

**LA CONVERTIBILIDAD COMO UNA CATEGORÍA
EPISTEMOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE LOS
FENÓMENOS FÍSICOS**

**KATHERINE ALFONSO SOTELO
DIANA CÁRDENAS VALBUENA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2015**

**LA CONVERTIBILIDAD COMO UNA CATEGORÍA
EPISTEMOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS
FÍSICOS**

**KATHERINE ALFONSO SOTELO
DIANA CÁRDENAS VALBUENA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN DOCENCIA
DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**Aseores:
Profesora SANDRA SANDOVAL OSORIO
Profesor JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ
Grupo Física y Cultura**


**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2015**

AGRADECIMIENTOS

La construcción y el desarrollo de este trabajo de grado se hizo posible gracias a la valiosa orientación que nos brindaron nuestros asesores Sandra Sandoval Osorio y José Francisco Malagón Sánchez, quienes con su paciencia y sabiduría formaron nuestro espíritu de investigación en la enseñanza de las ciencias naturales, y a quienes agradecemos haber recorrido este camino lleno de dificultades, risas, lágrimas y consejos de padres a hijas.

. Así mismo, agradecemos a nuestras familias el apoyo incondicional que nos brindaron cada día, puesto que cada palabra que nos daban era un motivo para seguir adelante con nuestro proceso. Gracias por comprendernos en los momentos en los que no pudimos compartir espacios por dedicarnos a nuestra formación, y por animarnos a continuar, pues sin sus consejos no hubiera sido posible alcanzar tan soñado triunfo.

Finalmente queremos agradecer a cada uno de los profesores y compañeros de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, quienes con sus preguntas, intervenciones y sugerencias, nos llevaron a pensar y actuar sobre el mundo de otras formas.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Excellence in Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 12	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado de maestría.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	LA CONVERTIBILIDAD COMO UNA CATEGORÍA EPISTEMOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE LOS FENÓMENOS FÍSICOS
Autor(es)	Cárdenas Valbuena, Diana Yised; Alfonso Sotelo, Katherine.
Director(es)	Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sanchez, José Francisco.
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional. 2015, 100 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	CONVERTIBILIDAD DE LOS FENÓMENOS; PROCESOS DE FORMALIZACIÓN; ACTIVIDAD EXPERIMENTAL; INVARIANTE; CONSERVACIÓN.

2. Descripción
<p>La presente investigación se centró en fundamentar y caracterizar la convertibilidad de los fenómenos como una categoría epistemológica para el análisis de los fenómenos físicos, a partir del análisis histórico y epistemológico del estudio del cambio en fenómenos mecánicos y térmicos para así desarrollar una experiencia de aula, que es un complemento de la misma, configurando entre ellas, así, una unidad. Para dar cuenta de este recorrido investigativo se caracteriza la convertibilidad a través de los procesos cognitivos implicados en la constitución de un fenómeno cuando se le asemeja a la conformación de cualquier objeto físico. En donde éste no es producto de una mera relación directa con las sensaciones sino simultáneamente de un constructo mental que implica la construcción de invariantes que posibilitan su existencia y caracterización como objeto permanente, el cual no es solo permanencia y conservación, significa identidad en el cambio. Así mismo se hace énfasis en que en las reflexiones acerca de la constitución de la convertibilidad como una categoría epistemológica, se hace pertinente el estudio del concepto de energía, como un camino para promover la construcción de una mirada crítica frente a los discursos, modelos y dinámicas de las disciplinas científicas alrededor de este concepto desde la convertibilidad de los fenómenos físicos.</p>

3. Fuentes
Las fuentes bibliográficas más indispensables que sustentan este trabajo son:

AYALA, M., ROMERO, A., MALAGÓN, J., RODRIGUEZ, O., AGUILAR, Y., GARZÓN, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Capítulo I: Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. (1ª Ed.). Universidad Pedagógica Nacional y Universidad de Antioquia, Bogotá, Colombia.

HERRMANN, F. (1983). Chemical potential– a quantity in search of recognition. Learn One Field and Understand Four: Chemistry, Electricity, Heat, and Mechanics. University of Karlsruhe, Karlsruhe, Germany

JOULE, J. (1845). Matter, Living Force, and Heat en Lindsay B. Historical development of the concept of energy.

OSTWALD, W. (1910). La energía. (9ª Ed) Francia, Paris: Editorial: Felix Alcan

PIAGET, J. (1975). Conservación y atomismo. Introducción a la epistemología genética: El pensamiento físico, Ed. Paidós, Buenos Aires, (pp. 97-139). Buenos Aires, Argentina.

SANDOVAL, S. (2008). La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias. Tesis de grado para optar al título de Maestra en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

4. Contenidos

El presente documento consta de cuatro capítulos en los que se presenta el desarrollo de toda la investigación realizada: En el **Capítulo I: Contextualización del problema** se presenta el contexto, los supuestos y las problemáticas que permiten construir los referentes que constituyen la tesis. En el **Capítulo II: La convertibilidad entre el calor y el movimiento** se describen las consideraciones históricas y epistemológicas que permiten constituir a la convertibilidad de los fenómenos como una categoría epistemológica, por lo que en este apartado se abordan los planteamientos de Piaget alrededor del análisis del papel del invariante, la conservación y su relación con el cambio, estudio que llevo a considerar la *Energía* como un invariante y desde allí a analizar los planteamientos de Ostwald y Joule en donde se abordan las maneras de hablar de un fenómeno en términos de otro fenómeno y así poder constituir equivalencias entre estos. En el **Capítulo III: La convertibilidad de los fenómenos naturales, una apuesta en los contextos escolares** se presenta el diseño e implementación de la ruta de aula, centrada en los propósitos, las características y la estructuración de las actividades desarrolladas, ilustrando la potencialidad de la propuesta en contextos escolares, ya que esta es un complemento de la tesis y configura con ella una unidad que fortalece a la convertibilidad como categoría epistemológica, y así pues no es un ejercicio de aplicación de la tesis.

Finalmente, en el **Capítulo IV: La constitución de la convertibilidad como categoría epistemológica** se muestran las características de la convertibilidad como categoría epistemológica a partir de los argumentos construidos durante los tres capítulos adicionales.

5. Metodología

La presente investigación se sustenta en el estudio de algunos textos o fuentes primarias y se recogen elementos históricos y epistemológicos que permiten constituir la convertibilidad como una categoría. Por lo anterior se ha requerido la revisión e interpretación de la perspectiva de algunos autores, considerando aquellos que postulan la energía como una magnitud integradora de los fenómenos naturales y autores que consideran la importancia de analizar cómo el sujeto construye explicaciones alrededor de dichos fenómenos naturales. Estos estudios permiten rescatar argumentos para mostrar que la ciencia es una actividad cultural donde juega la razón, en la medida que crea formas de percepción, de relacionarse con el mundo y actuar sobre él y es en este sentido en el que la ciencia es una actividad cultural.

Así mismo en el diseño de las actividades experimentales se construye una ruta de aula que es implementada en la institución educativa Tomás Carrasquilla, con el objetivo de enriquecer la convertibilidad como una categoría epistemológica a partir del análisis sobre el recorrido de los sujetos al estudiar la relación entre los fenómenos mecánicos y térmicos. Y así construir argumentos que permiten analizar el cambio desde la construcción de magnitudes y nuevos lenguajes que dan cuenta de la forma en la que el sujeto entiende el fenómeno

6. Conclusiones

Los mayores logros alcanzados con el trabajo de grado son:

En el estudio del fenómeno físico a través de la revisión de los planteamientos de Piaget, se señala que el sujeto reconoce el objeto físico en la medida en que construye los invariantes en el cambio, es decir el sujeto construye aquellas magnitudes que permanecen pero que están presentes en el cambio; lo que permite al sujeto cognitivamente reconocer el cambio de un fenómeno. En este sentido, la convertibilidad no solamente es el estudio del cambio sino que también es el estudio de la conservación.

En este orden, el invariante permite explicar de la manera más sencilla el conjunto de las variaciones, seduce así a la razón, no en cuanto a su identidad, concebida en sí misma y aislada del resto del sistema, sino en cuanto desempeña un papel activo y operatorio, que consiste en dar cuenta del cambio.

La convertibilidad entre un fenómeno y otro se da en dos direcciones, es decir un fenómeno mecánico se convierte en térmico y este a su vez se puede convertirse en un

fenómeno mecánico. Esta característica es otro elemento fundamental que constituye a la convertibilidad como una categoría epistemológica, porque cuando el sujeto analiza los efectos de los fenómenos, estos se han dado por una causa, y esta a su vez se puede convertir en otro efecto, en este sentido una causa es equivalente a un efecto.

A propósito de lo anterior, la revisión de los planteamientos de Joule muestra como el estudio de los fenómenos naturales puede entenderse a partir de la dinámica del cambio, es decir el orden del universo se puede explicar desde la convertibilidad entre fenómenos térmicos, mecánicos, químicos, eléctricos, entre otros; los cuales son mutuamente convertibles unos en otros en relación a sus efectos y se cuantifican a partir de la construcción de equivalencias que son elaboradas en las organizaciones conceptuales del sujeto.

En la construcción de los equivalentes se organiza la experiencia, y simultáneamente también lo hace el lenguaje utilizado para referirse al fenómeno y a su efecto en otro fenómeno, esto solo es posible cuando se planean actividades experimentales que amplían la base fenomenológica del sujeto y le permiten con un nuevo lenguaje precisar su estudio.

Es así, que la actividad experimental da lugar a la organización y ampliación de la experiencia sensible de los sujetos, en donde este construye maneras de organizar, de medir y de hablar del fenómeno que busca explicar, y es en este proceso donde cada vez construye más explicaciones, que dan lugar a un proceso de formalización. Por lo anterior, se concluye que los procesos de formalización están directamente relacionados con la actividad experimental.

La ruta construida aporta elementos conceptuales que afianzan las maneras de organizar el estudio de los fenómenos, por ejemplo en los primeros momentos de la ruta de aula, los estudiantes se refieren a los fenómenos térmicos al hacer explícitos los modos de hablar de los estados del sistema, es decir se refieren a lo frío o a lo caliente, lo que en otro momento de la ruta se transforma en la identificación de la temperatura como magnitud que cambia en el sistema, y al finalizar la ruta, se observa que los estudiantes utilizan un instrumento de medida para caracterizar esta magnitud de acuerdo a los efectos que generan en otro tipo de fenómenos, constituyendo así una equivalencia entre dichos fenómenos.

