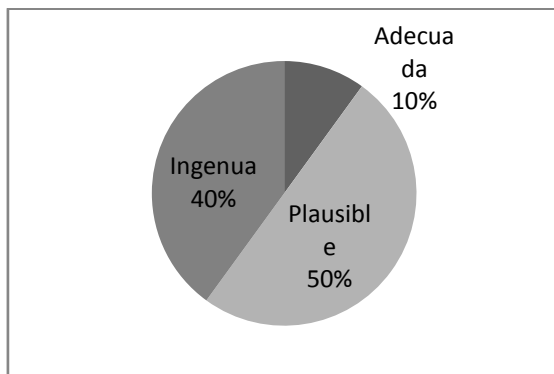
En efecto, la temática que se abordó en la página de Moodle fue sobre la producción de alimentos en masa con la ayuda de las prensas neumáticas. Por eso la pregunta que se planteó a los estudiantes fue:

“En la actualidad las industrias alimentarias están cada vez más tecnificadas y requiere cada vez menos personal ¿En un futuro, la prensa neumática tenderá a reemplazar por completo la actividad laboral de las personas o siempre necesitará de ellas?, de ser así, ¿qué consecuencias traería para la humanidad?”

En esta pregunta se tenía como intención reconocer si los estudiantes consideran ventajoso o desventajoso el uso de tecnología, como es el caso de la prensa neumática, para el desarrollo de la sociedad. Según sus respuestas, el 10% pertenecen a la categoría Adecuada debido a que expresan una idea pertinente que responde al contexto social; el 50% de los estudiantes manejan una respuesta Plausible, pues expresan algunos aspectos sociales a pesar de que no es del todo pertinente; y el 40% de los

estudiantes manejan un nivel de respuesta Ingenua ya que no es pertinente, ni expresan algún aspecto social. Lo anterior se muestra en la figura 15 junto a un ejemplo de respuesta de cada categoría.

Figura 15: Nivel de respuesta sobre ventajas y desventajas del uso de la tecnología.



Estudiante 1 (respuesta adecuada): *“Nunca los reemplazará, lo que producirá es que reducirá el tiempo del trabajo pues siempre se necesitará de alguien que ayude a la creación y proceso de las prensas neumáticas para que así cada vez se pueda avanzar en esta clase de tecnología. Las consecuencias están en la parte del mantenimiento, reduce el tiempo del proceso y en la economía que trae esta”.*

Estudiante 2 (respuesta plausible): *“Las maquinas fueron inventadas por el hombre como herramientas, inclusive hay algunas que realizan tareas que el hombre no podría realizar. Hay maquinas que pueden reemplazar al hombre en funciones específicas, pero al mismo tiempo se crean con dicha tecnología nuevas tareas que el hombre debe cubrir. Entonces, en mi opinión, las maquinas podrían reemplazar a los humanos en algunas tareas pero no por completo porque estas podrían tener algún tipo de fallo, entonces los humanos irán a arreglarlas. Las consecuencias serian el desempleo y algunas propuestas o paros sobre esto”.*

Estudiante 3 (respuesta ingenua): *“Las reemplazaría por completo, ya que seríamos inútiles ante ellas. Como consecuencia, ya dependería la humanidad de una máquina y no seríamos autosuficientes para nuestro propio bienestar”.*

Como se puede apreciar, la respuesta del estudiante 1 es pertinente porque reconoce que la tecnología está en constante cambio, la cual es adaptada según las necesidades sociales. Además reconoce la que tecnología y la sociedad están relacionados de

manera benéfica, pues este estudiante afirma que reduce tiempos de procesos (eficiencia), el cual es determinante para satisfacer la demanda alimentaria.

Por su parte el estudiante 2 también ve ventajoso la tecnología en nuestra sociedad, pues según él, las máquinas son una herramienta que le ayuda al ser humano a desarrollar tareas que él solo no podría cubrir. No obstante, este estudiante sólo ve el papel del ser humano como un simple servidor de la tecnología, pues según él, si se dañan entonces el hombre estaría ahí para repararlas.

Por otro lado el estudiante 3 solo ve la tecnología como un ente que se mueve por sí solo, es decir, la tecnología cumple el papel de enemigo, que lo único que busca es dominarnos, ya que él afirma que con la tecnología no seríamos autosuficiente para nuestro bienestar. Es claro que esta idea es ingenua, y concibe a la tecnología como una desventaja para el desarrollo social.

6.3.2 Sección 2: Temperatura y leyes de los gases.

6.3.2.1 Experimentos sobre temperatura

Se realizó el 3 experimento llamado “diluyendo tinta en el agua”, el cual consistía en explicar el concepto de la temperatura a partir la teoría cinético-molecular. Para esto se pidió a 3 estudiantes, de diferentes grupos cada uno, que predijeran lo que ocurría con una gota de tinta una vez caiga sobre un beaker con alcohol a temperatura ambiente y otra gota cuando caiga sobre otro beaker a mayor temperatura. Las predicciones que dieron fue:

Estudiante 1 y 2: *“En el beaker a temperatura ambiente se mezclará y en el otro, no”.*

Estudiante 3: *“En ningún caso se mezclará la tinta”.*

Una vez se realizó el experimento, ellos se sorprendieron porque no coincidió con sus respuestas, pero rápidamente dieron explicación a esto, ya que decían que:

Estudiante 4: *“Como las moléculas del alcohol se movían más rápido, podían dispersar mejor la tinta”.*

Fue con éste último comentario que explicó que la temperatura era ese movimiento promedio por molécula, que entre mayor temperatura, mayor es el movimiento.

Para seguir reforzando el concepto de temperatura se realizó el cuarto experimento denominado “el equilibrio de las moléculas”, el cual mostraba el equilibrio térmico. Para esto se pidió que predijeran cuál sería el registro de un termómetro digital si se mezcla en igual proporción agua a temperatura ambiente (28°C) con agua a mayor temperatura (50°C). Cuando salieron los 3 estudiantes, representantes de cada grupo, colocaron las siguientes predicciones:

Estudiante 1: *“La temperatura no bajará de la ambiente, pero tampoco subirá de los 50°C ”*

Estudiante 2: *“La temperatura disminuye hasta alcanzar la del ambiente”*

Estudiante 3: *“La temperatura se resta así: $50^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ ”*

Cuando se realizó la experiencia, se mostró que las porciones de agua alcanzan una temperatura intermedia, aproximadamente 37°C . Luego se hizo una contra pregunta sobre qué pasaría si se mezcla el doble de agua a 50°C sobre la que está a temperatura ambiente. Sobre esto el grupo dijo:

Grupo: *“alcanzará más temperatura que el caso anterior, pero sin pasarse de los 50°C debido a que no hay suficiente velocidad para empujar a otras moléculas”.*

Esta información fue suficiente para extrapolar la fenomenología del movimiento de las partículas y su relación con el equilibrio de la temperatura, ya que los estudiantes han adquirido un modelo mental que ponen un límite a la temperatura promedio, teniendo en cuenta la cantidad de sustancia y su velocidad promedio por molécula.

6.3.2.2 Experimento sobre la Ley de Boyle

Para explicar la ley de Boyle se realizó el quinto experimento llamado “el masmelo en la jeringa”, del cual se pidió a los estudiantes que predijeran qué pasará con un “masmelo” que se encuentra en el interior de una jeringa tapada cuando jale el émbolo. Luego se solicitó a tres estudiantes que dibujaran sus predicciones. Dos estudiantes dibujaron el “masmelo” alargado y otro lo dibujó como si no pasara nada.

Cuando se realizó la práctica se pudo establecer la relación entre presión y volumen, pero no fue fácil ya que algunos estudiantes creían que cuando se jala el émbolo, hay mayor presión. Por eso se volvió a explicar el concepto de presión como los choques que

tienen las moléculas con las paredes del recipiente, y como hay mayor espacio, se demorará más en chocar con las paredes. Es así que se pudo aclarar la relación de dichas variables, logrado manifestar por los estudiantes que:

Grupo: *“Entre mayor es el volumen, menor será la presión debido a que las moléculas chocan menos con las paredes”.*

Para seguir reforzando la ley de Boyle se realizó el sexto experimento denominado “quién infla a quién”, el cual consistía en dos bombas infladas de diferente tamaño y unidas por un tubo que tienen una válvula cerrada en el medio. Luego se pidió a tres estudiantes, de diferentes grupos cada uno, que escribieran su predicción en el tablero acerca de lo que sucederá cuando se abra la válvula. Sus respuestas coincidieron al afirmar que:

Estudiante 1, 2 y 3: *“la bomba pequeña se inflará por la grade debido a que ésta última tiene más presión”.*

Cuando se abrió la válvula, los estudiantes se sorprendieron por el resultado, pero fue fácil asimilar por parte de ellos lo que ocurrió a través de la extrapolación, ya que se dijo que:

Docente: *“Entre mayor volumen, menor es la presión y por lo tanto la bomba grade le quedaría muy complicado agregarle su aire a la otra bomba”.*

Por último, y con el propósito de que los estudiantes encontraran la relación cuantitativa entre presión y volumen de un gas, se realizó un montaje que consistía en unir a una jeringa, un manómetro por medio de una manguera, para que luego tomaran datos cuando cambia una de estas variables. Entonces se pidió que formaran 3 grupos con todos los estudiantes, donde cada uno pasó a tomar las medidas del montaje realizado. De esta forma cada uno pasó los datos a una gráfica y así confirmaron la relación inversa entre dichas variables.

6.3.2.3 Experimento sobre la ley de Charles.

Aquí se realizó la séptima experiencia denominada “cómo cambia el tamaño de un condón”, el cual tenía como propósito explicar la ley de Charles, y para ello se pidió a los estudiantes que realizaran la predicción acerca de qué le sucederá a un preservativo que

se encuentra acoplado al cuello de una botella de plástico, cuando esta última es sumergida en agua caliente y luego en agua fría. Las predicciones de los 3 estudiantes que pasaron a responder coincidieron. Ellos afirmaban que:

Estudiante 1, 2 y 3: *“la botella en agua caliente haría que el preservativo se infle y en agua fría haría que se comprimiera”.*

La explicación de éste fenómeno fue realizada por otro estudiante, ya que decía que:

Estudiante 4: *“como el aire que hay en el interior de la botella se mueve más rápido en agua caliente debido a la alta temperatura que hay en ella, entonces ocuparían mayor espacio como ocurre cuando se infla el preservativo”.*

Fue así como se pudo establecer, a partir de la extrapolación, la relación entre volumen y temperatura, los cuales se concluyó que son variables directamente proporcionales.

6.3.2.4 Experimento sobre la ley de Gay-Lussac.

En el octavo experimento denominado “el huevo en la botella”, el cual tenía como propósito explicar la ley de Gay-Lussac a partir de una predicción sobre lo que le ocurriría a un huevo cocido, que se disponía sobre la boca de un recipiente de vidrio, que es sumergido en agua fría. Para este caso se solicitó a un representante de cada grupo formado para que escribiera en el tablero la predicción grupal. Sus respuestas fueron las siguientes.

Estudiante 1: *“El huevo se levantará un poco”.*

Estudiantes 2-4: *“El huevo entra al recipiente porque el recipiente tienen un vacío que hace que el huevo se deslice hacia el interior”.*

Estudiante 5 y 6: *“El huevo entra porque la presión interna es menor que la externa”.*

Después de realizar el experimento, la mayoría de los estudiantes se sintieron bien porque habían predicho lo que sucedió y los estudiantes que se equivocaron se convencieron de lo que ocurría, pero afirmaron que:

Estudiante 1: *“El experimento lo habían visto en internet, pero con una variación y era que lo ingresaban prendiendo un fosforo”.*

Esto es un claro ejemplo de cómo algunas representaciones mentales que traen los estudiantes a la clase están intervenidas por experimentos de internet, los cuales no brindan una explicación convincente para ellos, ya que se ve reflejado por la falta explicativa de lo que ocurre en este fenómeno. No obstante, la idea que dio el estudiante 1 dio pie para poder generar la extrapolación del fenómeno de tal forma que comprendieran la relación entre temperatura y presión a volumen constante, los cuales cambiaron directamente en el interior del recipiente.

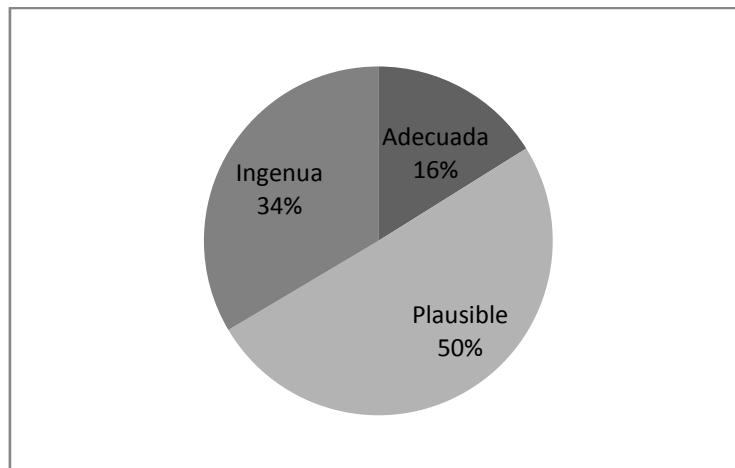
6.3.2.5 Aspecto social de la sección 2.

La temática que se abordó en la segunda sección fue sobre la producción de gas a nivel industrial, el cual se necesitan monitorear todo el tiempo a través de artefactos tecnológicos que puedan medir variables como presión, volumen y temperatura, para mantener su control. Por eso la pregunta que se planteó a los estudiantes fue:

“Si nuestros antepasados no necesitaron gases a nivel industrial, entonces, ¿Por qué en la actualidad se producen dichos gases?”