En este orden de ideas, la ruta de aula aporta a la constitución de la convertibilidad como categoría epistemológica en el sentido en el que favorece los procesos de formalización en el estudio del fenómeno. Así pues, la actividad experimental se retoma desde un punto de vista dinámico, donde su análisis ya no se restringe a los resultados o productos sino que se ubica dentro de la actividad de construir conocimiento y permite al sujeto relacionarse con el mundo. Desde esta mirada, la actividad experimental es una parte constitutiva del proceso de enseñanza de las ciencias naturales y no solamente

una metodología de trabajo en el aula de clases. Los procesos de formalización, que realiza el sujeto, del estudio de los fenómenos a partir de la convertibilidad, se dan desde la construcción de una contabilidad del cambio, la cual permite elaborar equivalencias entre diferentes fenómenos y así hablar de los efectos de un fenómeno en términos de otro fenómeno.

Por lo anterior la convertibilidad se sitúa como una categoría, en la medida en que como menciona Joule permite explicar la conversión entre diferentes tipos de fenómenos relacionados con el calor, la vis viva, la atracción gravitacional y la luz, lo cual posibilita la comprensión de fenómenos desde una postura estructural y dinámica, en donde no solamente se estudia la convertibilidad entre un tipo de fenómeno y otro, sino que también es posible estudiar la convertibilidad de los efectos entre fenómenos que en principio se consideran de la misma clase, como por ejemplo la convertibilidad entre la configuración espacial y la velocidad que pueden ser considerados parte de los fenómenos mecánicos.

Elaborado por:	Katherine Alfonso Sotelo y Diana Cárdenas Valbuena
Revisado por:	María Mercedes Ayala e Isabel Garzón Barragan

Fecha de elaboración del Resumen:	01	12	2015
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. Objetivo general.....	15
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. ESTRATEGIAS E IMPLICACIONES METODOLÓGICAS.....	18
1.3.1. Fuentes para la investigación.....	20
1.3.2. Procedimientos para el tratamiento de las fuentes de investigación.....	20
1.4. ANTECEDENTES.....	21
2. LA CONVERTIBILIDAD ENTRE EL CALOR Y EL MOVIMIENTO.....	24
2.1. A PROPÓSITO DE LA CONSERVACIÓN Y EL CAMBIO.....	24
2.2. EL ESTUDIO DE LA ENERGÍA DESDE LA MIRADA DE OSTWALD Y JOULE.....	28
2.3. LA FORMALIZACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LAS CLASES DE CIENCIAS NATURALES.....	35
3. LA CONVERTIBILIDAD DE LOS FENOMENOS NATURALES: UNA APUESTA EN LOS CONTEXTOS ESCOLARES.....	40
3.1. Desde la descripción y análisis de las magnitudes que cambian y no cambian en un fenómeno.....	71
3.2. Desde la elaboración de escalas y formas de medir los cambios en un fenómeno mecánico y térmico.....	72
3.3. Desde la contabilidad del cambio de un fenómeno mecánico respecto al cambio en un fenómeno térmico.....	72
3.4. Desde la construcción de equivalencias de un fenómeno mecánico en un fenómeno térmico y viceversa.....	73
4. CONCLUSIONES: LA CONSTITUCIÓN DE LA CONVERTIBILIDAD COMO CATEGORÍA EPISTEMOLOGICA.....	75
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Momentos, propósitos y actividades de la ruta de aula.....	42
Tabla 2. Análisis de resultados primera actividad- Momento 1.....	44
Tabla 3. Análisis de resultados segunda actividad- Momento 1.....	47
Tabla 4. Análisis de resultados tercera actividad- Momento 1.....	51
Tabla 5. Análisis de resultados actividad- Momento 2.....	59
Tabla 6. Descripción actividad experimental de equivalente mecánico del calor.....	63
Tabla 7. Análisis de resultados actividad- Momento 4.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología de la investigación.....	19
Figura 2. Expresiones energía mecánica.....	36
Figura 3. Aspectos transversales de la ruta de aula.....	41
Figura 4. Moldeando el cambio y la conservación.....	44
Figura 5. El viaje de la esfera.....	46
Figura 6. Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua.....	51
Figura 7. Experimento del tubo de perdigones.....	59
Figura 8. Equivalente mecánico del calor de Cavendish.....	63
Figura 9. Construyendo nuevas ideas.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Moldeando el cambio y la conservación

Anexo 2. El viaje de la esfera

Anexo 3. Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua

Anexo 4. Experimento del tubo de Perdigones

Anexo 5. Construyendo nuevas ideas

CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

En el ejercicio docente se observa que los procesos de enseñanza de las ciencias naturales no solamente están relacionados con la comprensión de los saberes científicos, sino que involucran las maneras de proceder de los estudiantes y de los docentes frente al estudio de los fenómenos naturales; sin embargo en las aulas escolares se observa que aún existe una preocupación de los docentes porque los estudiantes repitan los resultados científicos, lo que se convierte en una manera de validar que se ha alcanzado el conocimiento, y que el quehacer de los científicos está organizado y se puede reproducir siempre en las mismas condiciones; desde esta perspectiva el conocimiento no se construye en el aula escolar, por el contrario lo producen, personas ajenas a las mismas que actúan sobre la naturaleza siguiendo protocolos determinados que implican un recorrido extenso en el estudio de las ciencias naturales.

El proceder del docente en el aula escolar se encuentra en estrecha relación con sus imágenes de ciencia. Por un lado, se concibe la ciencia como un aglomerado de resultados y por otro, como una construcción cultural donde el conocimiento no es el resultado o el producto de la verdad, sino que en su construcción se contempla la actividad misma de las comunidades, es decir sus posiciones frente al mundo, la política, los conflictos, entre otros factores que ubican a la ciencia como un sistema cultural, tal como afirma Elkana (1983) “la ciencia es un sistema cultural porque esta históricamente construida, sometida a modelos de juicio históricamente contruidos, es posible cuestionarla, discutirla, afirmarla, desarrollarla, formularla, contemplarla e incluso enseñarla” (Elkana, Y., 1983, Pág. 14).

Desde esta perspectiva, la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales centra algunas de sus discusiones sobre la pertinencia y relación de contenidos disciplinares, los aportes del conocimiento científico en la solución de problemas contextuales, la consolidación de dinámicas para las prácticas de enseñanza, el sentido de la escuela y la enseñanza de las ciencias naturales en un mundo en constante cambio como el actual; dinámicas que permiten cuestionar constantemente la labor del docente. Al

respecto, el grupo de Física y Cultura ha adelantado reflexiones frente a la visión de la formalización de los fenómenos físicos en el aula escolar, teniendo en cuenta que esta se confunde con la aplicación de algoritmos y fórmulas matemáticas de las teorías científicas.

La formalización de los fenómenos naturales puede ser considerada como un proceso cognitivo en el que el sujeto organiza sus experiencias y al hacerlo establece formas de actuar y pensar frente al fenómeno, lo que pone en cuestión considerarla únicamente como la representación matemática sin un sentido físico del fenómeno. Sin embargo, en esta investigación no se niegan las construcciones matemáticas, cuando estas surgen de los procesos de organización de los fenómenos, y permiten explicar las relaciones entre las magnitudes construidas para hablar de estos.

Ahora bien, este proceso al que se le denomina formalización está estrechamente relacionado con el estudio de los fenómenos y con el papel de la actividad experimental en el aula escolar. Lo anterior, merece el estudio de los supuestos que permiten establecer dicha relación, lo que ha hecho necesaria una indagación documental e interpretativa que se muestra en el desarrollo de la investigación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la formalización como un proceso cognitivo donde los sujetos organizan sus experiencias y elaboran maneras para reorganizar sus explicaciones¹, se favorece la construcción de conocimiento científico, porque así se construyen lenguajes para referirse al fenómeno, se establecen escalas para las cualidades de éste y se elaboran instrumentos de medida. Es decir, el sujeto construye descripciones de los fenómenos en donde caracteriza los efectos, realiza comparaciones en las que establecen criterios de orden o de agrupación y construye relaciones entre los distintos criterios.

Lo anterior, se manifiesta en el estudio de los fenómenos naturales cuando ocurre un cambio, en este momento el sujeto refleja la necesidad de explicar cómo reconocer este cambio, y para ello identifica las cualidades que cambian y no cambian, es decir

¹ Se entienden como la construcción y establecimiento de relaciones entre ideas que permiten dar cuenta del estudio de un fenómeno.

se pregunta por la causa del cambio y las condiciones que hacen que otras cualidades no cambien. Como afirma Ayala *et al* (1998):

“Un cambio de estado de cualquier cuerpo, cualquiera que sea, remite a preguntarse por la causa de ese cambio; es así, como se suele hablar de calor para designar la causa del cambio del estado térmico de un cuerpo (...) Sin embargo, hay otras maneras de dar cuenta de la causa de tal cambio de estado. Por ejemplo, se piensa que para poder mantener la temperatura de un cuerpo se requiere que el entorno de él esté a la misma temperatura que éste, en el mismo estado térmico” (Ayala, M., et al, 1998: p. 5)

En este sentido cuando la causa del cambio produce el cambio, el efecto queda expuesto a ser la causa de otro cambio, lo que permite pensar en una cadena de causa-efecto, donde un efecto produce otro efecto, y este último a su vez produce otro y así sucesivamente, lo que hace que ningún miembro del fenómeno se anule. En estos términos, si los efectos de un fenómeno no solo se manifiestan en el mismo fenómeno, sino que también lo hacen en el cambio de otro fenómeno, el cambio de este último se considera el efecto del primero. Entonces se puede hablar de los efectos de un fenómeno en términos de los efectos de otro fenómeno, a lo que se denomina desde el grupo de investigación convertibilidad de los fenómenos.

Por lo descrito en los párrafos anteriores, se plantea la siguiente tesis: **El análisis de la convertibilidad de los fenómenos favorece los procesos de formalización en las clases de ciencias naturales.**

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Fundamentar la convertibilidad de los fenómenos como una categoría epistemológica que fortalezca los procesos de formalización en el aula, a partir de la profundización en elementos de tipo histórico y epistemológico.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los planteamientos de Piaget, Joule, Ostwald y Mayer, que brindan elementos para la caracterización de los procesos de conservación y convertibilidad en los fenómenos.
- Mostrar la relación entre la actividad experimental y los procesos de formalización en la enseñanza de las ciencias naturales.
- Elaborar una ruta de actividades experimentales que permitan analizar la convertibilidad entre diferentes fenómenos naturales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la constitución de la convertibilidad como una categoría epistemológica, para el estudio de los fenómenos físicos, surge la necesidad de considerar elementos históricos que permiten comprender las dinámicas que se han dado alrededor del cambio, es decir aquellos desarrollos que dan lugar a concebir magnitudes que relacionan diferentes fenómenos o similitudes estructurales en diferentes campos de las ciencias naturales. Al respecto Herrmann (1983) considera que:

“Los diversos subcampos de la ciencia, han llegado a ser más bien, independientes unos de otros. Fueron desarrollados en diferentes momentos y por diferentes personas, como consecuencia las similitudes estructurales no se manifiestan en las representaciones de estos campos. (...) si estos campos se presentan convenientemente, cada uno de ellos aparece como un caso especial de una estructura general”² (Herrmann, F. (1983): p.1).

Herrmann privilegia la construcción de una única estructura con la que se pueden caracterizar diferentes fenómenos, es decir considera que los fenómenos de diferentes tipos pueden ser representados en una estructura general a partir del estudio de las magnitudes intensivas y extensivas que permiten caracterizarlo, por ejemplo él

² Traducción libre de las autoras de Chemical potential – a quantity in search of recognition.

considera el potencial químico como una cantidad elemental en el estudio de los fenómenos químicos que se encuentra involucrado en el transporte de sustancias, que sería equivalente a el potencial eléctrico en los fenómenos eléctricos que está involucrado con el transporte eléctrico, a la temperatura en los fenómenos térmicos que está relacionada con el flujo de entropía y la velocidad en los fenómenos mecánicos que está relacionada con una transferencia de momento; posteriormente en la ecuación que define el flujo de energía relaciona las magnitudes mencionadas para los cuatro subcampos de las ciencias usando la misma estructura general; sin embargo la preocupación de esta investigación difiere de esta mirada en la medida en que se busca construir una manera de hablar de un fenómeno en los términos de otro fenómeno y no de hacer equivalente la forma en la que se estudia cada uno de ellos.

Para conseguirlo, la actividad experimental emerge, desde una perspectiva fenomenológica, como el camino en el cual los sujetos amplían su experiencia acerca del mundo natural, organizan sus observaciones, y construyen nuevas explicaciones de los fenómenos naturales, es decir, el experimento está en íntima relación con el proceso de formalización de los fenómenos estudiados.

El estudio de los diferentes fenómenos naturales, la construcción de las magnitudes y las relaciones entre ellas, permite que los sujetos alcancen diferentes niveles de organización, estos dependen de los referentes conceptuales y de allí que cobre importancia el tipo de análisis que se construye de la actividad experimental. Por lo anterior, las actividades experimentales permiten estudiar la relación entre los fenómenos térmicos y mecánicos, haciendo de la medición y de los instrumentos de medición un producto de las comprensiones de las fenomenologías abordadas.

Este trabajo de investigación no solamente reconoce la importancia de los presupuestos conceptuales de los sujetos, sino que además los convierte en objeto de análisis y reflexión; lo cual se constituye en referente para la fundamentación de la convertibilidad y la construcción de fenómenos naturales; de esta manera aporta al grupo de investigación Física y Cultura, en cuanto coloca el acento en la relación entre la actividad experimental y los procesos de formalización en las aulas escolares. En

ese orden de ideas, los sujetos tienen la posibilidad de involucrarse en el campo de las ciencias naturales para comprenderlo como una actividad que se desarrolla a través de comunidades, que no está terminada y en la cual el sujeto puede intervenir.

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseña e implementa una ruta de aula que brinda argumentos a la investigación, alrededor de las formas en las que los sujetos analizan los cambios en los fenómenos físicos, pero no se sitúa como su fin. La ruta permite explorar la propuesta de la tesis desde los contextos escolares considerando los elementos históricos dentro de su construcción, no como referentes externos a su constitución, sino como factores que convierten el aula escolar en un escenario en el que es posible familiarizar a los sujetos con la ciencia.

1.3. ESTRATEGIAS E IMPLICACIONES METODOLÓGICAS

En este trabajo se parte del estudio de algunos textos o fuentes primarias y se recogen elementos históricos y epistemológicos que permiten constituir la convertibilidad como una categoría.

Por lo anterior se ha requerido la revisión e interpretación de la perspectiva de algunos autores, considerando aquellos que postulan la energía como una magnitud integradora de los fenómenos naturales y autores que consideran la importancia de analizar cómo el sujeto construye explicaciones alrededor de dichos fenómenos naturales. Estos estudios permiten rescatar argumentos para mostrar que la ciencia es una actividad cultural donde juega la razón, en la medida que crea formas de percepción, de relacionarse con el mundo y actuar sobre él y es en este sentido en el que la ciencia es una actividad cultural.

En este marco del proceso investigativo es pertinente señalar las siguientes fases:

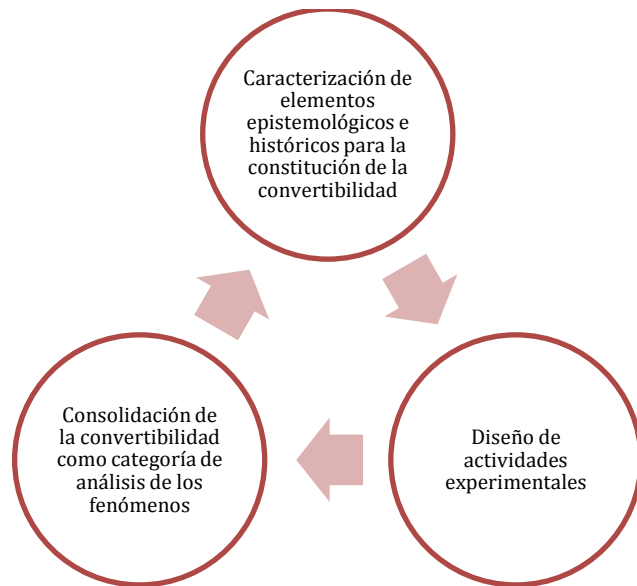


Figura 1. Metodología de la investigación

En la primera fase que consiste en la caracterización de elementos epistemológicos e históricos para la constitución de la convertibilidad se ahonda en los planteamientos de Piaget, en cuanto a las maneras de proceder de un sujeto frente al estudio de un fenómeno, de allí que el análisis del cambio sea posible cuando el sujeto admite la existencia de los invariantes; asimismo se revisan los planteamientos de Ostwald, en cuanto plasma el desarrollo de ideas de otros autores para elaborar la caracterización de la energía en los fenómenos naturales; finalmente se revisan los planteamientos de Joule acerca del equivalente mecánico del calor, en donde los argumentos experimentales y conceptuales permiten establecer una relación entre un fenómeno térmico y uno mecánico.

En el diseño de las actividades experimentales se construye una ruta de aula que es implementada en la institución educativa Tomás Carrasquilla, con el objetivo de enriquecer la convertibilidad como una categoría epistemológica a partir del análisis sobre el recorrido de los sujetos al estudiar la relación entre los fenómenos mecánicos y térmicos.

En la tercera fase del proceso de investigación se recogen los elementos de las fases anteriores para construir argumentos que permiten analizar el cambio desde la

construcción de magnitudes y nuevos lenguajes que dan cuenta de la forma en la que el sujeto entiende el fenómeno.

El desarrollo de las fases mencionadas no es unidireccional, porque cada fase se realimenta de la otra, por ejemplo la fase 1 brinda elementos para el desarrollo de la fase 2 y 3 pero a su vez la fase 2 cuestiona los elementos de la fase 1.

1.3.1 Fuentes para la investigación

Para la construcción de la tesis de investigación y su desarrollo se toman fuentes primarias y se selecciona material relacionado con el desarrollo del concepto de energía, teniendo en cuenta que estos permiten construir ideas alrededor de:

- Los problemas que han posibilitado la formación y el desarrollo de los conceptos de las ciencias naturales.
- Las condiciones en las que estos problemas se plantean.
- Las respuestas y formas de abordarlos que se han elaborado.
- Los elementos comunes y diferencias básicas entre diferentes posturas conceptuales.

1.3.2 Procedimientos para el tratamiento de las fuentes de investigación

En el análisis de las fuentes primarias se busca establecer un dialogo con los autores para construir una estructuración particular de las clases de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver los problemas ya estudiados, desde nuevas perspectivas constituyendo opciones para la enseñanza de las ciencias naturales, a partir de:

- Configurar una mirada sobre el fenómeno abordado en las fuentes primarias.
- Valorar y caracterizar los aportes de los autores.
- Elaborar criterios para orientar los procesos de conocimiento en el aula.

Desde esta perspectiva la revisión de las fuentes primarias conlleva a un análisis de la historia de las ciencias no como el recuento de hechos científicos sino como afirma M. Ayala (2006) “ (...) permiten elaborar y poner de relieve concepciones de mundo,

formas de abordar, problemas centrales y sistemas conceptuales en torno a los fenómenos analizados, así como destacar la fenomenología que es compatible con cada planteamiento teórico. El análisis de estos a su vez es una fuente de elementos para proponer estructuraciones de la disciplina que respondan a las condiciones cognitivas de los estudiantes así como a los desarrollos disciplinares y que permitan hacer evidentes los nexos con los esquemas del conocimiento común” (Ayala, 2006: p. 32)

1.4. ANTECEDENTES

Durante la constitución de la convertibilidad como categoría epistemológica en el análisis del cambio en los fenómenos, para favorecer los procesos de formalización en las clases de ciencias naturales, se revisan investigaciones que se han desarrollado a propósito de la convertibilidad, de la energía, de los procesos cognitivos de los sujetos y de cómo se concibe la enseñanza de la física y su relación con la experiencia y el experimento.

Cuando en un fenómeno natural ocurren cambios, surgen preguntas que para ser resueltas implican un análisis de lo que hace posible al sujeto reconocer este cambio, este proceso se da cuando en el mismo fenómeno el sujeto identifica cosas que no cambiaron, de lo contrario no podría hablar de un cambio sino de un fenómeno nuevo. En esta línea la tesis titulada Génesis del principio de conservación de la energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicaciones espontáneas por Rosa Inés Pedreros (1995), presenta alternativas didácticas alrededor del principio de conservación de la energía, teniendo en cuenta el papel del invariante en la actividad de conocer, su construcción y la conservación en los procesos de enseñanza; lo que motivo ahondar en el análisis de la conservación para comprender el cambio, como lo propone Piaget en su libro *Introducción a la epistemología genética: El pensamiento físico*. Aspectos que se describen detalladamente en el marco teórico de esta tesis.