La intención de esta pregunta estaba enfocada a identificar la concepción que tienen los estudiantes sobre la necesidad de implementar productos consecuentes de la aplicación científica y tecnológica que sólo se usan en la actualidad como es el caso del gas industrial. Es así como el 16,6% de los estudiantes manejan respuestas Adecuada, ya que reconocen la opinión del compañero y además es una respuesta pertinente que reconoce la necesidad de implementar dichos gases; el 50% de los estudiantes manejan un nivel de respuesta Plausible, debido a que expresan algunas necesidades sociales que requiere la producción de gas industrial, a pesar de que manejan ideas erróneas como la contaminación del suelo; y el 33,3% de los estudiantes manejan respuestas a nivel Ingenuo, pues consideran elementos que no son pertinentes para la producción de estos gases, sólo manejan ideas vagas, por ejemplo, sobre el consumismo. Lo anterior se muestra en la figura 16 junto a un ejemplo de respuesta de cada categoría:

Figura 16: Nivel de respuesta sobre concepciones para implementar aplicaciones científicas y tecnológicas.



Estudiante 1 (respuesta adecuada): *“Estoy de acuerdo más que todo con los estudiantes 4 y 3, Porque antiguamente todos los tipos de producciones en los sectores económicos se realizaban de forma artesanal; actualmente se necesita la industrialización porque entre más alta sea la producción debido a la demanda, mayor es el uso de los gases químicos para su conservación y durabilidad”.*

Estudiante 2 (respuesta Plausible): *“Nuestros antepasados no necesitaban de estos gases, ya que el suelo proveía los suficientes nutrientes para la poca población, Ahora en la actualidad sí es necesario ya que hay más población y el suelo, por la contaminación, ya no provee los suficientes nutrientes para el desarrollo agrícola”*

Estudiante 3 (respuesta Ingenua): *“Estoy de acuerdo algunos estudiante por que en la actualidad hay mas empresas y industria y comercio, entonces qué hace las empresa, pues ellos sacan cualquier cosa al comercio para que nosotros loa compremos y así uno consume”.*

6.3.3 Sección 3: Calor, trabajo y temperatura.

6.3.3.1 Experimento de Calor y Temperatura

El siguiente experimento denominado “la moneda caliente”, el cual buscaba establecer una relación entre calor y temperatura, sin llegarlas a confundir, que es lo que suele suceder. Es así que se les solicitó a los estudiantes que predijeran lo que le ocurrirá al termómetro cuando se introduzca por separado, en dos recipientes con igual cantidad de

agua que inicialmente está a temperatura ambiente (29,1°C), una moneda en un recipiente y dos monedas en el otro después de haber sido calentadas en una estufa eléctrica durante igual tiempo.

Las predicciones coincidieron en la mayoría de los grupos, ya que manifestaron que

Estudiantes 1-4: *“El agua que contenía una sola moneda se calienta más que el agua que contenía dos monedas, ya que una sola moneda se calienta en la estufa mucho más rápido que dos monedas”.*

Estudiantes 5 y 6: *“Se calienta más donde hay dos monedas, ya que si hay más masa, entonces se puede entregar más energía”*

Una vez se realizó el experimento se pudo mostrar que la temperatura del agua con una moneda terminó en 29,9°C y el del agua con dos monedas terminó con 30,6°C. Es así como se extrapola el concepto de calor como energía que se transfiere para permitir la vibración de las moléculas de la moneda, la cual hace mover más rápido las moléculas del agua una vez hacen contacto con ellas, es por eso que se hace subir su energía de traslación promedio por molécula del agua hasta alcanzar el equilibrio térmico.

6.3.3.2 Experimento de Trabajo y Temperatura.

Posteriormente se realizó el décimo experimento denominado “el experimento de Joule”, el cual pretendía explicar que no solo el calor puede cambiar la temperatura de un sistema, sino que el trabajo también es energía que puede realizar este efecto. Es así que se pidió a los estudiantes que realizaran la predicción de lo que le ocurrirá a un termómetro cuando es introducido en un calorímetro que contienen en su interior una mezcla de alcohol y agua a una temperatura de 50°C y es agitado por unas espas que giran por movimiento mecánico.

Los representantes de cada grupo salieron al tablero y escribieron su predicción donde se pudo evidenciar que hay una gran mejoría sobre los modelos explicativos que tienen los estudiantes, ya que la mayoría sustenta que:

Estudiante 1: *“La temperatura registrada en el termómetro aumenta debido a que las moléculas obtienen más energía”.*

Estudiante 2: *“La temperatura del termómetro aumenta debido a que hay más movimiento en las partículas”.*

Estudiante 3: *“La temperatura del termómetro disminuiría, ya que cuando, por ejemplo, la sopa está caliente, solo hay que batirla para que se enfríe”.*

Luego de este registro, la mayoría de estudiantes dieron su opinión para aclarar el fenómeno que explicaba el estudiante 3. Ellos manifestaron que:

Grupo: *“el caso de la sopa es porque no está sellada herméticamente como si lo está el alcohol en el calorímetro y por lo tanto no se pierde su energía”.*

Cuando se realizó el experimento se pudo confirmar la explicación que dieron los estudiantes, ya que el termómetro registró un grado más de temperatura, apenas se batió las aspas.

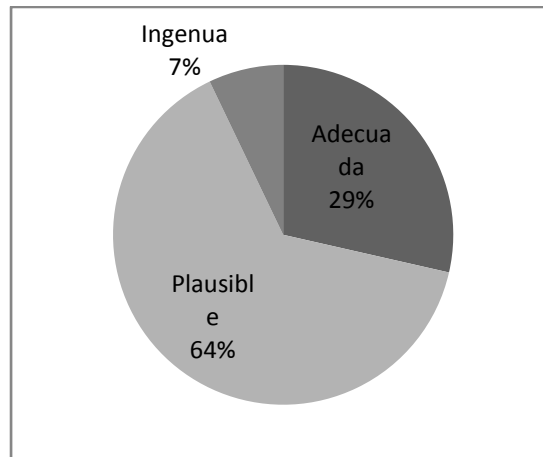
6.3.3.3 Aspecto social de la sección 3.

La temática que se abordó en la tercera sección fue sobre la producción de energía geotérmica, pues una vez se abordó el concepto de calor y trabajo fue necesario mostrar una aplicación del aprovechamiento del calor para realizar trabajo a partir de los yacimientos geotérmicos. Por eso la pregunta que se planteó a los estudiantes fue:

“¿Es viable la producción de energía geotérmica para nuestra sociedad actual?”

La intención de esta pregunta estaba encaminada a reconocer el punto de vista de los estudiantes sobre la producción de un tipo específico de energía para abastecer la demanda que requiere nuestra sociedad sin que afecte significativamente al ambiente. Es así como se pudo identificar que el 28,5% de los estudiantes no sólo reconocen la opinión de sus compañero, sino que tienen en cuenta el desarrollo económico sin afectar el medio ambiente; En cambio el 64,2% de los estudiantes expresan algunos aspectos positivos en el ambiente por la utilización de la energía geotérmica para abastecer nuestra demanda; solo el 7,1% de los estudiantes no reconocen el impacto que puede traer al medio ambiente el uso de esta energía y además plantea cuestiones científicas muy ingenuas. Lo anterior se muestra en la figura 17 junto a un ejemplo de respuesta de cada categoría:

Figura 17: Nivel de respuesta sobre decisiones tecno-científicas que impactan al medio ambiente.



Estudiante 1 (respuesta adecuada): *“Estoy de acuerdo con cada uno de los aportes de mis compañeros, no obstante, la energía geométrica también es viable porque es una fuente que evitaría la dependencia energética del exterior; los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo o el carbón; no está sujeta a precios internacionales, sino que siempre puede mantenerse a precios nacionales o locales, por eso implica un sistema de gran ahorro, tanto económico como energético; por último el área de terreno requerido por las plantas geométricas por mega vatio es menor que otro tipo de plantas; no requiere construcción de represas, tala de bosques, ni construcción de tanques de almacenamiento de combustibles”.*

Estudiante 2 (respuesta Plausible): *“Estoy de acuerdo con mi compañero, es viable porque nos ayudaría a conservar la flora y la fauna y evitando grandes empresas que ocasionan grandes daños como las represas”.*

Estudiante 3 (respuesta Ingenua): *“más o menos, a largo plazo iría perdiendo calor el centro de la tierra”.*

Es evidente de que el porcentaje de respuestas ingenuas es menor que las presentadas en otras secciones, además se nota un incremento de respuestas adecuadas. Esto seguramente se debe a que el estudiante está más familiarizado en cuestiones de analizar el impacto por el uso de la energía en la sociedad y el medio ambiente, por eso se pudo encontrar respuestas ricas en contexto que muestran un grado de disertación muy adecuado para evaluar aspectos CTS.

6.3.4 Sección 4: Transferencia de calor.

6.3.4.1 Experimento de Conducción

Para explicar las diferentes formas como se transfiere el calor se realizó la décimo primera experiencia denominada “calentando la varilla”, la cual consistía en que los estudiantes predijeran lo que le ocurriría, por un lado, a tres clic que se encuentran pegados con una gota de cera y separados a distancias iguales (de 5 cm cada uno) a una varilla de cobre, cuando se disponga su punta en la llama de una vela; y por el otro lado, el mismo montaje, pero ésta vez los clic se encuentran pegados a una varilla es de zinc. Hay que recalcar que las dos varillas se ponen al mismo tiempo.

Cuando los estudiantes representantes de cada grupo escribieron sus predicciones se pudo identificar que la mayoría está de acuerdo con que:

Estudiantes 1- 5: *“La cera se va a derretir y por lo tanto los clics caerán”.*

Estudiante 6: *“La cera se va a derretir y por lo tanto los clics caerán, pero en la varilla de cobre se van a caer más rápido los clics que en la varilla de zinc debido a que el cobre es buen conductor”.*

A pesar de que todos coincidieron en que la cera se derretirá, y por lo tanto, los clip caerán, un sólo grupo reconoció que los clics, al igual que la varilla, absorben calor o como ellos dicen “concentran el calor”. Esto es muy relevante porque se puede notar que tienen en cuenta intuitivamente la capacidad calorífica de las sustancias.

Luego de realizar el experimento y confirmar las predicciones dadas por los estudiantes, se logró extrapolar que no todas las sustancias transfieren el calor igual de rápido, resaltando que entre más ordenada sea su red cristalina, más rápido transferirá el calor.

6.3.4.2 Experimento de Convección

Posteriormente se propuso el décimo segundo experimento denominado “circulación de los vientos”, el cual consistía en que los estudiantes predijeran lo que le ocurriría al humo que entra por un agujero lateral en la parte superior de una botella de plástico, cuando se quema un papel en forma de cigarrillo, el cual entra justo por el agujero. Además se aclaró que la botella también tiene otro agujero en la parte lateral inferior de ella. A esta predicción hubo variedad de respuestas, pues algunos respondieron que:

Estudiantes 1-3: *“El humo asciende, quedándose en la parte superior de la botella debido a que así ocurre cuando se quema, por ejemplo, el papel”.*

Estudiantes 4-6: *“El humo queda en la parte inferior de la botella debido a que tenderá a salir por el agujero lateral inferior”.*

Por otro lado se pidió que realizaran otra predicción que consistía en: qué le ocurrirá al humo, una vez esté ingresando, cuando se le ponga hielo en la parte superior externa de la botella. A esta predicción dijeron que:

Estudiante 1: *“El humo saldría por el agujero lateral inferior”.*

Estudiante 2: *“El humo saldrá más rápido por el agujero lateral inferior que el que ingresa en la parte superior”.*

Cuando se realizó la primera parte del experimento, los estudiantes se sorprendieron al ver el “hilo” de humo que caía y se depositaba en la parte inferior, sin salir de la botella como ellos manifestaban. Luego, cuando se puso el hielo, se notó cómo el hilo de humo empezaba a cambiar la dirección hacia la parte superior. Es así como se pudo explicar el efecto que trae la transferencia de energía a partir de convección, el cual sólo se manifestó cuando se puso hielo. De esta forma se observó que el humo formaba ciclos que se pueden relacionar con la formación de los vientos.

6.3.4.3 Experimento de Radiación

El décimo tercer experimento llamado “la moneda que cae”, tenía como propósito mostrar la transferencia de calor por radiación. Para esto se pidió a los estudiantes que predijeran acerca de lo que le ocurrirá a un clic que se encuentra pegado, con una gota de cera, a una cartulina blanca, pero rayada con lápiz, cuando se coloque lateralmente a la llama de una vela (no hace contacto). Del mismo modo habrá un montaje similar, pero esta vez la cartulina no está rayada. Es así que después de dar las condiciones del experimento, se pudo detectar que:

Estudiantes 1-4: *“En los dos casos, los clics se caerán debido a que el calor se transfiere y derrite la cera”.*

Estudiante 5: *“En la cartulina rayada, caerá primero porque el color negro (del lápiz) absorbe más calor que el color blanco de la cartulina”.*

Estudiante 6: *“La cartulina rayada absorbe menos calor debido a que sus moléculas están desordenadas”.*

Hay algo en común en las respuestas que dieron los estudiantes, y es que pensaron en que sí es posible transferir la energía sin necesidad de un contacto. Es por eso que después de realizar el experimento se aprovechó esta idea para extrapolar el concepto de radiación como energía que se transfiere y hace posible este efecto. Por otro lado, es muy evidente que la idea del estudiante 6 está impregnada de la explicación que se dio de la transferencia de calor por conducción, la cual puede traer dificultades de aprendizaje, ya que no se comprendió cómo es un orden molecular (red cristalina).

No obstante cuando se realizó el experimento se pudo ver que cayó primero el clic que estaba en la cartulina rayada, y la explicación que se construyó con los estudiantes fue que algunas moléculas absorben más calor que otras, pero lo hacen a partir de ondas electromagnéticas que hacen vibrar las moléculas que están compuestas las sustancias.

6.3.4.4 Aspecto social de la sección 4.

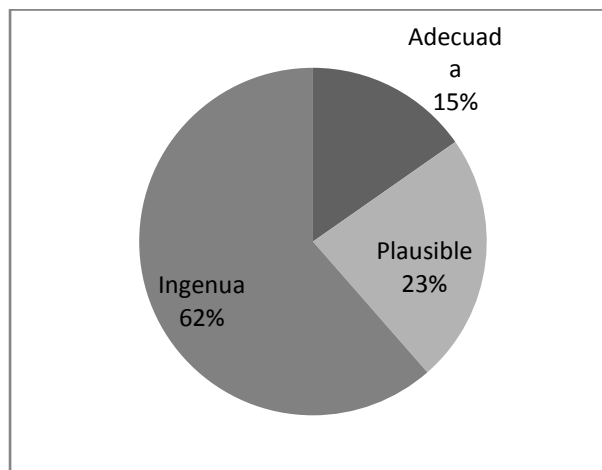
La temática que se abordó en la cuarta sección fue sobre predicción de huracanes, los cuales son producidos por corrientes de convección que generan los vientos y circulación del vapor de agua que lo alimentan. Si bien, los huracanes, a pesar de que son fenómenos naturales que generar catástrofes a poblaciones que habitan islas, pueden ser detectados a tiempo para alertar a estas comunidades gracias al uso de tecnología geo-espacial, entre otras. Por eso la pregunta que se planteó a los estudiantes fue:

“¿Qué políticas implementarías para evitar pérdidas de vida en regiones donde es azotada considerablemente huracanes de gran magnitud?”

La intención de esta pregunta estaba encaminada en identificar si los estudiantes podían reconocer la implementación de tecnología como política de seguridad para prevenir a la población que está propensa a ser azotada por estos fenómenos naturales. De esta manera, el 15,3% de los estudiantes mantiene un nivel de respuesta Adecuada, ya que tienen en cuenta la opinión del compañero y además reconocen la implementación de tecnología como principal recurso para la prevención de estos desastres; el 23,3% de los estudiantes mantienen un nivel de respuesta plausible porque reconoce la implementación de tecnología, pero no es tan relevante como los otros sistemas de prevención que plantean; y el 61,5% de los estudiantes tienen un nivel de respuesta

ingenua, pues no reconocen la implementación de tecnología como solución política a la problemática mencionada, a pesar de que plantean otras alternativas que son válidas, pero no responden a cuestiones CTS. Cabe resaltar que a pesar de que algunas respuestas que usaron los estudiantes fueron tomadas de internet, hay que rescatar el esfuerzo que hicieron a una relación CTS (política) que no fue tan evidente para ellos. Lo anterior se muestra en la figura 18 junto a un ejemplo de respuesta de cada categoría:

Figura 18: Nivel de respuesta sobre políticas pertinentes para el uso de tecnología.



Estudiante 1 (respuesta Adecuada): *“No estoy de acuerdo con mis compañeros porque en las últimas tres décadas la capacidad tecnológica para monitorear los huracanes ha mejorado significativamente, y con ello el número de víctimas disminuyó. La nueva tecnología permite identificar una depresión tropical y monitorear en tiempo real, a medida que se desarrolla el huracán. El mayor avance se ha dado en los Estados Unidos, pero los países en desarrollo se benefician enormemente debido a los efectivos mecanismos de alertas. Los modelos de computadora también generan gran cantidad de información útil para los planificadores en los países en desarrollo.”*

Estudiante 2 (respuesta Plausible): *“El monitoreo de tormentas y el uso de sistemas mejorados de alarma y evacuación son los mecanismos más efectivos para salvar vidas. Algunas medidas de seguridad de bajo costo pueden reducir el daño, por ejemplo, asegurarse que los techos estén atados, cubrir los grandes paneles de vidrio y quitar las salientes que puedan volar fácilmente”.*

Estudiante 3 (respuesta Ingenua): *“tener un resguardo con provisiones de alimentos no perecederos, Kits de primeros auxilios, medicina, linternas y todo lo que le pueda ayudar a pasar el huracán en aptas condiciones de vida”.*

6.3.5 Sección 5: Ciclos térmicos

6.3.5.1 Experimento de Ciclos Térmicos

El último experimento que se realizó en esta secuencia didáctica, con el método de enseñanza por aprendizaje activo, fue “el motor Stirling”. Para esto se pidió a los estudiantes que predijeran lo que le ocurrirá al artefacto (motor Stirling casero) cuando se ponga una llama en su parte inferior. Cabe aclarar que antes de que los estudiantes realizaran sus respectivas predicciones, se realizó una exposición de todas las partes del motor. Es así como los estudiantes respondieron que:

Estudiantes 1-3: *“El desplazador sube completamente y hace bajar el pistón pequeño.”*

Estudiantes 4-5: *“El desplazador sube junto con el pistón”.*

Estudiante 6: *“No pasa nada porque los volantes de inercia son muy pesados”.*

Es evidente de que ningún estudiante concibe el ciclo térmico, sin embargo, la mayoría de estudiantes coinciden en que el aire en el interior del motor se debe expandir, por causa del calor que ingresa, logrando la ascenso del desplazador. La idea del estudiante 6 es muy válida, pero no contaba con que la expansión térmica realiza más trabajo que el giro de los volantes de inercia. Es así como se realizó el experimento, y a medida que el motor funcionaba, se iba pidiendo explicaciones de lo que ocurría en cada proceso. Fue necesario intervenir para decir que el aire también se enfriaba. Pero después de esto, los mismos estudiantes explicaron todo el ciclo térmico del motor Stirling.

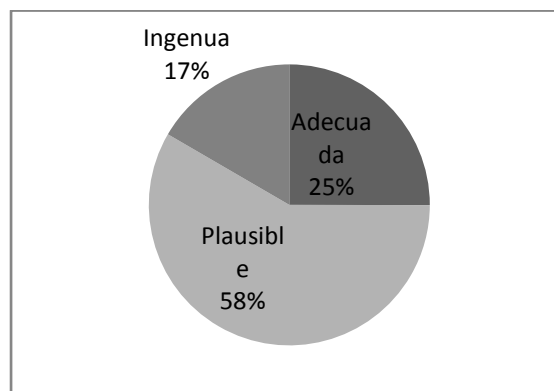
6.3.5.2 Aspecto social de la sección 5.

La temática que se abordó en la quinta sección fue sobre la máquina de vapor que dio inicio a la llamada revolución industrial, la cual trajo numerosas transformaciones en el aspecto científico, tecnológico y social, que son de vital importancia para conectar el concepto de maquinas térmicas. Para esta temática se planteó la siguiente pregunta.

¿Qué aspectos positivos y negativos trajo la maquina a vapor a nuestra sociedad?

Esta pregunta tenía como principal propósito identificar la capacidad que tienen los estudiantes para evaluar el impacto que trae un artefacto tecnológico en nuestra sociedad, reconociendo ventajas y desventajas desde diversos aspectos como la economía, la política, el medio ambiente, entre otros. De esta forma, el 25% de los estudiantes manejan un nivel de respuesta Adecuada porque tienen en cuenta la opinión de sus compañeros, identifican, con un poder argumentativo, ventajas y desventajas que trae un artefacto tecnológico, los cuales son de suprema importancia para garantizar que los estudiantes pueden evaluar impactos de la ciencia y tecnología en el desarrollo social; en cambio, el 58,3% de los estudiantes manejan un nivel de respuesta Plausible porque sólo reconocen algún aspecto social con poco argumento para garantizar una ventaja o desventaja de la utilización de la máquina a vapor; y el 16,6% de los estudiantes manejan un nivel de respuesta ingenua, debido a que el escaso aspecto social que mencionan para reconocer alguna ventaja o desventaja es erróneo, ya que no responde a las problemáticas que de verdad emergieron por la aplicación de la máquina de vapor, como es el caso de concebir que se disminuyó la mano de obra, generando mayor desempleo. Esto es erróneo porque según la historia, lo que trajo la máquina a vapor fue mayor tiempo laboral para los obreros (estudiante 1), que se traduce a que los obreros no estén cerca de sus familias, sino que estén respondiendo la demanda capitalista que se desarrolló. Lo anterior se muestra en la figura 19 junto a un ejemplo de respuesta de cada categoría:

Figura 19: Nivel de respuesta sobre evaluación de impacto social por la implementación de tecnología.



Estudiante 1 (respuesta adecuada): *“Estoy de acuerdo con algunos compañeros porque los aspectos positivos pueden ser los cambios y transformaciones que surgen en la economía, el avance a la tecnología industrial, el comercio y la comunicación entre*

países. Pero también hay aspectos negativos porque nos trajo contaminación en el medio ambiente por las industrias, el cambio de los mercados libres que su función era lograr un equilibrio entre los intereses encontrados y la sociedad, el empresario lo tomo para contratar y despedir sin respetar las normas que garantizan los derechos del trabajador.”

Estudiante 2 (respuesta plausible): *“trajo con sigo muchas cosas buenas como los cambios tantos tecnológicos, económicos y hasta sociales, y es bueno porque a raíz de eso el trabajo se ha facilitado, pero también trajo cosas negativas y es la dicha es el desplazamiento de trabajadores”.*

Estudiante 3 (respuesta ingenua): *“Los aspectos positivos es que nos ayudó a mejorar nuestro estilo de vida, ya que esto hizo que nuestra producción fuera más rápida y la sociedad avanzara con rapidez, además, disminuyó la mano de obra, y esto a la vez trae una consecuencia positiva en los trabajadores, ya que no eran maltratados por sus empleadores. Pero eso también trae sus aspectos negativos, y estos son: hay mayor desempleo y mayor dependencia a una máquina, lo cual nos hace insuficientes, como los somos ahora”.*

6.3.6 Sección 6: Uso de motores dos tiempos y cuatro tiempos.

Antes de describir los datos recolectados en esta sección, se debe aclarar que para llegar a este punto final y crucial en la aplicación de la secuencia didáctica, fue necesario que los estudiantes reconocieran los conceptos termodinámicos básicos y además debieron haber ganado experiencias para poder abordar cuestiones de ciencia, tecnología y sociedad. Pero para estas experiencias, no sólo se tuvo en cuenta la participación de los estudiantes al foro escrito, sino que también se generó espacios de reflexión para cuestionar por qué sus respuestas no alcanzaban un nivel Adecuado. Para eso se formó una mesa redonda, con todos los estudiantes y el docente quien iba exponiendo algunas ideas mostradas en el foro escrito por los estudiantes mencionados en el aspecto social de cada sesión, para que luego se pudieran discutir.

De esta forma se pudo evidenciar en los estudiantes algunas ideas previas (hipótesis planteadas por los estudiantes en cada experimento desarrollado), conceptos que se construyeron con la participación activa, habilidades de comunicación (escrita y oral) que

describen críticamente aspectos científicos, tecnológicos y sociales, y capacidad de consulta para comprende textos continuos y discretos (análisis de gráficas).

Con estas competencias y contenidos se pudo abordar la sexta sección, la cual consistía en resolver un problema central de consulta, que se mencionó antes de iniciar toda la secuencia didáctica para que la pudieran contar con el tiempo para poder abordarla pertinentemente. La pregunta que se planteó fue la siguiente.

“Pensando en las condiciones ambientales, científicas, tecnológicas y sociales (económico, político y cultural) en las que vive actualmente el ser humano, y su tipo de demanda, a veces caprichosa, ¿qué motor (A gasolina 2T y 4T, y diesel 4T) debería implementarse para suplir nuestras necesidades en un futuro relativamente cercano?”.

Es así como se repartió a todos los estudiantes el material de consulta a tres grupos, ya que se consideró que cada uno debía consultar sobre un motor(A gasolina 2T y 4T, y diesel 4T), para que posteriormente lo expusiera ante sus compañeros identificando ventajas y desventajas desde los aspectos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales.

Una vez los grupos han hecho su respectiva exposición, cada integrante expresó la respuesta final, donde decide cuál motor es el que se debe usar en un futuro relativamente cercano, sin importar el motor que le haya correspondido consultar. Pues es de esta forma como se garantizó que los estudiantes tomen decisiones en cuestiones CTS, pero argumentando su postura y poniendo en práctica las habilidades y capacidades que adquirieron durante el desarrollo de esta secuencia didáctica. A continuación se muestran las respuestas de dos integrantes de cada grupo.

6.3.6.1 Motor a gasolina 2 Tiempos.

Estudiante 1: “Me toco el motor 2 Tiempos y me quedo con él, porque este motor, pese a la contaminación que emite y las mejoras que le han empleado como la inyección directa, ha podido disminuir un 50% la emisión de gases. Este motor es más potente que el 4 Tiempos, además si hicieron otras mejoras tecnológicas este motor sería más económico en cuanto al consumo de gasolina”.

Estudiante 2: *“Mi exposición fue sobre el motor 2 Tiempos y me quedo con él, porque en potencia, en rendimiento y economía es mucho mejor que el 4 Tiempos y el motor Diesel.*

¿Que emite muchos contaminantes?, sí, pero con las tecnologías adecuadas se puede disminuir.”

6.3.6.2 Motor a gasolina 4 Tiempos.

Estudiante 3: “A mí me toco el motor 4 Tiempos y me quedo con él, ya que es mas fácil repararlo porque su forma de armarlo y desarmarlo es más fácil; además emite menos contaminación que los otros motores; en la parte científica lo están mejorando en diseño para que tenga más potencia; y como a nivel político está prohibiendo el manejo del motor 2 Tiempos porque contamina mucho, entonces hay que reemplazarlo por el motor 4 Tiempos”.