Ahora, cuando es posible construir los invariantes en el estudio de un fenómeno se abre la posibilidad de caracterizar los efectos de su cambio en los cambios de otro fenómeno, para hacerlo posible se disponen actividades experimentales que permiten detenerse en condiciones particulares, en este orden de ideas la tesis de pregrado titulada *La convertibilidad de los fenómenos: un camino para aproximar a los estudiantes al concepto de energía*; por Katherine Alfonso y Diana Cárdenas Valbuena (2012), de la cual se retoman el experimento de Cavendish y la caída de perdigones, porque abren la puerta al análisis de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y térmicos. Teniendo en cuenta que el primero permite establecer una relación entre el trabajo mecánico por fricción entre unos conos metálicos y el aumento de temperatura del agua que contiene uno de estos. De allí que se construyan equivalencias entre un fenómeno mecánico y un fenómeno térmico. Ahora, el experimento del tubo de perdigones conlleva a desarrollar la idea de cómo medir el efecto de la caída de perdigones de plomo en el aumento de su temperatura.

En este orden de ideas, se considera que el papel del experimento en el aula escolar esta vinculado a las experiencias que los sujetos han organizado de los fenómenos mecánicos y térmicos desde su vida cotidiana, lo que conlleva a privilegiar el contexto de construcción del conocimiento a partir de la ampliación de la base fenomenológica, siendo el experimento el eje principal que propicia la elaboración de un lenguaje y escalas de medida que permiten hablar de estos fenómenos. La tesis de maestría titulada *Construcción de explicaciones desde la experiencia* por Ana Lilia Gómez Estrella e Iván Darío Flórez Rojano (2012), aporta elementos para entender la forma en la cual un estudiante organiza y reestructura sus explicaciones a través del análisis de los experimentos para alcanzar procesos de formalización que le permitan construir una idea de su mundo.

A propósito de esta mirada frente a la actividad experimental, se hace necesario construir una postura fenomenológica que aporte a los objetivos de la presente investigación. La tesis de maestría titulada *La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias* por Sandra Sandoval Osorio (2008), contribuye al análisis de los procedimientos

fenomenológicos y su relación con la actividad experimental y los procesos de formalización, porque permite profundizar en las formas de hablar que se privilegian en el estudio de los fenómenos, las cuales sitúan la necesidad de una organización de la experiencia, una elaboración de preguntas y una comprensión de los fenómenos.

2. LA CONVERTIBILIDAD ENTRE EL CALOR Y EL MOVIMIENTO

En el presente capítulo se plasman las referencias conceptuales y epistemológicas que constituyen la convertibilidad como una categoría que permite el estudio de los fenómenos naturales. Por lo que se propone abordar el análisis de la conservación y el estudio del concepto de energía, como un camino para que el sujeto reorganice su estructura conceptual frente al estudio de los fenómenos mecánicos y térmicos en el desarrollo de actividades experimentales.

2.1. A propósito de la conservación y el cambio

Al caracterizar la conservación y los invariantes que se presentan en el análisis de los sistemas físicos, surge la necesidad de abordar el capítulo de Conservación y atomismo de Jean Piaget (1975); él muestra que las relaciones entre el sujeto y el objeto físico se concentran en determinados puntos privilegiados que constituyen los invariantes de cada sistema, por lo que analiza el principio de conservación preguntándose por: “sí constituyen simultáneamente los absolutos de la realidad considerada y los invariantes operatorios del proceso deductivo que permite aprehender esa realidad, las diversas formas de conservación, ¿procederán acaso de la experiencia, de la propia deducción o de una elaboración que vincula los elementos reales con los racionales?”

La experiencia, la deducción y la elaboración permiten que el objeto solo se conciba a partir de una relación entre mente y realidad, porque como afirma Piaget “para poder pensar necesita admitir la existencia de invariantes y porque por su parte el objeto parece exigir la posesión de tales invariantes como condición de su propia existencia.” Piaget, J. 1975: p. 97), y no porque la persona sepa desde antes que el objeto físico permanece invariante.

Asimismo Piaget (1975) cita a E. Meyerson quien considera los invariantes “como la expresión más directa de la actividad de la razón y la más auténtica prueba de la realidad del objeto” (Piaget, J. 1975: p. 97). En la realidad del objeto existen principios

de conservación específicamente lógicos o matemáticos sin relación inmediata con los invariantes físicos. Este proceder le permite considerar a Meyerson que los principios físicos de conservación son las relaciones entre la deducción, la experiencia y el pensamiento lógico matemático, desde donde se reorganizan las estructuras cognitivas del sujeto, tal como afirma Piaget (1975):

“Si en cualquier campo de análisis histórico-crítico requiere como complemento una investigación psicogenética, la cuestión de las formas precientíficas de la conservación y el atomismo entraña a este respecto una respuesta precisa: El niño accede a ciertos conceptos de conservación y a cierto atomismo, en los mismos niveles en los que elabora sus estructuras lógicas y numéricas, así como sus primeros invariantes geométricos” (Piaget, J. 1975: p. 98)

Así pues, la experiencia física presupone una estructuración lógica de las acciones, formada por agrupaciones, es decir por composiciones reversibles cualitativas, aún no extensivas ni métricas, ya que es con la reversibilidad operatoria que se generan los primeros invariantes físicos en el plano lógico o pre- matemático.

Para continuar, Piaget (1975) propone tratar la conservación a partir de la comprensión del objeto físico, ya que este permanece idéntico a sí mismo, está localizado en el espacio, y es raíz del propio espacio total. Sin embargo, por más ligado que el objeto físico este a los mecanismos perceptivos, y primordialmente a las “constancias” del color, el tamaño y la forma, el objeto físico presupone sobre todo acciones, tal como la acción de reencontrar y plantea así el problema de las relaciones entre la sensación y el acto, y por lo tanto entre la identificación directa y la composición operatoria (cuya reversibilidad y asociatividad³ son prácticas que intervienen precisamente en los retornos y desvíos característicos del grupo de los desplazamientos empíricos).

De ahí que las acciones que llevan a individualizar las cualidades físicas del objeto sólo son posibles, si se encuentran vinculadas entre sí por un mínimo de operaciones que ya son de naturaleza lógico-matemática, como afirma Piaget (1975): “el objeto no

³ Operaciones del grupo INRC descritas por Jean Piaget (1985) en documento “Equilibrio de la balanza”: en él considera cuatro operaciones lógicas que se dan en los procesos de pensamiento formal y concreto del niño, estas son, identidad, inversión, reciprocidad y compensación.

es, en ninguna de sus propiedades perceptivas, producto de puras “sensaciones”, fusionadas entre sí por identificaciones directas: ya desde la percepción de los objetos, intervienen acciones (específicamente físicas), así como coordinaciones reguladoras que implican el movimiento, el espacio y un sistema de comparaciones efectivas o virtuales, es decir, elementos lógico-matemáticos” (Piaget, J. 1975: p. 102).

Para ejemplificarlo, Piaget menciona que cuando el sujeto está en edad temprana ve una proporcionalidad entre el volumen y el peso de un objeto, sin embargo cuando el sujeto va creciendo va organizando las percepciones a partir de ampliar las experiencias y utilizar las operaciones lógico-matemáticas, buscando individualizar el objeto. Dicha acción se consigue cuando el sujeto se considera dentro del sistema en el cual también está inmerso el objeto, y el cual es sometido a procesos de reversibilidad y asociatividad (desviación), desprendiéndose de la acción inmediata; para así lograr ser un invariante del sistema.

Asimismo, Piaget (1975) se refiere a las dificultades que el niño presenta al llegar a comprender que la materia se conserva cuando un trozo de plastilina, que en primera instancia se encontraba compacto, luego de alargarlo sigue teniendo la misma cantidad de materia. Sin embargo cuando el niño supera estas etapas y es capaz de afirmar que “nada ha sido quitado, ni agregado” es decir, que la cantidad de materia se considera un invariante dentro de este análisis, surgen inconvenientes en que el niño pueda generalizar de un campo a otro, es decir que pueda admitir la invarianza del volumen y el peso en la misma situación de la plastilina. En este orden de ideas, se asegura que la conservación no puede estar determinada únicamente por la identificación del proceso, sino que deben intervenir diferentes operaciones lógico-matemáticas que ayuden al estudiante a ubicarse en procesos formales de la conservación.

En estos términos el estudio de la física como ciencia no se basa únicamente en la identificación del mundo a partir de las sensaciones, y tampoco puede entenderse que en el análisis de la física se tiene que separar radicalmente la representación del mundo, de la mente del sujeto que la tiene, sino que por el contrario se debe asumir que como afirma Piaget (1975) “el punto de partida del conocimiento no es la sensación, es la acción de conjunto, de la que la percepción forma parte. El

conocimiento inicial es pues asimilación de los objetos a la acción, o sea modificación del objeto por el sujeto, y del sujeto por el objeto” (Piaget, J. 1975: p. 116)

Por consiguiente, se considera que cuando el niño constituye la conservación tanto de la materia como del peso, es producto de una organización o de un equilibramiento progresivo de acciones físicas particulares, tal como afirma Piaget (1975) “Ocurre que las formas de coordinación que intervienen en la constitución del invariante de peso, aunque semejantes a las de la materia, tampoco pueden ser disociadas de una mera generalización lógica, (...) **La sensación sólo tiene significado en relación con acciones y estas son las que constituyen las fuentes del saber**” (Piaget, J. 1975: p. 121)

Meyerson es citado por Piaget (1975) para apoyar esta idea indicando que “como la conservación es la identidad en el cambio, solo la identidad dependería de la razón, mientras que el cambio expresaría realidad racional” (Piaget, J. 1975: p. 133). Así pone de manifiesto que en vez de ser una separación entre estas dos, puede ser una conexión necesaria para la comprensión de los fenómenos físicos, a lo que Piaget (1975) afirma que: “**La identidad $A=A$ sólo es inteligible en relación con la diferencia.**” (Piaget, J. 1975: p.134)

Siendo el principio de conservación función de un sistema de interpretación de los fenómenos considerados, Piaget (1975) menciona que “su papel no solo consiste en afirmar la presencia de la identidad en el cambio, sino también en integrar estos dos aspectos de la realidad en una síntesis que abarque simultáneamente la transformación y la conservación” (Piaget, J. 1975: p. 134) y “No solo la explicación del físico se refiere en forma simultánea a la transformación y al invariante, sino que, además y esto es lo más importante, la elección del invariante está vinculada con el sistema operatorio que sirve para explicar la propia transformación” (Piaget, J. 1975: p. 135). Por lo que el invariante se ubica en una condición de la variación.

En este orden, el invariante permite explicar de la manera más sencilla el conjunto de las variaciones, seduce así a la razón, no en cuanto a su identidad, concebida en sí misma y aislada del resto del sistema, sino en cuanto desempeña un papel activo y

operatorio, que consiste en dar cuenta de la transformación. Desde esta perspectiva la convertibilidad abarca al mismo tiempo la relación entre la conservación y el cambio para estudiar el fenómeno físico, es decir cuando el sujeto es capaz de identificar en el cambio los invariantes logra hacer una representación del fenómeno físico para así construir una explicación de sus organizaciones sensibles del mundo físico.

2.2. El estudio del cambio desde la mirada de Ostwald y Joule

Ahora bien, si la enseñanza de las ciencias naturales ha sido dominada por la entrega de los productos científicos a los estudiantes, en donde se privilegian los resultados finales y/o recientes de la actividad científica, el docente no genera una preocupación alrededor de las diferentes maneras de construir el conocimiento científico, y es esta la razón por lo que la historia y la epistemología de las ciencias no se consideran en la formación de los docentes y por lo tanto en las aulas escolares. Por el contrario, el propósito de esta investigación es promover la construcción de una mirada crítica frente a los discursos, modelos y dinámicas de las disciplinas científicas alrededor del concepto de energía desde la convertibilidad de los fenómenos físicos, lo que permite visualizar la diversidad y los constantes cambios de preguntas, explicaciones, procedimientos, entre otros que posibilitan comprender que la actividad científica no está terminada.

Alrededor de esta situación, se analiza que en la cotidianidad se suele usar el término de energía para referirse por ejemplo a los estados de ánimo de las personas cuando afirman “hoy tengo energía para hacer ejercicio”, o en ocasiones para referirse a propiedades de alimentos en expresiones como “comer chocolates te llenan de energía”, o en otras situaciones de la vida diaria que divergen de las concepciones físicas que se asocian al término energía.

Por lo anterior, surge la necesidad de analizar cómo ha sido la génesis y desarrollo del concepto de energía, en la medida en que afirma Ostwald⁴ (1910), el concepto de energía ha venido tomando formas muy diversas y se ha adaptado a hechos muy

⁴ En su documento “La energía” (1910). Documento que recoge algunos aspectos históricos y epistemológicos de la construcción del concepto energía y de su caracterización en la explicación de los fenómenos físicos; constituyendo una mirada energicista.

variados, por lo que se espera de la energía la denominación de todas las esferas de la ciencias; es así que no es posible citar un fenómeno que no esté relacionado con la energía. Sin embargo, él menciona que para llegar a comprenderla se debe lograr primero liberarse de todas las nomenclaturas comunes, donde por ejemplo un hombre energético es aquel que tiene todas las capacidades para realizar una labor.

Este tipo de nomenclaturas se ponen de manifiesto no solo en la vida cotidiana, sino también en los estudios sobre la naturaleza, por ejemplo los rayos del sol que calientan nuestro cuerpo se pueden explicar a partir del calor, que una persona monte en bicicleta o el funcionamiento de un automóvil se pueden explicar a partir del trabajo químico; pero cuando un físico quiere explicar esos dos fenómenos en los mismos términos, se refiere a la energía radiante y a la energía química respectivamente. Este tipo de denominaciones no garantiza la comprensión del fenómeno en términos de la energía, pero se convierte en el primer indicio de que la energía “encarna lo real en un doble sentido”⁵. Ya que la energía permite indicar la causa del fenómeno, al mencionar lo que en él interviene, e indicar el contenido del acontecimiento. Tal como afirma Ostwald (1910): “Es un polo inmóvil en la inmovilidad de los fenómenos y a su vez es la fuerza que hace girar al mundo alrededor de dicho polo” (Ostwald, W. 1910: p. 9)

Hasta 1842 no aparece un concepto claro y general de la energía, las primeras ideas o esbozos de esta se encuentran en las reflexiones de los matemáticos y naturalistas griegos, entre los siglos XVII y XVIII; y es hasta finales del siglo XVIII donde Lagrange en su tratado de mecánica analítica menciona los alcances de la energía, pero no lo que considera energía. En la ley que postula Lagrange se proclama la imposibilidad de crear trabajo mecánico⁶, lo que se convierte en la base general de la mecánica y para analizarla se debe comprender el funcionamiento de las máquinas simples, es desde

⁵ Lo afirma Ostwald en la introducción del libro *La energía* (1910).

⁶ Ostwald señala que la relación que existe entre el principio del trabajo mecánico y el principio de los trabajos virtuales, se debe aclarar el principio de *imposibilidad del movimiento continuo*, ya que se trata de solamente del movimiento y no de cantidades de trabajo; al respecto la ciencia moderna explica que el movimiento no puede producirse solo, necesita de un trabajo, lo que hace que se produzca la diferencia entre cuerpos celestes y cuerpos terrestres, puesto que los cuerpos terrestres deben vencer fuerzas, como la de rozamiento, para conseguir el movimiento, y así pues el trabajo no se puede crear.

ahí que se afirma que cuando las fuerzas son iguales y opuestas se produce equilibrio y no hay movimiento alguno.

En este orden de ideas Aristóteles, en el estudio de la balanza admite que si los brazos de ésta son idénticos, la balanza se encuentra en equilibrio, o que también cuando los pesos y las distancias son distintos la balanza puede estar en este mismo estado. Él propone pensar en la palanca en movimiento y por razones geométricas identifica que las velocidades con las que se mueven los cuerpos son inversamente proporcionales a sus pesos. De aquí que concluya que las acciones de fuerzas diferentes son equivalentes cuando las velocidades producidas son inversamente proporcionales a dichas fuerzas.

Ostwald relaciona esta conclusión con el análisis de las investigaciones de Galileo acerca de la caída libre, ya que las fuerzas se miden por las velocidades producidas. Y también en el principio de velocidades virtuales, que después se designó desplazamientos virtuales, en donde se considera que la traslación no es lo único a tener en cuenta en el movimiento de la palanca. En donde se notó que se debían considerar dos magnitudes, el cambio sufrido por el punto donde se aplica la fuerza y la magnitud de esta, a lo que se le denomina principio de los trabajos virtuales. De ahí que el equilibrio en una máquina se da solamente cuando los trabajos virtuales se compensan.

Lo que entra en consonancia con el principio fundamental de la palanca que dedujo Arquímedes, el cual dice que: “en una palanca absolutamente simétrica no puede darse alguna rotación y si existe para la derecha, existe para la izquierda. Si es simétrica, a cada cosa de un lado corresponde otra en sentido inverso” Sin embargo en la vida real no existe una palanca simétrica, por lo que Ostwald (1910) afirma que: “cualquiera que sea el fenómeno considerado, hay siempre un número sumamente considerable de circunstancias que no tienen sobre él influencia apreciable” (Ostwald, W. 1910: p. 25)

Arquímedes afirma que no hay nada que afecte el equilibrio de la balanza más que los pesos y las distancias de los brazos y Galileo lo demuestra observando que en el plano inclinado hay equilibrio cuando un movimiento comunicado a los pesos y las

fuerzas, no determina una variación en el centro de gravedad del conjunto de los mismos puestos en movimiento. Al respecto Torricelli también realiza la observación de que el centro de gravedad de una máquina simple se ubica en el punto más bajo del espacio que esta ocupa cuando hay equilibrio, pero que también hay equilibrio cuando el centro de gravedad ocupa el punto más alto, en este caso el equilibrio es inestable y por eso no se considera para este análisis.

Al respecto Ostwald (1910) afirma que “en todo equilibrio de fuerzas cualesquiera, de cualquier modo, que sean aplicadas, siguiendo direcciones diferentes, obrando unas sobre otras mediata o inmediatamente, la suma de las energías afirmativas será igual a la de las energías negativas, tomadas afirmativamente” (Ostwald, W. 1910: p. 27). Así la energía está definida por el producto entre la fuerza y el trayecto recorrido en la dirección de la fuerza.

Sin embargo, al hacer hincapié en esta afirmación Ostwald (1910) señala que “La ciencia moderna explica que el movimiento no puede producirse solo, necesita de un trabajo” (Ostwald, W. 1910: p. 38) en donde por ejemplo cuando una máquina está en estado de equilibrio, se encuentra en reposo y para que exista movimiento debe realizarse un trabajo externo sobre ella. Lo anterior para entender que es necesario construir la noción de equilibrio a través de la de trabajo⁷.

Es así que Ostwald (1910) resalta que “La estática se refiere más al trabajo que al reposo, y por ello la estática es hasta cierto límite una ciencia del movimiento” (Ostwald, W. 1910: p. 46), es decir que si el movimiento se concibe en función del trabajo, el estado de reposo también debe poder explicarse con trabajo, bajo los mismos términos puesto que dan cuenta de una misma propiedad del cuerpo.

⁷ Ostwald señala que en ninguna maquina se consigue aumentar un trabajo, por lo que hasta donde se ha estudiado se encuentra el trabajo como una forma de energía desde su estudio en la estática. La cual se refiere más al trabajo que al reposo, y por ello “la estática es hasta cierto límite una ciencia del movimiento”.

Por ejemplo, si un cuerpo a medida que cae cambia su trabajo⁸ y no se produce otro trabajo si no que la masa del cuerpo aumenta de velocidad, entonces el trabajo se convirtió en velocidad, porque si se dispone de un experimento donde la masa debe subir con la velocidad que ganó el cuerpo, sube exactamente a la altura de donde fue lanzado. O al analizar el caso del péndulo, Ostwald (1910) señala que “al engendrar su trayecto este se transforma en algo que no es trabajo pero que por una transformación inversa puede volver a serlo y en esta transformación el cuerpo recupera la misma cantidad de trabajo que tenía inicialmente” (Ostwald, W. 1910: p. 63-64)

Desde estas reflexiones, se reafirma la idea de que la convertibilidad permite relacionar fenómenos de distinta naturaleza, es decir se logra hablar de un fenómeno en términos de otro fenómeno, a través del análisis de las magnitudes que caracterizan a cada uno de los fenómenos. Así pues, la energía como propiedad de los cuerpos en un sistema puede ser estudiada a partir de la convertibilidad de los fenómenos, porque su existencia demarca el análisis de la simultaneidad entre cambio y conservación, y además se constituye como una magnitud que relaciona todos los fenómenos del mundo natural.

Sin embargo, ¿cómo es posible hablar de una propiedad de los cuerpos en movimiento que se transforma de y en múltiples fenómenos? Al respecto Joule (1845) en su documento sobre la materia, la *vis viva* y el calor⁹, señala que la materia se define a partir de la impenetrabilidad y la extensión, en donde la primera demarca que dos cuerpos no pueden existir ni al mismo tiempo ni en el mismo lugar, y la segunda se refiere al espacio que ocupa la materia. A su vez Joule menciona que existen unas propiedades comunes a la materia: atracción gravitacional, inercia y *vis viva*.

La atracción gravitacional permite que las partes que componen la materia se mantengan juntas, por ejemplo en un cuerpo sólido sus partes tienen más atracción

⁸ En esta situación Ostwald (1910) toma el trabajo como el producto de la fuerza y el trayecto recorrido, a medida que el cuerpo cae esta relación disminuye convirtiéndose en velocidad.