Estudiante 4: “A mí me correspondió el motor 4Teimpos y me quedo con este motor, porque es menos contaminante; tecnológicamente y científicamente están haciendo mejoras para que sea amigable con el medio ambiente y para nosotros”.

6.3.6.3 Motor Diesel 4 Tiempos.

Estudiante 5: “A mí me correspondió el motor Diesel y a pesar de eso me quedo con el motor 4Tiempos, debido a la demanda de la población, de que si es más rápido, de que si es para motos, es mejor el 4T, porque en la parte ambiental es el veo que tienen menos emisiones dañosas para el medio ambiente y el motor Diesel nos perjudica para nuestra salud por los gases nitrosos que emite”

Estudiante 6: “A mí me tocó el motor Diesel, pero me quedo con el motor 4 Tiempos porque ambientalmente es el que menos emite contaminación y lo están mejorando para emitir menos gases”.

Hay que tener en cuenta que las lecturas de consultas que se entregaron a cada grupo, mostraban un panorama que podría ser alentador para cada motor, lo cual puede ser muy influyente a la hora de tomar sus decisiones. No obstante, las lecturas también mostraban aspectos negativos de cada motor. Por esta razón, a pesar de lo influyente que pudieron ser las lecturas, también mostraron un alto grado de arbitrariedad que favoreció la postura crítica de cada estudiante. Un ejemplo de ello es la decisión que tomaron los estudiantes 5 y 6, que a pesar de haber consultado el motor Diesel 4 Tiempos, optaron por seleccionar el motor a gasolina 4 Tiempos, donde sus argumentos

estaban muy inclinados a aspectos ambientales y de salud que los otros compañeros manifestaron.

Por otra parte, los estudiantes de los otros grupos defendieron su respectivo motor, quizás se debe a que se apropiaron para realizar una consulta que favorecía su motor. Aunque pudo haber sonado “revanchista”, la decisión que tomó cada estudiante propia, y se puede decir que adquirieron una idea muy general de lo que es evaluar impactos sociales que puede traer el uso de la ciencia y la tecnología, ayudados por materiales de consulta.

6.4 Análisis específico de los cinco estudiantes seleccionados

Para finalizar el análisis de los datos se usará la triangulación de datos temporal de los cuatro casos extremos (E4, E9, E12 y E6) que se seleccionaron en el apartado de los resultados del pre y pos test, para identificar debilidades y fortalezas de aprendizaje adquiridos durante la aplicación de la secuencia didáctica, además de caracterizar a cada estudiante sobre su nivel de respuesta en cuestiones CTS. De esta forma se confirmará el impacto que tuvo la aplicación de la secuencia didáctica en la formación de competencias de los estudiantes, pues al finalizar la aplicación, los estudiantes seleccionados manifestaron la capacidad de saber principios termodinámicos, que se demostrarán con argumentos para poder tomar decisiones, siendo esto uno de los pilares que busca la enseñanza CTS.

En efecto, se organizó los datos en tres momentos que son el Antes, Durante y Después. En el **Antes** se identificó, por un lado, y como ya se dijo, debilidades y fortalezas conceptuales bajo cinco aspectos que preguntaba el test, los cuales son propiedades de los gases, ley de los gases ideales, primera ley de la termodinámica, ley cero de la termodinámica y calor; por el otro lado, se identificó concepciones sobre cuestiones CTS. En el **Durante** se reconoció algunas predicciones y explicaciones que dieron los estudiantes a los diferentes experimentos; también se caracterizó el nivel de respuesta como Adecuado, Plausible e Ingenuo, que dio el estudiante para responder los foros en cuestiones CTS. Por último, en el **Después** se identificó las habilidades y fortalezas de aprendizajes finalmente adquiridos, o por lo menos los mostrados en el pos-test, además

se reconoció la decisión que tomaron respecto al problema central de consulta sobre la implementación de motores térmicos en nuestra sociedad.

Tabla 3: Análisis temporal del estudiante 4.

E4	Antes	Durante	Después
Fortalezas de conceptos termodinámicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concibe el gas como partículas que se desplazan aleatoriamente, ocupando todo el espacio posible. 2. Reconoce algunas propiedades de los gases como la descrita en la ley de Gay-Lussac. 3. Reconoce que el trabajo genera un cambio de la energía interna de un sistema. 4. tiene una idea clara de lo que es el equilibrio térmico. 	<p>Afirma que un gas en un espacio pequeño genera más presión.</p> <p>Piensa que el calor expande un gas porque las moléculas se mueven más rápido.</p> <p>Cuando se hace trabajo en un sistema hermético es posible aumentar su temperatura.</p> <p>Considera que algunos materiales transfieren más calor que otros debido a la conducción.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sigue concibiendo el gas como partículas que se desplazan aleatoriamente, pero que reducen el espacio entre ellas cuando el gas es comprimido. 3. Mantiene la idea de la relación entre trabajo y energía interna. 4. Aun mantiene correctamente la idea del equilibrio térmico. 5. Reconoce la relación entre calor y energía.
Debilidades de conceptos termodinámicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considera erróneamente que al comprimir un gas, sus moléculas se vuelven más pequeñas. 2. No reconoce la ley de Boyle. 3. No concibe que al ingresar calor a un sistema, la energía interna de un sistema no cambia debido a que el sistema hace trabajo. 5. No reconoce relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía. 	<p>Tiene una idea errónea de que el humo “se condensa” en la parte superior de un recipiente (experimento 12).</p> <p>Piensa que los colores atraen la energía, entre más oscuro, más calor puede atraer.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considera erróneamente que un gas sólo ocupa la parte superior del recipiente que lo contiene. 2. no reconoce las leyes de los gases ideales. 3. Sigue teniendo dificultades para reconocer que la energía interna de un sistema puede mantenerse constante en ciertas condiciones.
	Tiene una idea para identificar correctamente cuestiones CTS	El nivel de respuesta identificado en la mayoría de los foros es Plausible, lo cual indica que expresa	A pesar de que mantiene una idea sobre aspecto CTS, aun persiste una concepción errónea sobre el

Enfoque Ciencia, tecnología y sociedad		<p>algunos aspectos sociales como consecuencia de la utilización de la ciencia y la tecnología.</p> <p>Solo maneja un nivel de respuesta ingenuo al reconocer el ámbito político para solucionar problemas sociales a partir de la implementación tecnológica.</p>	<p>papel de la ciencia para abordar problemas sociales y ambientales.</p> <p>Toma decisiones con pensamiento crítico, reconociendo principalmente el constante desarrollo tecnológico que es pertinente para solucionar alguna demanda que actualmente se ve afectada por deterioro del medio ambiente.</p>
--	--	--	---

E4 es el estudiante que aparentemente no mostró diferencias en el resultado total de pre-test con los del post-test. Sin embargo, es evidente que durante al proceso de la aplicación de la secuencia didáctica el estudiante mostró cambio, que no son del todo positivos, pero amplió muchas ideas que quizás no tenía previamente como es el caso de tener concebir relaciones entre calor y energía. Pero no todo sus resultados son positivos, debido a que aparentemente tiene dificultades para reconocer las propiedades que implican las leyes de los gases ideales, a pesar de que antes sólo podía explicar una de estas leyes (ley de Gay-Lussac). No obstante en el durante se pudo percibir que el estudiante generó una explicación microscópica de los gases al concebir que la expansión de un gas por efecto del movimiento cinético de las moléculas que lo conforman. Esto es una clara evidencia de un modelo que el estudiante tiene el su mente pero que no lo pudo manifestar en el pos-test.

Por otro lado, este estudiante pudo tomar una decisión en cuestiones CTS teniendo como principal referente la tecnología y el medio ambiente, a pesar de que mantiene una idea Ingenua sobre el papel de la política para tomar decisiones trascendentes que implica la implementación de la tecnología en la sociedad actual.

Tabla 4: Análisis temporal del estudiante 9.

E9	Antes	Durante	Después
Fortalezas de conceptos termodinámicos	<p>1. Reconoce al gas como partículas que se mueven aleatoriamente y que ocupan todo el espacio donde está contenidas.</p> <p>3. Sabe que cuando se realiza trabajo sobre un sistema aislado es posible aumentar su energía interna.</p>	<p>Afirma que hay mayor presión donde se aplica una fuerza en una menor superficie.</p> <p>Mantiene la idea del equilibrio térmico.</p> <p>Reconoce que cuando hay mayor espacio en un pistón, menor es la presión.</p> <p>Sabe que las partículas de un gas, a mayor temperatura, se mueven más rápido que cuando es baja la temperatura.</p> <p>Explica la ley de Gay-Lussac al decir que cuando es baja la temperatura, las partículas se mueven más lentamente y por lo tanto ejerce menos presión.</p> <p>Piensa que donde hay más masa, mayor es el calor que puede ingresar.</p> <p>Afirma que la conducción de calor se facilita cuando la estructura atómica de la materia es más ordenada.</p>	<p>1. Tiene una visión más clara de lo que es un gas, ya que lo considera como partículas que se mueven aleatoriamente, ocupando todo el espacio posible. Y si dicho espacio se reduce, entonces las partículas tendrán menos libertad.</p> <p>2. Reconoce algunas propiedades de los gases al poder explicar la ley de Boyle y Gay-Lussac.</p> <p>3. predice algunos fenómenos donde se aplica la primera ley de la termodinámica.</p> <p>4. Reconoce correctamente la idea de equilibrio térmico.</p> <p>5. Ahora establece relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía.</p>
Debilidades de conceptos termodinámicos	<p>1. Considera erróneamente que al comprimir un gas, sus partículas se vuelven más pequeñas.</p> <p>2. No reconoce las propiedades de los gases ideales descritas con la ley de Boyle y Gay-lussac.</p> <p>3. no concibe que la energía interna de un sistema se</p>	<p>No percibe el efecto de la presión atmosférica.</p>	

	<p>puede mantener a pesar de que se agregue calor.</p> <p>4. No concibe la idea del equilibrio térmico.</p> <p>5. No reconoce relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía.</p>		
Enfoque Ciencia, tecnología y sociedad	<p>Tiene dificultades para reconocer que la tecnología puede aportar para el desarrollo social a partir de instrumentos de medición.</p> <p>No obstante, identifica correctamente el papel de la ciencia para el desarrollo social, sin impactar el medio ambiente.</p>	<p>El nivel de respuesta es adecuado cuando toma decisiones tecno-científicas que impactan el medio ambiente.</p> <p>El nivel de respuesta es plausible cuando plantea concepciones para implementar aplicaciones tecno-científicas. Su respuesta también es plausible cuando evalúa el impacto social por la implementación de la tecnología.</p> <p>Su respuesta es ingenua cuando trata de reconocer la tecnología como solución política para enfrentar problemas sociales.</p>	<p>Toma decisiones respecto a cuestiones CTS, las cuales son argumentadas bajo una postura crítica que abarca la economía, la salud y el medio ambiente.</p>

E9 fue el estudiante que tuvo el mejor cambio de conceptos, pues como se puede notar en el test, antes presentaba numerosas debilidades, pero ahora no presenta alguna de ellas. Sin embargo, cuando se desarrolló los experimentos se pudo comprobar que el estudiante no concebía el efecto de la presión atmosférica, el cual no se cuestionó en el test, pero después de mostrar el aplastamiento estrepitoso de la botella (experimento 2), seguramente no habrá quedado alguna duda del efecto de dicha presión.

Por otra parte, este estudiante mostraba cierta dificultad para reconocer la importancia de la tecnología en el desarrollo social, pero a medida que respondía los foros se pudo evidenciar que sus respuestas son plausibles cuando toca este aspecto. Sus respuestas sólo son ingenuas cuando relaciona la política, pues no la concibe muy relevante. Para

una muestra de ello se encuentra la decisión que él tomó sobre utilizar algún motor térmico en un futuro relativamente cercano, donde su argumento se centró en el impacto que puede traer la economía, el medio ambiente y la salud, sin reconocer cuestiones de normatividades y leyes que limitan el uso de algunos motores.

Tabla 5: Análisis Temporal del estudiante 12.