⁹ Traducido de Matter, Living Force, and Heat en Lindsay B. Historical development of the concept of energy por JOULE, J. (1845).

gravitacional que en un líquido. Por otro lado la inercia se relaciona con la pasividad, en la medida en que se refiere a la incapacidad del cuerpo por cambiar su estado natural, es decir que un cuerpo en reposo no puede estar en movimiento sin cierta cantidad de fuerza que se ejerza hacia éste, o cuando un cuerpo ha sido movido de una manera recta y con velocidad constante, este nunca parará por sí mismo.

La tercera propiedad común a la materia que menciona Joule, la *vis viva*, existe con el cuerpo y en él a lo largo del curso de su movimiento, permitiendo distinguir el carácter del movimiento en su forma estacionaria, como la atracción gravitacional. La *vis viva* de los cuerpos es regulada por su peso y por la velocidad de su movimiento, en donde el peso es directamente proporcional a la *vis viva*, y ésta aumenta de forma cuadráticamente con la velocidad que lleva el cuerpo. De esta forma Joule (1845) considera que un cuerpo puede recibir *vis viva* por el impacto de otro cuerpo y por la acción de la gravitación sobre el cuerpo a través de la distancia. Es decir que se puede pensar en que levantar un peso de 1 libra a una altura de un pie equivale a dejar caer desde un pie de altura un peso de 1 libra por acción de gravedad, y éste equivalente que se señala en este ejemplo es la *vis viva*, “la más importante propiedad de la materia”¹⁰. Por lo que Joule (1845) propone que es necesario analizar la causa de esos equivalentes, de esa aparente armonía, y se pregunta “¿Cómo es posible que aunque en casi todos los fenómenos naturales somos testigos de la detención del movimiento y la aparente destrucción de la *vis viva* nos encontramos con que realmente no se ha producido ninguna pérdida de *vis viva*?” (Joule, J. 1845: p. 269)

A este grandioso interrogante Joule (1845) señala que el experimento ha demostrado que siempre que la *vis viva* es aparentemente destruida o absorbida se produce calor, en donde la cantidad de calor producido es invariable en proporción al esfuerzo empleado en el rozamiento de los cuerpos, es decir a la *vis viva* absorbida. Sin embargo, Joule (1845) indica que es importante considerar que una parte de la conversión del calor dentro de la *vis viva* toma lugar en la extensión del aire, es decir que a pesar de que en la máquina de vapor el calor generado en la caldera produce

¹⁰ Afirmación hecha por James P. Joule (1845)

movimiento, una cierta parte toma lugar en el ambiente en el cual se encuentra la máquina.

Por lo que Joule (1845) afirma que “La *vis viva* puede convertirse en calor, y este calor puede convertirse en *vis viva*” (Joule, J. 1845: p. 270), por ejemplo cuando se frotan las manos para elevar la temperatura superficial, o cuando se realiza ejercicio por cierto tiempo se producen ciertos procesos en el cuerpo que lo regulan y se manifiestan en sudor haciendo que la temperatura del cuerpo se mantenga, en estos dos ejemplos la *vis viva* se convierte en calor. Ahora, si analizamos la conversión del calor en *vis viva*, se puede señalar lo que ocurre después de que una puerta metálica es expuesta a los rayos solares por mucho tiempo, se observa que ésta no se puede abrir debido que al metal se dilató (las partículas del metal se comienzan a mover más rápido).

Al respecto Joule (1845) piensa que el calor, la *vis viva*, la atracción gravitacional y la luz son mutuamente convertibles uno en el otro, y esta forma de analizar permite comprender fenómenos desde otra postura estructural y dinámica, como el movimiento de la tierra, el choque de un meteorito y la producción de vientos, por lo que Joule (1845) afirma que “Así el calor restaurado, puede volver a contribuir con la elevación de las corrientes de aire fresco, y así el fenómeno puede repetirse interminables veces. (...) el orden del universo está dado porque en efecto el fenómeno de la naturaleza, ya sea mecánica, química, o vital, consistirá casi en su totalidad en una continua conversión de atracción a través del espacio, *vis viva*, calor, una en la otra” (Joule, J. 1845: p. 273).

Por ejemplo, cuando un cuerpo cae su altura cambia, adquiere movimiento y finalmente choca y se calienta; en este evento es posible describir procesos donde el cuerpo cambia, ya que se analiza que éste cambia su configuración espacial, luego adquiere velocidad y posteriormente cambia su estado térmico. Siguiendo este orden de ideas, es posible identificar magnitudes que varían como la posición, la velocidad y la temperatura, y a la vez encontrar magnitudes que se mantienen constantes en el proceso como la aceleración gravitacional.

En los procesos descritos anteriormente se puede evidenciar como un fenómeno se convierte en otro, al construir una equivalencia entre ellos; lo que permite hablar de la transición entre un fenómeno y otro. Esta transición puede darse en dos direcciones, es decir un fenómeno mecánico se convierte en térmico y este a su vez se puede convertir en un fenómeno mecánico, lo anterior permite comprender que un fenómeno pueda medirse en términos de otro, es decir medir el efecto en un fenómeno a través de su causa que es un efecto del otro fenómeno y en este sentido considerarse una transición en dos sentidos; estas características son otro elemento fundamental que constituye a la convertibilidad como una categoría epistemológica.

2.3. La formalización y su relación con la actividad experimental en las clases de ciencias naturales

En el estudio de los fenómenos naturales, se evidencia una organización de las estructuras conceptuales del sujeto, que para esta investigación están relacionadas con las dinámicas de enseñanza en el aula escolar. Usualmente, en la enseñanza de las ciencias naturales, especialmente en la clase de física, la conceptualización y matematización de los fenómenos usualmente se reduce a definiciones y por lo tanto a memorizaciones de las mismas, es decir a usar definiciones y algoritmos como evidencia de la comprensión de un fenómeno, por lo que la finalidad es evaluar la aprehensión de los resultados científicos. En el desarrollo de las prácticas docentes se ha hecho evidente que esta estrategia aleja a los estudiantes del estudio de un fenómeno natural, porque muestra las ciencias naturales como un cúmulo de resultados que solamente puede ser replicada pero no cuestionada; asimismo se concibe que las actividades que no están relacionadas con la resolución de problemas algorítmicos, como las actividades experimentales, no hacen parte de la formalización aunque sean necesarias en ella. Como afirma Ayala (2008):

“En la enseñanza de la física es muy común que se dé la conceptualización separada de la matematización, y por lo tanto, se proceda a ejemplificar sucesos mediante causas y ejemplos para conceptualizar, y posteriormente se adopte un modelo matemático para efectuar cálculos y operaciones que respondan a “la aplicación” de dichos conceptos en la solución de problemáticas o viceversa, “la aplicación” matemática a los conceptos físicos; el resultado de

esto termina en una falta de comprensión tanto del concepto físico como del modelo matemático, de tal forma que no se llega nunca a la elaboración de una visión del mundo físico, y se genera una distancia enorme entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere.” (Ayala, et ál, 2008: p. 18)

Un ejemplo, que permite plasmar esta dificultad, se observa en las practicas docentes¹¹, cuando algunos docentes de física abordan los contenidos de aprendizaje relacionados con las transformaciones de energía mecánica, para hacerlo suelen presentar la definición de energía cinética y de energía potencial, la primera relacionada con el movimiento de los cuerpos y la segunda con la configuración espacial de estos, por lo general luego se presenta a los estudiantes ecuaciones tales como:

$$1. \quad E_K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad 2. \quad E_P = mgh$$

Figura 2. Expresiones energía mecánica

A partir de la enunciación de estas ecuaciones usualmente, los docentes observados en las prácticas pedagógicas, nombran las variables, las definen brevemente y denotan sus usos dentro de la resolución de problemas de libros de texto, y el estudiante debe transformarlas de acuerdo a la variable por la que se indague en el problema a solucionar. Como ejercicio posterior al desarrollo de estos problemas propuestos se observa que el docente procede a verificar que los estudiantes comprenden la transformación de la energía mecánica a partir de su memorización y el uso de las ecuaciones presentadas. Adicionalmente en algunas oportunidades se vincula a la clase una actividad experimental, como el dejar deslizar un carro de juguete por una rampa, situación en la cual se solicita al estudiante medir la altura y la velocidad y se le orienta a encontrar datos numéricos, para así poder dar un grado de validez a la teoría abordada en las clases.

¹¹ Práctica docente desarrollada por las autoras de este trabajo investigativo en el colegio Eucarístico Mercedario (2013), en el Gimnasio Psicopedagógico María Isabel (2013) y en el colegio Canapro (2014) instituciones educativas de Bogotá.

De acuerdo a la tesis que defiende esta investigación el actuar del docente debe orientarse hacia la generación de dinámicas que ubiquen a la actividad experimental como una oportunidad de ampliar la base fenomenológica de los sujetos y así se constituya como un camino en la construcción de magnitudes, en su medición y como menciona Koponen (2006), que permita la definición de las cantidades físicas que posteriormente dan lugar a la creación de leyes para dar cuenta de determinados fenómenos naturales, es decir otros niveles de formalización.

La ordenación y caracterización de las cualidades del fenómeno estudiado es un proceso de formalización de estos y da lugar al desarrollo de aspectos como:

1. La creación de un lenguaje que permite al sujeto explicar el fenómeno, siguiendo a Arcá (1990) quien afirma que “Se adquiere experiencia, se habla de ella y se usa un conocimiento que ya existe y sobre el que es preciso trabajar, y haciéndolo se generan nuevas experiencias, lenguajes y conocimientos” (Arcá, M. *et al.* 1990, p. 10). En esta investigación se ha construido un lenguaje que permite hablar del cambio en diferentes campos fenomenológicos, el cual se ha denotado como convertibilidad. Esta construcción se ha desarrollado con base en el estudio de algunos fenómenos físicos que a medida que se analizan y se realizan diferentes organizaciones de ellos permiten construir varios elementos para hablar de ellos. En este sentido, el lenguaje está de la mano con las operaciones mentales que hacen posible explicar el fenómeno y está limitado en la medida que la fenomenología estudiada es organizada.

2. La búsqueda de intensidades o escalas para las cualidades identificadas: a medida que se diseñan maneras de organizar es posible caracterizar las cualidades medibles y no medibles directamente, que posteriormente permiten hablar del fenómeno, como afirma Sandoval (2008) “producto de un proceso de la organización de la experiencia sensible, son formas dinámicas que en el proceso de constitución dan origen, a través de procesos de diferenciación a las magnitudes con las que se describe el campo fenoménico al que se articula” (Sandoval, S. *et ál.* 2008,p.140).

3. La construcción de aparatos y formas de medida como producto de la comprensión de campos fenoménicos, tal como afirma Malagón (2002) “una red

teórica transforma un conjunto de alambres, resortes y tornillos en un instrumento de medida convirtiendo marcas y coincidencias en números con una significación, la de las relaciones entre ciertas magnitudes; siendo el instrumento de medida la concreción de la teoría en la que se basa” (Sandoval, S. et ál. 2011, cap. 1, p. 29).

Después de las anteriores descripciones es válido mencionar que hay distintas maneras de hablar de la formalización. A continuación se presentan aquellas que se consideran en la investigación, basados en Ayala, Garzón y Malagón (2008)¹²:

1. “Formalización de carácter pragmático”: Este tipo de formalización surge de manera inconsciente, ya que cuando el sujeto explica un suceso desde la vida cotidiana, se puede observar la organización de la experiencia que tiene el sujeto, pero sin que él no realice un análisis reflexivo de la estructura de la formalización que acaba de hacer evidente. Es así que para este trabajo investigativo este tipo de formalización se debe considerar en la medida en que el estudiante cuando llega al aula de clase ya ha realizado formalizaciones del mundo que lo rodea, pero no es consciente de su existencia y es allí donde el docente debe construir escenarios que le permitan al estudiante reorganizar su estructura conceptual y ampliar la base fenomenológica.

2. “Aplicación de las matemáticas en el análisis de los fenómenos físicos”: En este tipo de formalización se considera que la estructura matemática es la matematización del fenómeno, en donde el docente debe construir espacios que propicien la construcción de magnitudes y de su relación, para dar cuenta del fenómeno que se lleva al aula de clases, y desde allí lograr matematizar el fenómeno estudiado. Desde esta mirada la propuesta de investigación aquí plasmada encuentra sentido, puesto que la matematización de los conceptos científicos permite el análisis del proceso de formalización, el cual no está restringido a los productos de la actividad cognitiva, sino que se ubica en la actividad misma de la construcción del conocimiento.

¹² Capítulo 1: Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos del libro: Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos (2008) Universidad Pedagógica Nacional y Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia.

3. “Axiomatización de las teorías físicas y unificación de campos fenoménicos”: se considera la acción de formalización matemática de las teorías físicas como la axiomatización, es decir la acción que le permite al sujeto organizar la experiencia bajo una estructura lógica formal y examinar los grados de validez al jerarquizarlas. Es así como por ejemplo el principio de la vis viva y/o el principio de conservación de la energía, representan en el proceso de formalización una estructura que permite explicar diferentes fenómenos, y así poder hablar de diferentes magnitudes que relacionan a los fenómenos.

Los procesos de formalización en el aula escolar en el área de ciencias naturales no se encuentran alejados de la actividad experimental y no se conciben sin ella; esta da lugar a la organización y ampliación de la experiencia sensible de los sujetos, por lo que los sujetos construyen maneras de organizar, de medir y de hablar del fenómeno; en este proceso establecen relaciones entre las magnitudes de un fenómeno y otro, al realizar una contabilidad del cambio lo que les permite elaborar equivalencias entre dichos fenómenos y así hablar de los efectos de un fenómeno en términos de otro fenómeno.

En la construcción de la ruta de aula se considera que en los procesos de formalización que se dan a partir de las organizaciones, los sujetos atraviesan los tres procesos descritos anteriormente; por ejemplo cuando los sujetos estudian un fenómeno térmico inicialmente construirán maneras de hablar de lo frío y lo caliente, es decir de sus primeras sensaciones y de su cotidianidad, posteriormente a través de las organizaciones experimentales analizarán variables, las medirán, construirán magnitudes lo que finalmente le permitirán relaciones matemáticas que hablen de la relación entre las variables que definen el fenómeno.

3. LA CONVERTIBILIDAD DE LOS FENÓMENOS NATURALES: UNA APUESTA EN LOS CONTEXTOS ESCOLARES

Para caracterizar las maneras de conocer y de proceder de los sujetos frente al estudio de los fenómenos naturales, se construye una ruta de actividades experimentales, que permite recoger los planteamientos de Piaget, Ostwald y Joule respecto al estudio del cambio y la conservación en los fenómenos naturales.

La ruta de aula se diseña e implementa en un grupo de treinta y siete (37) estudiantes de grado octavo de la institución educativa distrital Tomás Carrasquilla ubicada en el barrio Simón Bolívar de la localidad Barrios Unidos. Esta institución educativa es de carácter público, de calendario A, mixto, con los niveles de educación preescolar, básica y media, y los estratos socioeconómicos de la población fluctúan entre 2 y 4; y sus edades entre 13 y 16 años.

El Proyecto Educativo Institucional se sustenta en la formación de ciudadanos consientes y participativos, capaces de interpretar su realidad y transformarla dentro de un ambiente de convivencia, basado en el respeto y en la responsabilidad social. El colegio cuenta con espacios para desarrollar diferentes actividades, como: laboratorio de física, química y biología, bibliotecas y salones por docentes, los cuales se encuentran equipados por TV y conexiones HDMI. Otro aspecto a resaltar de la población con la que se realiza la implementación, es que en principio sostienen una concepción de ciencia lineal, en la que los procesos de aprendizaje de las ciencias naturales consisten en la solución de ejercicios de un libro de texto, y no de la construcción de explicaciones de eventos del mundo natural.

Con la intención de construir espacios que propicien el estudio de los fenómenos desde la perspectiva de esta tesis en la población mencionada se diseña una ruta de aula. En la construcción de estos espacios la convertibilidad se constituye como una categoría epistemológica que permite establecer las relaciones entre los fenómenos mecánicos y térmicos y así referirse a uno de ellos en términos del otro.

Por lo que esta propuesta se enmarca en cuatro momentos fundamentales:

- Momento 1. Explorando el detalle del cambio y la conservación en fenómenos mecánicos y térmicos: Descripción y análisis de las magnitudes que cambian y que no cambian en cada fenómeno.
- Momento 2. El trueque entre el calor y el movimiento: Construcción de las relaciones entre fenómenos mecánicos y térmicos. Se busca responder la pregunta ¿Cómo es la transición entre un tipo de fenómeno y otro fenómeno.
- Momento 3. Contabilizando el cambio: Hacer una contabilidad de lo que cambia en un fenómeno mecánico respecto al cambio en el fenómeno térmico.
- Momento 4. Explorando tus comprensiones: Construir una relación general que permita hablar de un fenómeno térmico en términos de un fenómeno mecánico y viceversa, evidenciados en la explicación del funcionamiento de un artefacto.

Cada momento está compuesto por actividades que responden a un propósito particular, sin embargo estas actividades no se orientan únicamente al momento que las contiene, por el contrario se hilan para constituir la propuesta en general que gira en torno a los siguientes aspectos transversales.

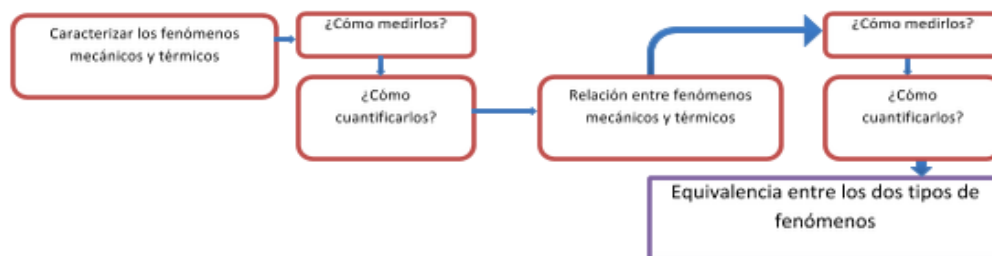


Figura 3. Aspectos transversales de la ruta de aula

Esta organización guía el diseño de la ruta de trabajo que se presenta en la siguiente tabla, en la cual se muestra cada momento, su propósito, las actividades que lo

componen, el objetivo y el tiempo de duración de cada actividad.

Momento	Propósito	Actividades	Objetivo de cada actividad	Tiempo de duración
Explorando el detalle del cambio y la conservación en fenómenos mecánicos y térmicos	Caracterizar el proceso de cambio y conservación para el análisis de los fenómenos mecánicos	Moldeando el cambio y la conservación. (Ver guía de trabajo en Anexo 1) El viaje de la esfera. (Ver guía de trabajo en Anexo 2)	Identificar procesos de conservación y cambio (Plastilina) Identificar procesos de conservación y cambio en el fenómeno mecánico. Construir una manera de medir que permita caracterizar cada fenómeno. Cuantificar los fenómenos mecánicos a partir del análisis de las magnitudes que cambian y no cambian.	30 min 70 min
	Caracterizar el proceso de cambio y conservación para el análisis de los fenómenos térmicos	Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua. (Ver guía de trabajo en Anexo 3)	Identificar procesos de conservación y cambio en los fenómenos térmicos. Cuantificar los fenómenos térmicos a partir del análisis de las magnitudes que cambian y no cambian.	100 min
El trueque entre el calor y el movimiento	Caracterizar la transición de un fenómeno mecánico a un fenómeno térmico	Experimento del tubo de perdigones. (Ver guía de trabajo en Anexo 4)	Establecer la correspondencia entre el número de giros (caída) y el aumento de temperatura de los perdigones.	100 min
Contabilizando el cambio	Hacer una contabilidad de lo que cambia en un fenómeno mecánico respecto al cambio en el fenómeno térmico.	Experimento del equivalente mecánico del calor de Cavendish	Construir la relación entre el aumento de temperatura del agua y el rozamiento entre los conos. Realizar la matematización del fenómeno, al comparar y organizar las mediciones realizadas.	100 min
Explorando tus comprensiones	Explicar el funcionamiento de un artefacto a partir del análisis de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y térmicos	Construyendo nuevas ideas. (Ver guía de trabajo en Anexo 5)	Diseñar la estructura de un artefacto que permita mostrar la idea de que el movimiento se puede convertir en calor o viceversa. Establecer relaciones de equivalencia entre los fenómenos mecánicos y térmicos. Construir un artefacto funcional que permita evidenciar la convertibilidad de fenómenos mecánicos en térmicos y/o viceversa.	100 min

Tabla 1. Momentos, propósitos y actividades de la ruta de aula

A continuación, se describen los resultados y aspectos relevantes producto de la implementación de cada una de los cuatro momentos propuestos en la ruta de aula. Se realiza un análisis de los resultados de la implementación, cuyo fin es identificar aquellos factores relacionados con la convertibilidad como una categoría epistemológica del estudio de los fenómenos térmicos y mecánicos, en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Es importante resaltar que aunque se prevé la secuencia de las actividades con anticipación, la dinámica del trabajo de aula hace necesario reformular e incluir algunas actividades.