E12	Antes	Durante	Después
Fortalezas de conceptos termodinámicos	<p>1. Reconoce al gas como partículas que se mueven aleatoriamente y que ocupan todo el espacio donde están contenidas. Además piensa que si se comprime el gas entonces las partículas tienen menos espacio entre ellas.</p> <p>3. Sabe que cuando se realiza trabajo sobre un sistema aislado es posible aumentar su energía interna.</p>	<p>Identifica que hay más presión cuando se aplica una fuerza en un área pequeña.</p> <p>Reconoce la presión atmosférica.</p> <p>Considera que las partículas se mueven más rápido cuando tiene alta temperatura.</p> <p>Manifiesta que cuando un pistón se expande, la presión de gas contenido disminuye.</p> <p>Explica la ley de Gay-Lussac a partir de un modelo microscópico que identifica partículas que se ralentizan por la baja temperatura, disminuyendo su presión.</p> <p>Manifiesta un aumento de la energía interna cuando se hace trabajo sobre un sistema hermético.</p>	<p>1. mantiene la visión del movimiento aleatorio de las partículas.</p> <p>2. Reconoce algunas propiedades de los gases al poder explicar la ley de Boyle.</p> <p>3. Predice algunos fenómenos donde se aplica la primera ley de la termodinámica.</p> <p>4. Reconoce correctamente la idea de equilibrio térmico.</p> <p>5. Establece relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía.</p>
Debilidades de conceptos	<p>2. No reconoce las propiedades de los gases ideales descritas con la ley de Boyle y Gay-lussac.</p> <p>3. no concibe que la energía interna de un sistema se puede mantener a pesar de</p>	<p>No reconoce en todos los casos la ley de Boyle, ya que considera que una bomba de mayor tamaño infla a otra pequeña debido a que tiene más presión (experimento 6).</p>	<p>1. Concibe erróneamente que un gas solo puede ocupar la parte superior de un recipiente.</p> <p>2. aun manifiesta debilidades respecto a la</p>

termodinámicos	<p>que se agregue calor. Tampoco considera que la energía interna de un sistema adiabático pueda aumentar si se hace trabajo sobre él.</p> <p>4. No concibe la idea del equilibrio térmico.</p> <p>5. No reconoce relaciones entre calor y temperatura, y calor y energía</p>	<p>Considera erróneamente la relación directa entre calor y cantidad de materia.</p> <p>Cree que el humo de la botella llena todo el recipiente (experimento 12).</p>	<p>comprensión de la ley de Gay-Lussac.</p>
Enfoque Ciencia, tecnología y sociedad	<p>Se le dificulta evaluar aspectos CTS.</p>	<p>El nivel de respuesta es adecuado cuando evalúa el impacto social que puede traer la implementación de tecnología.</p> <p>Su nivel de respuesta es plausible cuando identifica ventajas y desventajas por el uso de la tecnología. Además toma decisiones para aceptar la implementación de tecnología que impacta el medio ambiente.</p> <p>Su respuesta es ingenuas cuando relaciona la política y la tecnología.</p>	<p>Reconoce el papel de la ciencia para solucionar problemas sociales y ambientales.</p> <p>Además, toma decisiones después de evaluar el impacto que trae la tecnología en nuestra sociedad, teniendo en cuenta cuestiones políticas y medioambientales.</p>

E12 fue el estudiante que presentó en el pre-test mayores dificultades, lo cual da a entender que las ideas conceptuales que puede manejar el estudiante le dificultarán la toma de decisiones en cuestiones CTS, ya que no tendrá argumentos para que pueda poner en tela de juicio algunas ventajas y desventajas que sólo se dan a la luz de una idea clara sobre conceptos científicos y aplicaciones tecnológicas.

Una de las ideas intuitivas que tenía bien estructurada este estudiante eran algunas propiedades de los gases y explicaciones sobre la primera ley de la termodinámica. Sin embargo, en el pos-test se pudo evidenciar que él mejoró significativamente, ya que sólo manifestó dificultades con la ley de Gay-Lussac. Pero hay un error que adquirió el estudiante durante la aplicación de la secuencia didáctica, ya que antes no lo concebía

en el pre-test y es justamente pensar que un gas sólo puede ocupar la parte superior, y no todo el recipiente donde está contenido. Una evidencia de que el error se construyó durante la aplicación de la secuencia didáctica se encuentra en los comentarios que hizo durante el experimento 12, pues afirma que el humo debe ocupar toda la botella (esto es cierto siempre y cuando se generen corrientes de convección), y cuando se realizó el experimento se sorprendió al ver el hilo de humo que se precipita, ya que no habían corrientes de convección en ella. Parece ser que esta experiencia no fue del todo clara para él, generando esta dificultad de aprendizaje que se reflejó en el pos-test.

Por otro lado, a este estudiante se le dificultaba evaluar aspectos CTS, pero a medida que fue respondiendo los foros se notó habilidad para evaluar el impacto social que puede traer la implementación de tecnología, pero al igual que los otros estudiantes (E4 y E9), presenta un nivel Ingenuo para relacionar la política en cuestiones CTS. Sin embargo, este estudiante parece ser que fue adquiriendo conciencia al tener en cuenta la política para tomar decisiones sobre la implementación de motores térmico en nuestra sociedad actual, pues menciona que la normatividades pueden regular la emisión de gases que afectan el medio ambiente.

Tabla 6: Análisis temporal del estudiante 6.

E6	Antes	Durante	Después
Fortalezas de conceptos termodinámicos	<p>1. Concibe el gas como partículas que se desplazan aleatoriamente, ocupando todo el espacio posible. También sabe que si se comprime un gas, se reduce los espacios entre las moléculas que lo componen.</p> <p>3. Sabe que cuando se agrega calor a un sistema, la energía interna puede permanecer constante debido a que el sistema puede realizar trabajo sobre el entorno.</p>	<p>Reconoce que se realiza más presión cuando se hace una fuerza en una pequeña superficie.</p> <p>Explica la ley de Boyle en ciertos casos. Por ejemplo, sabe que cuando el émbolo de un pistón se expande, el gas donde está contenido realiza menor presión.</p> <p>Expresa que a mayor temperatura de un gas, mayor es el volumen que ocupa cuando la presión es constante.</p> <p>Establece una relación directa entre calor y masa.</p>	<p>2. Reconoce algunas propiedades de los gases a partir de la ley de Boyle.</p> <p>3. Comprende la primera ley de la termodinámica en diferentes fenómenos.</p> <p>5. Reconoce la relación entre calor y temperatura al asociar el movimiento de las partículas.</p>

Debilidades de conceptos termodinámicos	<p>2. No reconoce algunas propiedades de los gases que describe la ley de Boyle y Gay-Lussac.</p> <p>3. no cree que la energía interna de un sistema adiabático puede aumentar al hacerle trabajo sobre él.</p> <p>4. No concibe el equilibrio térmico</p> <p>5. No expresa alguna relación entre calor y temperatura, y calor y energía.</p>	<p>No reconoce la presión atmosférica.</p> <p>Piensa que las moléculas se mueven más lento cuando mayor es la temperatura.</p> <p>Persiste la dificultad de concebir el equilibrio térmico cuando se mezcla agua a diferente temperatura.</p> <p>A pesar de que reconoce la ley de Boyle, confunde que cuando una bomba es más pequeña, la presión es mayor que una bomba grande.</p> <p>Cree que la energía interna de un sistema adiabático baja cuando se realiza trabajo sobre ella.</p>	<p>1. Considera erróneamente que un gas sólo ocupa la parte superior del recipiente que lo contiene. Además cree que cuando se comprime un gas, las moléculas que lo componen también se reducen.</p> <p>2. no distingue las propiedades de los gases que describe la ley de Gay-Lussac.</p> <p>5. Expresa que la relación entre calor y energía es que la primera se puede medir y la otra no.</p>
Enfoque Ciencia, tecnología y sociedad	<p>Tiene una idea para identificar correctamente cuestiones CTS, en especial cuando se trata de reconocer el papel de la ciencia para solucionar problemas sociales y ambientales. Sin embargo no distingue las ventajas que puede traer la tecnología para el desarrollo social.</p>	<p>El nivel de respuesta en la mayoría de los foros es plausible, pues escasamente reconoce algunas consecuencias sociales que puede ser ocasionada por la ciencia y la tecnología.</p> <p>Solamente el nivel de respuesta es ingenuo cuando identifica ventajas y desventajas por el uso de un artefacto tecnológico</p>	<p>Toma decisiones en cuestiones CTS, reconociendo principalmente el impacto que puede traer un artefacto tecnológico al medio ambiente y a la salud.</p>

		como lo es la prensa neumática.	
--	--	---------------------------------	--

E6 es el único estudiante que mostró dificultades después de haber aplicado la secuencia didáctica, o dicho de otro modo, este es el estudiante que aparentemente la secuencia didáctica lo confundió debido a que el pre-test tenía ideas acordes a las teorías científicas, como el hecho de comprender algunas propiedades de los gases, y que en el pos-test estas ideas no las tuvo en cuenta. Esto es complejo porque si bien durante la aplicación de la secuencia didáctica el estudiante manifestó, entre otras cosas, algunas explicaciones macroscópicas sobre la ley de Boyle y de Charles, no logró construir un modelo microscópico acorde a la teoría científica, ya que afirmó que la temperatura está inversamente relacionada con la velocidad promedio de las moléculas, y esto trae grandes consecuencias para poder entender la ley de los gases ideales.

Pero no todo es negativo, pues si centramos la atención en lo que este estudiante sabía sobre la primera ley de la termodinámica, se puede decir que tuvo un cambio de concepto, ya que antes creía que la energía interna no podía aumentar en un sistema adiabático, y lo reafirmó en una de sus predicciones del experimento¹⁰, pero después de realizar dicho experimento y pedir su respuesta en el pos-test, manifestó que sí es posible aumentar la energía interna de un sistema adiabático al realizar trabajo sobre él. Esto trae como conclusión que la aplicación de la secuencia didáctica no fue un problema para el aprendizaje, sino que hay que profundizar más en temas donde el estudiante se resiste a cambiar sus ideas, en especial, si se trata de comprender un modelo microscópico que no es posible asimilar a simple vista.

Además, este estudiante manejó un nivel de respuesta principalmente plausible en aspectos CTS, excepto cuando identifica ventajas y desventajas por el uso de un artefacto tecnológico, ya que lo hace de manera ingenua. Una clara evidencia de esto es en la toma de decisión sobre el motor que se debe usar hoy en día, pues él lo validó en cuanto a la salud y el medio ambiente, pero no reconoció políticas y desarrollo constante de la ciencia y la tecnología.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Después de diseñar y aplicar la secuencia didáctica, que tenía como propósito enseñar conceptos termodinámicos necesarios para explicar el funcionamiento de máquinas térmicas bajo un enfoque de ciencia, tecnología y sociedad (CTS), se desarrolló en los estudiantes ciertas habilidades de expresión, de argumentación y de saber escuchar que son decisivas para formar estudiantes que sea capaces de tomar decisiones sobre aspectos tecno-científicos que los invaden en la actualidad.

Estas habilidades se pudieron reconocer a partir de foros virtuales que ponían en tela de juicio cambios sociales y ambientales por efecto del desarrollo de la termodinámica. Sin embargo, se pudo identificar que a la mayoría de los estudiantes se les dificulta discutir sobre aspectos políticos que regulan el uso de tecnología que garantizan el bienestar y el desarrollo social.

Se identificó en los estudiantes la toma de decisiones de manera crítica mediante el problema central que se usó al finalizar la secuencia didáctica, el cual abordaron a partir de previas consultas que implicó la interpretación de lecturas técnicas (textos y gráficas) sobre las ventajas y desventajas del uso de motores a gasolina y gasóleo, que sirvieron para argumentar desde aspectos económicos, tecnológicos, científicos y ambientales, cuál es el motor que se debe usar en un futuro relativamente cercano. De esta forma se evidenció una gran tendencia en sus decisiones sobre el impacto que puede generar estos motores para la salud y el medio ambiente si no se hace las mejoras tecnológicas adecuadas.

Para reconocer y validar los argumentos que asignan los estudiantes a cuestiones CTS fue indispensable construir conceptos termodinámicos, los cuales fueron mejorados, como se evidencia en el pos-test, respecto a sus intuiciones o ideas previas a partir de experimentos que se abordaron con la enseñanza por aprendizaje activo. No obstante,

después de aplicar la secuencia didáctica, la mayoría de estudiantes se confundieron en decir que un gas sólo ocupa la parte superior de un recipiente que lo contiene cuando se calienta un líquido, y no todo el recipiente como antes pensaban. Por eso se estableció que la posible causa de este cambio de concepto fue la aplicación de un experimento que no comprendieron en su totalidad, pues las evidencias del análisis temporal en los estudiantes seleccionados lo indicaron.

7.2 Recomendaciones

La recomendación que se hace respecto al posible uso del experimento que mostraba un hilo de humo que caía en una botella, pero que después de generar un gradiente de temperatura se formaron corrientes de convección, es que se profundice en la idea de comprender las condiciones adecuadas para que un gas ocupe todo el volumen de un recipiente que lo contenga, ya que a veces los experimentos pueden resultar contra-intuitivos, generando nuevas representaciones mentales que pueden llegar a ser erróneas si no se explican adecuadamente.

Cabe resaltar que una revisión histórica y epistemológica sobre cómo se construyeron los conceptos relacionados con las máquinas térmicas aportó no solo para comprender a fondo el problema científico y tecnológico que se enfrentaron los científicos a través de la historia, sino que permite reconocer algunas concepciones erróneas de la naturaleza de los conceptos, los cuales coinciden en muchos casos con las ideas intuitivas de los estudiantes. Por lo tanto, esta revisión puede resultar útil para anticiparse a posibles obstáculos a los que se enfrentan los estudiantes, y además permite comprender por qué existe la tendencia de construir conceptos erróneos por parte de ellos.

Para el análisis de datos es importante realizar una triangulación temporal de algunos estudiantes que presenten resultados particulares entre el pre-test y pos-test, pues ellos pueden expresar ideas clave para identificar en algún momento fortalezas y debilidades en diferentes aspectos que pueden resultar cruciales por la aplicación de una secuencia didáctica como ésta.

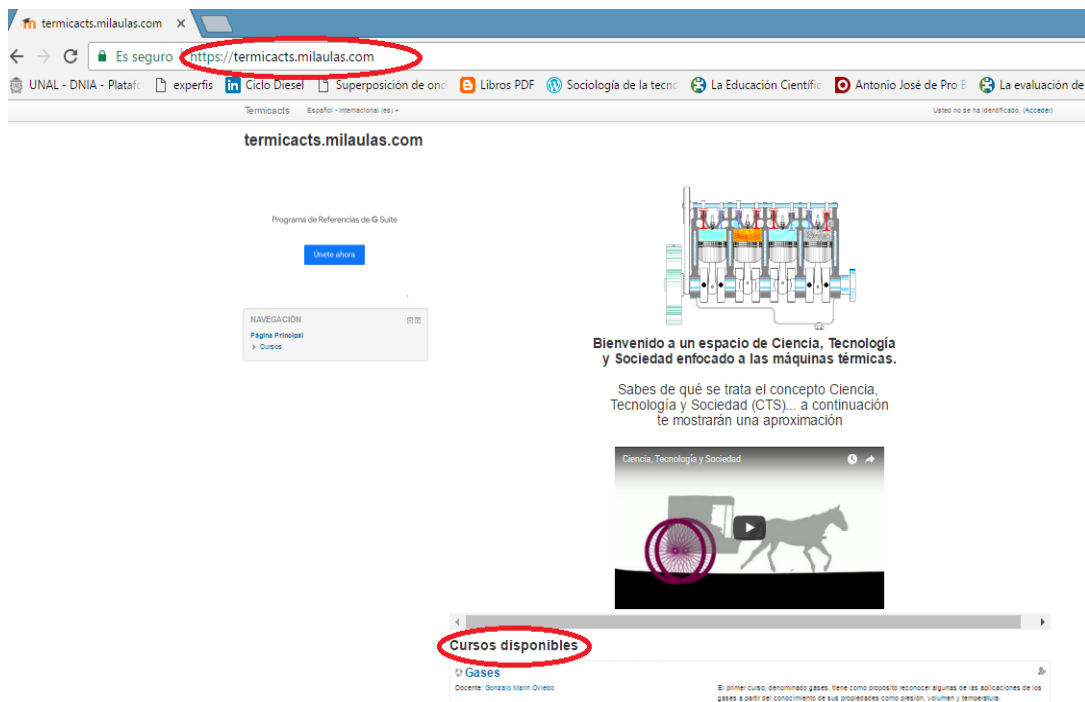
Para identificar el nivel de argumentación que tienen los estudiantes en cuestiones CTS fue necesario establecer criterios de evaluación para facilitar esta labor. Por eso la recomendación que se hace para futuras investigaciones que usen este enfoque es que

se pueda reconocer un argumento ingenuo, plausible o adecuado. Así se podrá identificar el estado actual del estudiante y su respectivo progreso, el cual debe ser medido en diferentes momentos; por eso no se recomienda usar un test para identificar dicho progreso cuando se usa una secuencia didáctica en un tiempo relativamente corto.

La estrategia de enseñanza utilizada en esta investigación no es la única, pues otra posibilidad puede ser pertinente para trabajar el enfoque CTS. Lo que hay que tener en cuenta es que la nueva estrategia debe mostrar los atributos necesarios para que el estudiante genere espacios donde pueda escuchar y respetar la diversidad de pensamiento, de expresar sus opiniones, de tener criterio para consultar en libros o internet, y por supuesto, de tomar decisiones. Estas habilidades le permitirán adaptarse al mundo tecno-científico en el que vivimos hoy en día.

A. Anexo 1. Página web en Moodle

Para explorar el espacio virtual a partir de la plataforma moodle, debe ingresar al link <https://termicacts.milaulas.com/>.



The screenshot shows a web browser displaying the website termicacts.milaulas.com. The browser's address bar shows the URL, which is circled in red. The website's header includes the domain name and a user status message: "Visitado no se ha identificado. (Acceder)".

The main content area features a navigation menu on the left with the following items:

- Programa de Referencias de G Suite
- Inicio
- NAVEGACION
- Página Principal
- Cursos

The central content area displays a technical diagram of an internal combustion engine. Below the diagram, the text reads: "Bienvenido a un espacio de Ciencia, Tecnología y Sociedad enfocado a las máquinas térmicas." followed by "Sabes de qué se trata el concepto Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)... a continuación te mostrarán una aproximación".

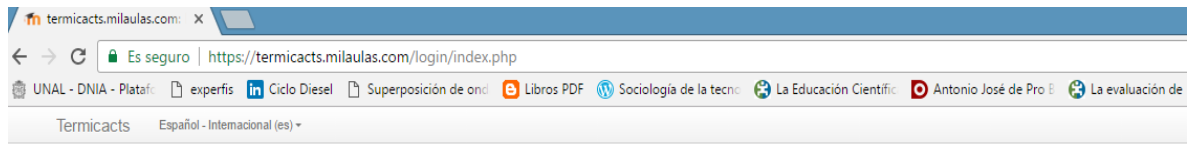
Below the text is a video player titled "Ciencia, Tecnología y Sociedad" showing a silhouette of a horse-drawn carriage. The video player's progress bar is visible, and the text "Cursos disponibles" is circled in red below it.

At the bottom of the page, a course titled "Gases" is listed with the instructor "Docente: Gonzalo Maxim Oviedo". A brief description of the course is provided: "El primer curso, denominado gases, tiene como propósito reconocer algunas de las aplicaciones de los gases a partir del conocimiento de sus propiedades como presión, volumen y temperatura."

Luego se dirige a uno de los cursos disponibles (gases, aplicaciones del calor y máquinas térmicas) y ahí le solicitaran:

Usuario: visitante

Contraseña: Visitante-01



termicacts.milaulas.com

[Página Principal](#) ▶ [Entrar al sitio](#)

Acceder

Nombre de usuario

Contraseña

Recordar nombre de usuario

[¿Ovidó su nombre de usuario o contraseña?](#)

Las 'Cookies' deben estar habilitadas en su navegador [?](#)

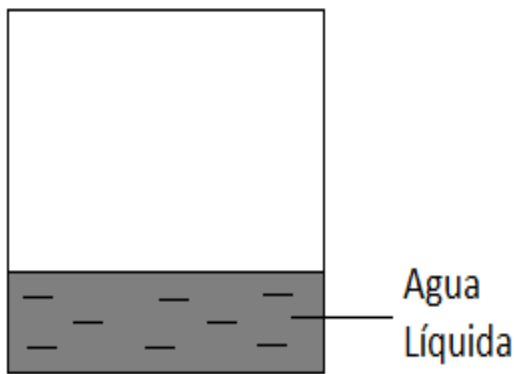
Registrarse como usuario

Para tener acceso completo al sitio necesita crear una cuenta.

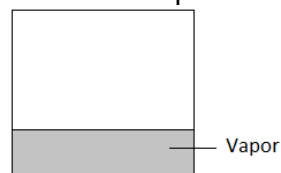
B. Anexo 2: Test validado por expertos.

IDEAS PREVIAS SOBRE TERMODINÁMICA

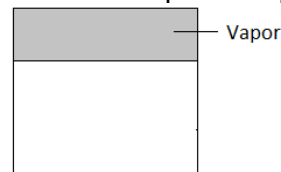
1. Supongamos que calentamos en un recipiente tapado un poco de agua hasta que se convierte toda en vapor. ¿Cuál crees que sera el volumen ocupado por el vapor?



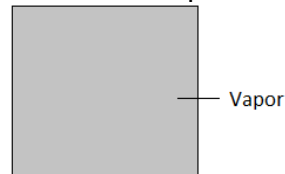
- a. El mismo que el del liquido.



- b. El mismo pero ocupado la parte alta.



- c. Todo el recipiente.



- d. No se puede saber

Pregunta adaptada de: Furio C. y Hernandez J. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. En *Enseñanza de las ciencias*, pp. 83-91.

2. Una de las propiedades mas conocidas de los gases es su compresión, el cual consiste en poder reducir su volumen que ocupa al presionar sobre él, como se puede comprobar cuando se empuja el émbolo de una jeringa que se encuentra tapada **Ver**

figura 1). ¿Cuál de estas situaciones crees que le sucede al gas en el interior de la jeringa cuando se comprime?

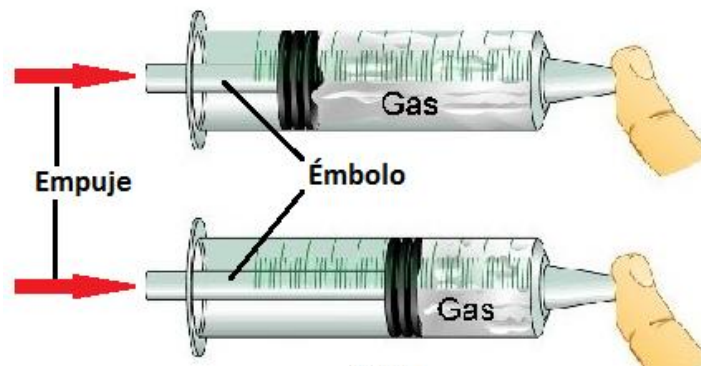
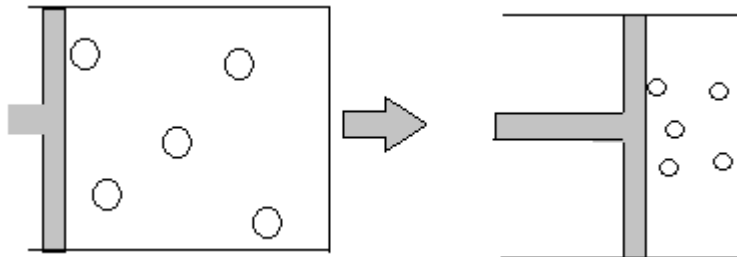
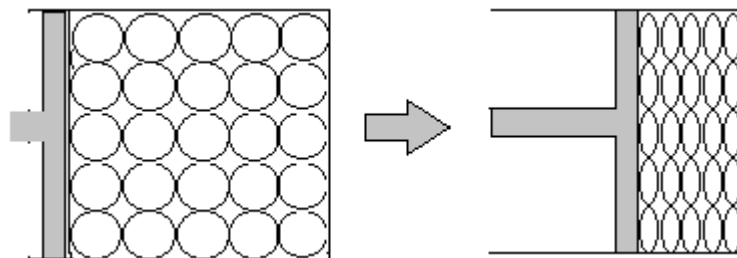


Figura 1

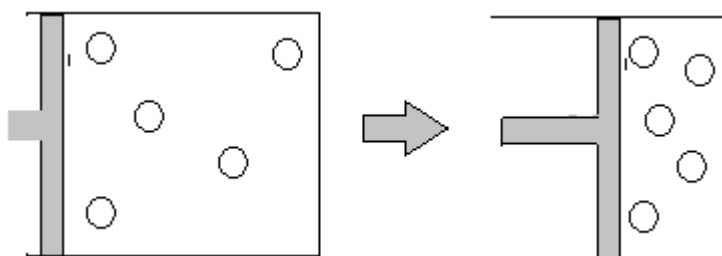
a. Las partículas existentes reducen su tamaño.



b. Los gases son como esponjas (todo continuo) que al apretar se comprimen.



c. Los espacios libres entre las partículas se reducen al apretar, pero las partículas mantienen el mismo tamaño.

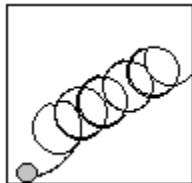


d. Los científicos no lo han podido determinar.

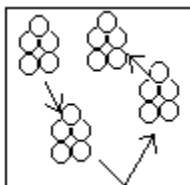
Pregunta adaptada de: Furio C. y Hernandez J. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. En *Enseñanza de las ciencias*, pp. 83-91.

3. Tu sabes que las partículas que forman un gas se mueven, pues en una habitación, al destapar un perfume, se huele en cualquier lugar de ella. Ahora, ¿cómo crees que se mueven dichas partículas?

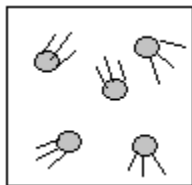
a. Como si fuera un resorte.



b. Todas las partículas se mueven conjuntamente pasando cada vez por un sitio distinto de la habitación.



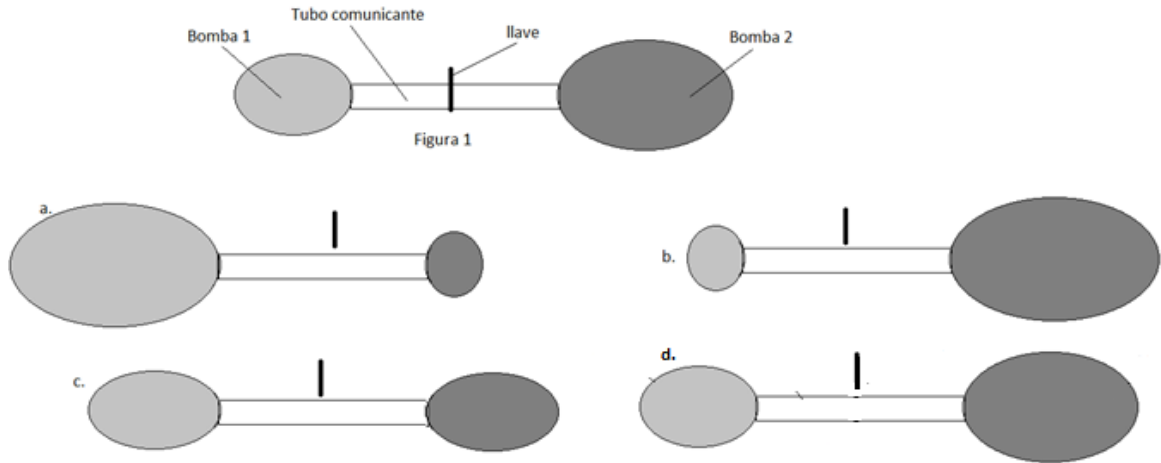
c. Cada partícula se mueve constantemente hacia cualquier dirección.



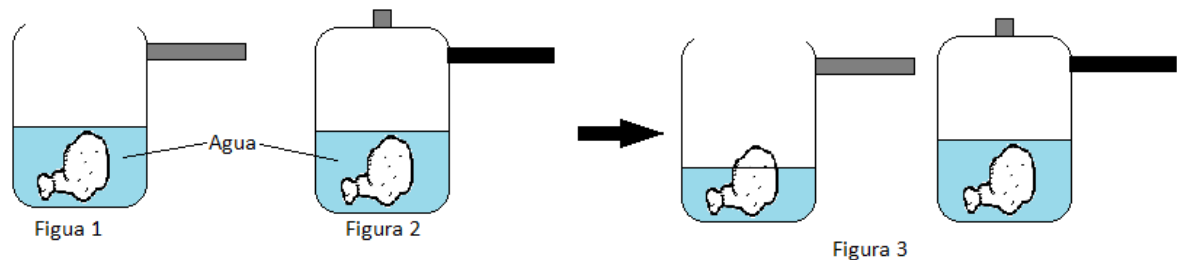
d. No se puede conocer como se mueven las partículas por que son muy pequeñas

Pregunta adaptada de: Furio C. y Hernandez J. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. En *Enseñanza de las ciencias*, pp. 83-91.

4. Dos bombas de caucho se encuentran infladas de diferente tamaño y conectadas en cada extremo de un tubo que tiene en la mitad una llave que limita la comunicación del aire contenido en cada bomba como se muestra en la **figura 1**. Si la llave se deja abierta, de tal forma que los gases se puedan comunicar, el resultado del tamaño de cada bomba será:



5. Una señora pone en una olla a presión sin tapa agua y una presa de pollo como se ilustra en la **figura 1**. En otra olla a presión se pone de igual forma una presa del mismo tamaño y la misma cantidad de agua. Luego se tapa como se ilustra en la **figura 2**. Después de que los puso en el fogón durante un tiempo y con la misma cantidad de llama, la señora notó que el pollo se cocinó primero en la olla a presión con tapa y mantuvo, casi igual, el nivel de agua que había agregado en él; en cambio en la otra olla (sin tapa), encontró que solo había la mitad del agua (**ver figura 3**). ¿Qué explicación darías al fenómeno ocurrido?



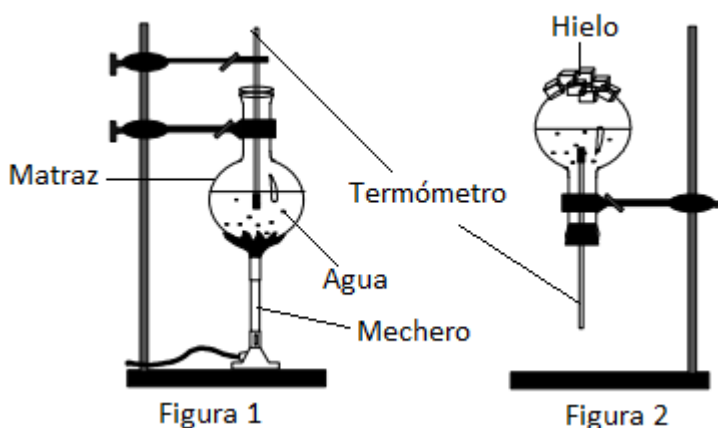
a. Sin tapa el agua se evaporó, mientras que en la olla con tapa no lo hizo. La presión que ejerció el vapor al pollo en la olla sin tapa fue menor que en la otra olla y por lo tanto lo cocinó más rápido, a pesar de que alcanzaron la misma temperatura.

b. En las dos ollas se alcanzó la misma temperatura ya que le habían puesto la misma cantidad de llama. Sin embargo, la olla con tapa alcanzó mayor presión debido a que el vapor obtenido no se escapó y éste golpeó con mayor fuerza la presa en comparación al vapor en la olla sin tapa que se escapó y no golpeó la presa haciendo que se cocine más rápido en la olla tapada.

c. A pesar de que se les aplicó la misma cantidad de llama, la olla con tapa alcanzó mayor temperatura ya que la presión fue mayor, cocinando así más rápido la presa. Debido a que el vapor no se escapó en comparación de la otra olla que sí lo hizo el volumen permaneció constante.

d. En la olla sin tapa el agua se evaporó debido a que alcanzó una mayor temperatura que la olla con tapa; pero a medida que el tiempo pasaba, la olla se iba quedando con menos agua y por eso no logró cocinar el pollo. En cambio la olla con tapa, a pesar de que tuvo menos temperatura, el agua se mantuvo, logrando cocinar el pollo.

6. Un matraz (balón aforado) de un litro de capacidad y lleno de agua hasta la mitad, se calienta hasta ebullición durante 10 minutos mediante el uso de un mechero como se ilustra en la **figura 1**. Luego, se anota la temperatura de ebullición, se tapa con un tapón provisto de un termómetro y se coloca invertido como se ilustra en la **figura 2**. En estas condiciones se procede a colocar trozos de hielo sobre el matraz. Una vez hecho esto, lo que se observa es que el agua continúa hirviendo a temperaturas cada vez menores. Con este método se han alcanzado temperaturas de ebullición del agua hasta de 25°C.



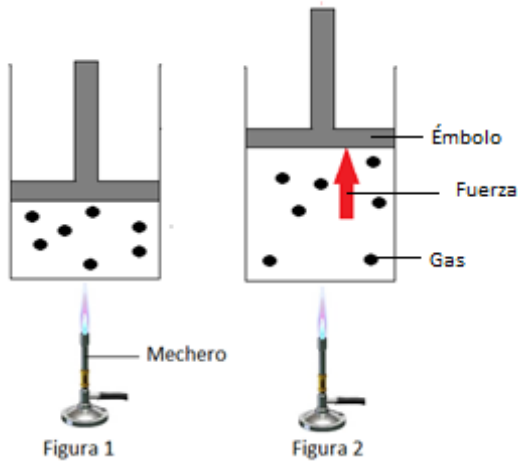
¿Cuál de las siguientes afirmaciones explica mejor el fenómeno que ocurre en el matraz?

- Al enfriarse el matraz invertido, se origina una presión en el gas, mayor que la presión atmosférica y eso produce que el agua hierva a menor temperatura.
- Al enfriar el gas en el matraz invertido, el gas se condensa disminuyendo su presión y haciendo que el agua hierva a menor temperatura.
- Al invertir el matraz, manteniendo el volumen constante, el agua hierva a mayor temperatura.
- Al disminuir la presión del gas en el matraz por el enfriamiento producido, el líquido hierva a mayor temperatura.

Pregunta adaptada de: Flórez S. A. Hernández G. y Sánchez G. (1996), Ideas previas de los estudiantes. Una experiencia de aula. En *Educación química*, 7(3), pp. 142-144.

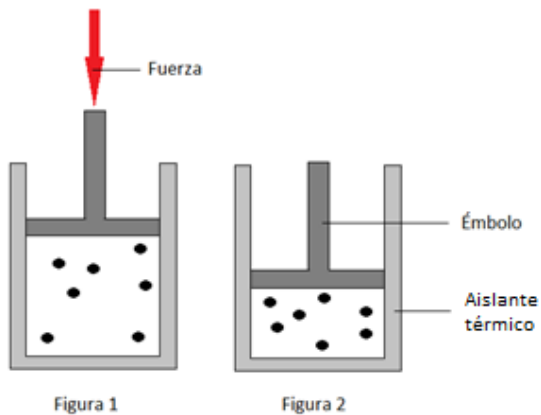
7. Se tiene un gas a cierta temperatura en un cilindro que **NO** tiene paredes aisladas térmicamente, es decir, puede ingresar o salir calor de él (no adiabático). Este cilindro se empieza a calentar lentamente por la acción de un mechero ubicado en su parte inferior como se muestra en la **figura 1**. ¿Qué sucede con la temperatura del gas a medida que

el émbolo, de masa despreciable, sube poco a poco por la fuerza del gas como se muestra en la **figura 2**?



- a. Aumenta lentamente.
- b. Sigue igual.
- c. Disminuye.
- d. Aumenta y disminuye durante el proceso

8. Se tiene un gas a cierta temperatura en el interior de un cilindro con paredes térmicamente aisladas, es decir, no puede ingresar ni salir calor de él (adiabático). Luego se aplica una fuerza sobre el émbolo como se muestra en la **figura 1**. ¿Qué sucede con la temperatura del gas si el émbolo baja lo suficiente como se muestra en la **figura 2**?



- a. Disminuye
- b. Aumenta.
- c. Sigue igual.
- d. Aumenta y disminuye durante el proceso.

9. Un gas se encuentra a temperatura T_1 en un recipiente cuyas paredes son aislantes térmicos, es decir, no puede entrar ni salir calor de él; otro recipiente que contiene el mismo gas se encuentra a temperatura T_2 . Los dos recipientes son separados por una membrana que se rompe, lo cual permite que los gases se mezclen como se muestra en la figura 2. Si antes del rompimiento de la membrana, la temperatura T_1 del gas es mayor que la temperatura T_2 , entonces una vez rota la membrana el gas terminaría con una temperatura:

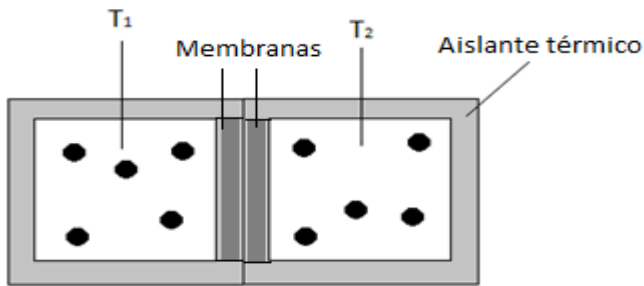


Figura 1

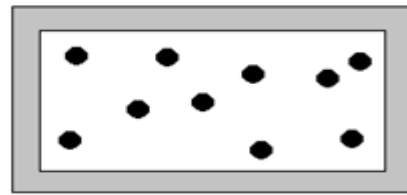


Figura 2

- a. igual a T_1 b. igual a T_2 c. Entre T_1 y T_2 d. mayor que T_1

10. Explica ¿cuál es la relación entre calor y temperatura

R/

11. Explica ¿cuál es la relación entre calor y energía?

R/

12. La Tierra se puede considerar un sistema termodinámico que recibe energía del Sol e intercambia calor con el espacio exterior a través de la atmósfera. En las últimas décadas está presentándose el fenómeno denominado calentamiento global. Esto se debe al aumento en la concentración atmosférica de los llamados gases de efecto invernadero, principalmente el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano. En la siguiente tabla se muestra información acerca de estos tres gases.

Gas	Efecto porcentual sobre el calentamiento global	Potencial de calentamiento*	Procesos y fuentes de emisión a la atmósfera	Proceso y fuentes de eliminación de la atmósfera
Dióxido de carbono (CO_2)	22%	1	Respiración, combustión de materia orgánica, volcanes activos.	Fotosíntesis por fitoplancton y bosques, difusión oceánica.
Vapor de agua (H_2O)	62%	<1	Evaporación de cuerpo de agua, organismos y ecosistemas.	Condensación y solidificación que origina lluvias, nieve y granizo.
Metano (CH_4)	1%	23	Descomposición de residuos, subproductos de la digestión.	Oxidación aerobia por microorganismos acuáticos.

*Indica el aporte de la sustancia al calentamiento global en comparación con el CO_2 . Es decir, 1 molécula de metano contribuye al calentamiento global, lo mismo que 23 moléculas de dióxido de carbono.

Pensando en la Tierra como un sistema termodinámico, ¿Cuál es el efecto producido en la Tierra por el incremento de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero?

- a. Una disminución considerable de la energía proveniente de la radiación solar.
 b. La transferencia de todo el calor del aire hacia el espacio exterior.
 c. El aumento de la transferencia de calor hacia el espacio exterior.
 d. La disminución en la transferencia de calor desde la tierra al espacio exterior.

Tomado de: Banco de preguntas del ICFES Saber 11, Examen de estado 2014-2.

IDEAS PREVIAS SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

13. En un país se construye una planta de energía nuclear con el fin de satisfacer las necesidades energéticas; las primeras pruebas muestran que la planta presenta fugas de radiación, lo cual puede ser nocivo para las personas que habitan cerca de ésta. Además, el costo de la planta ha superado los valores presupuestados inicialmente, lo cual ha originado descontento a los habitantes próximos a esta zona.

Teniendo en cuenta la información anterior, ¿cuál de las siguientes preguntas de investigación puede responderse desde el campo de las ciencias naturales?

- a. ¿Cómo encontrar un punto de equilibrio entre los procesos de compra de materiales y construcción de la planta?
- b. ¿Qué costo tiene tratar los síntomas que sufren las personas que estuvieron en contacto con la radiación?
- c. ¿Qué tipo de materiales de construcción serán los más adecuados con el fin de aislar los elementos tóxicos de la planta?
- d. ¿Cuáles son los factores que producen descontento a las personas que se encuentran cerca de la nueva planta de energía?

Tomado de: Banco de preguntas del ICFES Saber 11, Examen de estado 2015-2.

14. La Corporación Autónoma Regional del Atlántico (C.R.A) emitió recomendaciones a los organismos de socorro y alcaldías, sobre posibles efectos del paso del ciclón **Matthew** por el Caribe colombiano.

Análisis recientes del centro Nacional de Huracanes de Miami, indican una tendencia a que alcance la categoría de huracán el viernes 30 de septiembre en horas de la tarde.

Ante la probable trayectoria del sistema, se estima que las bandas de nubosidad asociadas al ciclón tropical, las cuales llevan consigo lluvias y vientos fuertes, incidan en condiciones adversas de tiempo en zonas de La Guajira, Magdalena, Cesar y Atlántico, especialmente entre los días jueves 29 de septiembre y domingo 02 de octubre de 2016, con una mayor intensidad entre el jueves y el sábado.

Tomado de **El Tiempo** en <http://www.eltiempo.com/colombia/barranquilla/riesgo-por-ciclón-matthew/16714452>.

De acuerdo al texto anterior, es posible reconocer que el análisis científico que realiza en centro Nacional de Huracanes de Miami tiene como principal propósito:

- a. Acumular experiencia que permita estudiar mejor la naturaleza de los huracanes para realizar predicciones más seguras.
- b. Entender las variaciones de presión, humedad temperatura para Informar a la comunidad acerca de cambios drástico del clima que se avecinan.
- c. Aprovechar, mediante mediciones de temperatura y presión, información que pueda arrojar el huracán Matthew para mejorar el desarrollo tecnológico que hace posible dichas mediciones.
- d. Que el centro Nacional de Huracanes de Miami sea reconocido a nivel científico, pues se requiere conocimiento y precisión que no puede aportar cualquier otro centro de investigación de huracanes a nivel mundial.

15. Dependiendo de la forma en la que se realiza el ciclo de funcionamiento en un motor de combustión interna alternativo, se puede encontrar motores de dos tiempos (2T) y de

cuatro tiempos (4T). En ambos tipos de motores se produce la secuencia de admisión, compresión, combustión-expansión y escape, con la diferencia de que los motores de 2T, estos cuatro procesos se realizan en una vuelta del cigüeñal, obteniéndose una carrera de trabajo, mientras que los motores de 4T son necesarios dos vueltas del cigüeñal. Esto implica que los motores de 2T tengan una mayor potencia de trabajo, ya que realiza sus ciclos de manera más rápida, pero en ningún caso es el doble de potente al los motores 4T.

Sin embargo, la utilización de estos motores de 2T no está extensa de inconvenientes puesto que existe un periodo a lo largo del ciclo de funcionamiento en el que una parte de la mezcla fresca aire-combustible sale al sistema de escape sin quemarse. Este fenómeno, denominado cortocircuito, que puede alcanzar valores del 20% en condiciones de funcionamiento normales, ocasiona una reducción del rendimiento térmico y, lo que es peor hoy en día, un aumento de las emisiones contaminantes en lo referente a hidrocarburos sin quemar.

Centrando la atención en el campo de las motocicletas y como consecuencia de la creciente concienciación por la conservación del medio ambiente, se observa una implantación progresiva de motores 4T, por su mayor control sobre las emisiones contaminantes pese a su menor potencia de trabajo.

Tomado y adaptado de *Modelado Unidimensional de los motores de dos tiempos de pequeña cilindrada*, En "El motor de dos tiempos. Un futuro incierto". Climent, 2004. Pág. 2-3.

De acuerdo al texto anterior, la implementación de motores de dos tiempos (2T) implicaría para los científicos e ingenieros que:

- a.** Diseñen mejores materiales y procesos que le permitan al motor 2T disminuir considerablemente las emisiones de gases contaminantes.
- b.** Cambien definitivamente el motor de 2T al 4T puesto que éste último presenta mayor ventajas en cuestiones ambientales.
- c.** Mejoren aun más la potencia del motor de 2T para que sea más eficiente en cuanto al ciclo de trabajo a pesar de que emitiría más gases contaminantes.
- d.** No es un problema para ellos ya que este motor a pesar de que contamina más no afecta al ser humano y son más económicas.

C. Anexo 3. Resultados del pre-test y pos-test.

Los estudiantes que se seleccionaron para realizar una triangulación temporal fueron: E4, E6, E9 y E12.

NOMBRE:	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		Total		
	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos	PRE	POS	pre	pos	
E1. ARIAS DIAZ JUAN FELIPE	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	7	10	3	
E2. BERNARDEZ VASQUEZ SALOME	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	8	9	1			
E3. CEDENO MORA JUAN FELIPE	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	6	8	2			
E4. DIAZ DURAN JUAN MANUEL	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	9	0			
E5. DIAZ FONSECA LUISA MARIA	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5	8	3		
E6. GARZON GUZMAN NIKOL PAMELA	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	3	-4	
E7. GALINDO MONTEALEGRE JULY TATIANA	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	5	9	4		
E8. GOMEZ POLANIA ALEJANDRA	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	6	7	1		
E9. JIMENEZ RAMOS CAMILO ANDRES	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6	13	7		
E10. MACHOLA FERDINIO CAMILO ANDRES	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6	10	4		
E11. MENDEZ ARIAS SANTIAGO	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5	12	7	
E12. RAMIREZ FLOREZ PEDRO JOSE	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	8	5		
E13. RIVERA PALAICO AIA SOFIA	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	6	6	0		
E14. ROMERO NORIEGA ORLANDO	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	8	3
TOTAL	11	6	7	10	10	11	2	13	4	4	6	9	7	9	5	9	9	13	1	5	1	6	3	4	7	7	8	4	6	84	120	36	

8. Bibliografía

1. Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114–124.
2. Aguilar S. y Borroso J. (2015), La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Medios y Educación*, Vol. 47, pp. 73-88.
3. Alvarado F. (2010). Herón de Alejandría. Un gran tecnólogo en la historia de la humanidad. *Temas para la educación*, 8, 1-7.
4. Benarroch A. (2000). La teoría cinético-corpúscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio. *Publicaciones*, 30, 149-167.
5. Bernal C. A. (2010), *Metodología de la Investigación*. Pearson Educación, Tercera edición, Colombia, p. 146.
6. Blanco A., Ruiz L. y Prieto T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la Teoría Cinético-Molecular. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 447–458.
7. Buteler L. y Coleoni E. (2012). El conocimiento físico intuitivo, la resolución de problemas en física y el lugar de las ecuaciones matemáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 435 – 452.
8. Camelo F.J y Rodríguez S. J. (2008), Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis TEA*, 23, 67 – 77.
9. Casado J. M. (1999). La teoría cinética antes de Maxwell. *Argumentos de razón técnica*, 2, 97-120.

10. Cengel Y. A. y Boles M. A. (2006), *Termodinámica*. McGraw-Hill interamericana, quinta edición, Mexico.
11. Chang R. (2002) *Química*. McGraw Hill, séptima edición. México.
12. Climent H. (2004). *Modelado unidimensional de los motores de dos tiempos de pequeña cilindrada*. Editorial Reverté, Barcelona.
13. Corral Y. (2009), Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Ciencias de la Educación*. Vol. 19 (33). Valencia. pp. 228-247
14. Cotton, F. A. (1986), *Química general superior*. Interamericana, México.
15. Edwards S. (2015). Active learning in the middle grades. *Middle School Journal*, 46(5), 26-32.
16. Eison J. (2010). Using Active Learning Instructional Strategies to Create Excitement and Enhance Learning. *Research in Science Teaching*, 11(2), 81-94.
17. Domínguez, J.M., de Pro, A. y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475.
18. Faust, J. L., & Paulson, D. R. (1998). Active learning in the college classroom. *Journal on Excellence in College Teaching*, 9 (2), 3-24.
19. Figueira M.J, Corrêa B.S. y Nardi R. (2016), *la audiencia pública simulada como recurso para el debate de cuestiones sociocientíficas*. IX congreso internacional de las ciencias, XIV taller internacional de enseñanza de la física. Didáctica de las ciencias experimentales.
20. Forero S. M. (2013). Sadi Carnot, el ciclo ideal. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, 7(3), 473-477.
21. Furió C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
22. Furió-Gómez C, Solbes J. y Furió-Mas C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3),461-475.
23. García G. A. (2009), *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza de la neumática e hidrostática*. Editorial universidad del Valle, Santiago de Cali.
24. Garcia L. y Scherer C. (1982). Ciento diez años de la teoría cinética de los gases. *Revista Mexicana de Física*, 28(2), 121-148.
25. Gil D. (1998), El papel de la Educación ante las transformaciones científico-

tecnológicas. *Iberoamericana de educación*, 18, 69-90.

26. Gil D., Carrascosa J. y Martínez (1999). El surgimiento de la didáctica como campo específico de conocimientos. *Educación y enseñanza de las ciencias*, 25, 13-64.

27. Greca I.M. y Moreira M.A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Enseñanza de la física*, 15(2), 107-120.

28. Gómez F.J., Durlan C., Cáceres S. y Mendizábal G. A. (2008). La participación pública en el contexto de los proyectos tecnológicos. *Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 4(10), 139 -157.

29. González, N. y García, M.R. (2007). El aprendizaje cooperativo como estrategia de enseñanza-aprendizaje en psicopedagogía (UC): repercusiones y valoraciones de los estudiantes, *Iberoamericana de Educación*, 42(6), 1-13.

30. Hackathorn J., Solomon E. D., Blankmeyer K. L., Tennill R. E., & Garczynski A. M. (2011). Learning by Doing: An Empirical Study of Active Teaching Techniques. *Effective Teaching*, 11,(2), 40-54.

31. Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? Foro educativo nacional Competencias científicas, Bogotá, 31-52.

32. Hernández L. (2006). *Predicción y optimización de emisiones y consumo mediante redes neuronales en motores Diésel*. Editorial Reverté, Barcelona.

33. Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill, 5o Edición, México.

34. Ibarra G., Rodríguez M. Elías A. y Caamaño J. (1997). Las máquinas hidráulicas y de fluidos a lo largo de la historia. *DYNA*, 4, 9-14.

35. Jaramillo M. (2011). *Estudio del impacto de los conceptos fundamentales de la termodinámica en el desarrollo de la máquina térmica y el surgimiento de la revolución industrial*. Trabajo de grado para optar el título de magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional, Medellín.

36. Job G. (1972). Neudarstellung der Wärmelehre – die Entropie als Wärme, (Nueva representación de la termodinámica - la entropía como calor, trad. Guzman y Mendoza), Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.

37. Linder B. (2004). *Thermodynamics and introductory statistical mechanics*. Wiley Interscience. New Jersey. p. 129

38. Martín M. (2005), Cultura científica y participación ciudadana: materiales para la educación CTS. *Revista CTS*, 2(6), 123-135.

39. Martín M. y Osorio C. (2003), Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Iberoamericana de educación*, 32, 165-210.
40. Membiela P. (2003), Un enfoque interdisciplinar en la formación científica y tecnológica de los maestros. *Ciencia y tecnología*, 38, 49-53.
41. Merino C. y Livia J. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken. *Anales de psicología*, 25(1), 169-171.
42. Ministerio de Educación Nacional (1998). Ciencias Naturales y Educación ambiental. Lineamientos curriculares. magisterio.
43. Ministerio de Educación Nacional (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales, Formar en ciencias ¡el desafío!. Guía N° 7.
44. Monroy F. (2016). *Taller experimental: Clases teórica demostrativas, prácticas interactivas*. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Maestría en enseñanza de las Ciencias exactas y Naturales, p. 27.
45. Morris R. J. (1972). Lavoisier and the Caloric Theory. *The British Journal for the history of science*, 6(21), 1-38.
46. Newburgh R. y Leff H. (2011). The Mayer-Joule Principle: The Foundation of the First Law of Thermodynamics. *The Physics Teacher*, 49, 484-487.
47. Newman J. R. (1960). The World of Mathematics. *Novello & Co. Ltd.*, Vol. 2, London, p. 774
48. Organización mundial de la salud (2012). Gases de escape de los motores Diésel son carcinógenos. *Agencia internacional de investigación contra el cáncer*, Nota de prensa N° 213.
49. Osorio C. (2002). La Educación Científica y Tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y Experiencias para la Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 61-81.
50. Otero D. (2011), *Tesis de Investigación*. Investigación cualitativa. [Blog Internet], Venezuela, Disponible: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com.co/2012/12/la-triangulacion-de-datos.html> [Consulta 2011/06/19].
51. Ornelas P. (2007). El uso del Foro de Discusión Virtual en la enseñanza. *Revista Iberoamericana de educación*, 44, 1-5.
52. Pérez J. R. (2007). La Termodinámica de Carnot a Clausius. Conferencia impartida en el Curso “La Ciencia Europea antes de la Gran Guerra”, Las Palmas de Gran Canaria,

España.

53. Pozo M. y Gómez C. (1998). *Aprender y enseñar Ciencias*. Morata, Madrid.
54. Prince M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Engineering Education*, 93(3), 223-231.
55. Pro A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la física. En Jimenez M. P. (coord.), *Aprender y enseñar ciencias*, 175-202.
56. Pro A. (1999). Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *enseñanza de las ciencias*, 1999, 17 (3), 411-429.
57. Quintero C. A. (2005). Educational Approach Science, Technology and Society (STS): educational prospects for Colombia, *Zona próxima*, 12, 222-239.
58. Ros, I. (2008). Moodle, la plataforma para la enseñanza y organización escolar. *Didáctica 2*, 1-12.
59. Sánchez G. y Valcárcel M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 33-44.
60. Serway R.A. y Beichner R. J. (2002). *Física para ciencias e ingeniería*. Mc Graw-Hill/Interamericana editores S.A. Quinta edición, tomo 1, Mexico D.C.
61. Solbes J. (2003), Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología. *Revista Ciencia y Tecnología*, 38, 8-20.
62. Sunshine G. (2012). Newcome (1664-1729) and James Watt (1736-1819). *Christians who changed their world*, 8, 1-5.
63. Sutz J. (1998), Ciencia, Tecnología y Sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular. *Iberoamericana de educación*, 18, 145-169.
64. Tobón S., Pimienta J. H. y Garcia J.A. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizajes y Evaluación de competencias*. Pearson Educación, México, p.64
65. Manassero A., Vázquez A. y Acevedo J. A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299–312.
66. Yopez O. J. (2015). Aprendizaje del comportamiento físico químico de gases, desde el desarrollo de habilidades cognitivo-linguísticas de descripción y explicación. *Horizontes Pedagógicos*. 17(1), 24-32.
67. Young, Hugh D. y Roger A. Freedman (2009). *Física universitaria*. Pearson Educación, Decimo segunda edición, Vol. 1, México.

68. Zorzoli G.B. (1978), *El dilema energético, ¿Medievo tecnocrático o humanismo social?*. Editorial H. Blume, Madrid.