Como estrategia de recolección de las respuestas de los estudiantes se diseñan guías de trabajo, las cuales permiten el registro riguroso de las actividades y se convierte en la memoria escrita del proceso. Por lo anterior para analizar los resultados se retoman los siguientes aspectos centrales de la ruta de aula:

- Descripción y análisis de las magnitudes que cambian y no cambian en un fenómeno.
- Elaboración de escalas y formas de medir los cambios en un fenómeno mecánico y térmico.
- Contabilidad del cambio de un fenómeno mecánico respecto al cambio en un fenómeno térmico.
- Construcción de equivalencias de un fenómeno mecánico en un fenómeno térmico y viceversa.

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada momento de la ruta de aula:

MOMENTO 1: Explorando el detalle del cambio y la conservación en fenómenos mecánicos y térmicos

Este momento se construye con la intención de que el grupo de estudiantes logre caracterizar el proceso de cambio y conservación para el estudio de los fenómenos mecánicos y térmicos, a partir de la identificación de variables presentes en cada fenómeno y la descripción detallada de los cambios e invarianzas.

Se considera necesario realizar actividades que apunten a que el estudiante construya escalas y formas de medir los fenómenos mecánicos y térmicos para posteriormente elaborar un lenguaje que les permita hablar de cada fenómeno.

A continuación se describen las tres actividades que permiten alcanzar el objetivo propuesto para este momento.

ACTIVIDAD 1: Moldeando el cambio y la conservación

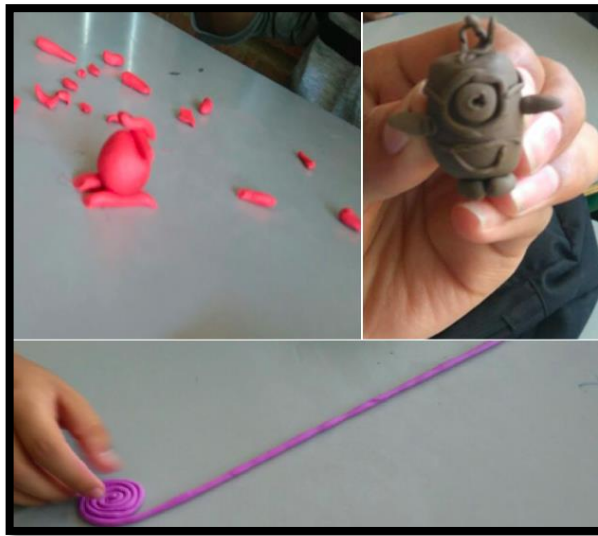


Figura 4. Moldeando el cambio y la conservación

Se organiza una primera actividad para que el grupo de estudiantes identifique los procesos de conservación y cambio al moldear un trozo de plastilina que previamente caracterizan.

En la Tabla 2. se presenta la interpretación de los resultados considerando las intencionalidades de cada pregunta propuesta en la actividad.

Pregunta	Intención	Registro	Interpretación
Caracteriza el trozo de plastilina que seleccionaron (masa, color, textura, etc.)	Identificar con detalle las características del trozo de plastilina, antes de que fuera moldeado	Grupo 7: “Nuestra plastilina es de color amarillo, es gruesa, un poco dura, tiene un olor a caucho, moldeante, mide 11,5 cm de largo y 2,5 de ancho, su peso es de 53 gramos y un grosor de 5mm, su textura es suave pegadiza y blanda”	Los estudiantes describen el trozo de plastilina fijándose principalmente en las características que son perceptibles a través de los sentidos. Asimismo, utilizan instrumentos de



			medida para precisar sus descripciones.
Moldeen el trozo de plastilina de diferentes formas y realicen diferentes figuras con este.	Representar los cambios del trozo de plastilina	<p>Grupo 1:</p>  <p>Grupo 5:</p> 	Los estudiantes realizan todos sus dibujos utilizando el mismo color de la plastilina que moldean. Lo anterior se convierte en la primera evidencia de la construcción de un invariante, en el proceso de cambio de la plastilina.
Cuando moldean la plastilina ¿La plastilina cambia? ¿Por qué?	Identificar los cambios al moldear la plastilina	<p>Grupo 2: “Si, porque depende como lo moldeemos pero no cambia la textura, cambia la forma, el tamaño, la masa”</p> <p>Grupo 7: “Si, porque tanto su masa, peso, forma y tamaño varían de su forma principal, es decir que cambian su forma rectangular y se (dividieron) dividía su peso y tamaño”</p>	<p>Los dos grupos hablan de los cambios respecto a las características iniciales de la plastilina.</p> <p>Por otro lado en el grupo 2 menciona los invariantes contruidos para poderse referir al cambio: la textura.</p>
¿Qué se mantiene cuando moldean la plastilina de diferentes formas?	Identificar qué características de la plastilina se mantienen constantes en cada figura	<p>Grupo 2: “La textura, el olor, el color porque a pesar de todas las formas que lo hagamos sigue teniendo la misma textura, el mismo color y el mismo olor”</p> <p>Grupo 7: “Se mantiene su textura y color porque de igual forma todas las figuras son amarillas y siguen siendo blandas, suaves y pegadizas”</p>	Se reafirma que los estudiantes identifican la dependencia entre cambio e invarianza, ya que para hablar de las magnitudes que se mantienen constantes señalan las que cambian.

Tabla 2. Análisis de resultados primera actividad- Momento 1

Al iniciar la sesión de trabajo con los estudiantes se entrega a cada grupo un trozo de plastilina y cuando ellos comienzan a describirla mencionan que una de sus características es el masa¹³; ante esta situación surge la necesidad de dar a conocer la balanza, como instrumento que les permite medir la cantidad de masa. El uso de este instrumento consiste en que los estudiante comparen el valor de una masa conocida con el valor de la masa desconocida del trozo de plastilina; otra característica que

¹³ Los estudiantes se refieren a la masa del trozo del plastilina como su peso.

mencionan durante de la descripción es la longitud de los lados del trozo de plastilina, para registrar esta observación se utiliza una regla y los estudiantes hablan de esa característica a través de los valores del instrumento, es decir asignan un número del instrumento a la cualidad del objeto que observan.

Por otro lado se observa que las demás características que asignan al trozo de plastilina se basan principalmente en las percepciones que ellos obtienen desde los sentidos, por lo que privilegian características como el color, la textura, el olor y sabor.

Cuando los estudiantes están describiendo el cambio del trozo de plastilina, consideran las magnitudes que no cambian, la primera de ellas se identifica en los dibujos que realizan, ya que mantienen el color de la plastilina como constante; asimismo mantienen el material y afirman que a pesar de tratarse de figuras diferentes el material con el que está hecho es el mismo.

Con esta actividad se consigue el objetivo propuesto teniendo en cuenta que los estudiantes caracterizan el cambio de la plastilina, al hacer diferentes figuras, describiendo las magnitudes de esta que se mantienen constantes durante el cambio.

ACTIVIDAD 2: El viaje de la esfera

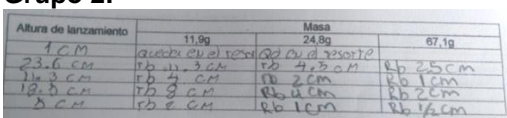
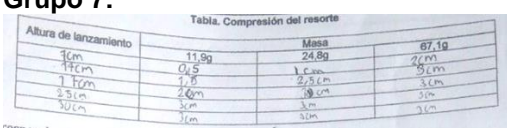
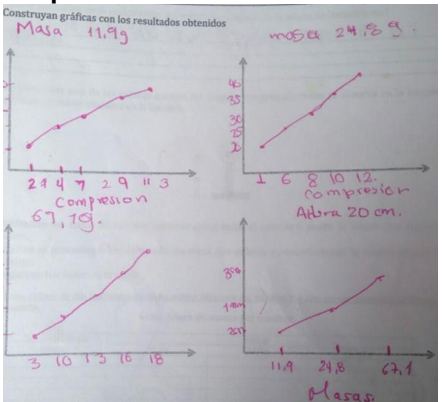


Figura 5. El viaje de la esfera

Se organiza una segunda actividad para que el grupo de estudiantes identifiquen procesos de conservación y cambio en cada lanzamiento de las esferas, para así construir una manera de medir la relación entre la compresión del resorte y la altura

que alcanza la esfera o viceversa. Posteriormente la actividad se orienta hacia la cuantificación del fenómeno mecánico a partir del análisis de las magnitudes que cambian y no cambian.

En la Tabla 3. se presenta la interpretación de los resultados considerando las intencionalidades de cada pregunta propuesta en la actividad.

Pregunta	Intención	Registro	Interpretación
Registren los datos obtenidos en la tabla	Organizar las mediciones que se realizan en la actividad experimental	<p>Grupo 2:</p>  <p>Grupo 7:</p> 	En los valores de la tabla se observa que a medida que aumenta la altura de lanzamiento y la masa de la esfera aumenta la compresión del resorte. Lo anterior permite a los estudiantes identificar las variables presentes en la organización del fenómeno.
¿Cuáles son las variables que intervienen en la organización de esta práctica?	Identificar las magnitudes que están presentes en el fenómeno mecánico estudiado, al lanzar una esfera desde cierta altura hasta deformar un resorte	<p>Grupo 2:</p> <p>“Fuerza, potencia, masa de la esfera y altura”</p> <p>Grupo 7:</p> <p>“La altura de donde se lanza la esfera/ el peso de la esfera/el tamaño de la esfera”</p>	Al reconocer la masa y la altura como las variables que intervienen, los estudiantes relacionan la masa de las esferas con la acción que estas pueden hacer sobre el resorte, es decir que cuando la masa es mayor la deformación va a ser mayor y por esta razón mencionan la fuerza.
Construyan gráficas con los resultados obtenidos	Relacionar las magnitudes presentes en el fenómeno mecánico estudiado	<p>Grupo 2:</p>  <p>Grupo 7:</p>	En las gráficas del grupo 2 se observa que a medida que la altura aumenta la compresión de cada resorte aumenta, sin embargo los valores que registran en el tabla no muestran coincidencia con los de las gráficas. Respecto a la gráfica número 4 los estudiantes toman otros valores para el eje vertical que no corresponden con la tabla de valores que registraron. En las gráficas registradas por

			<p>el grupo 7 se observa que realizan una gráfica por cada altura para las tres masas, en donde se observa una relación directamente proporcional entre la masa y la altura.</p>								
¿De qué depende la compresión del resorte?	Identificar la relación entre altura, masa y deformación del resorte	<p>Grupo 2: "Del peso de la esfera"</p> <p>Grupo 7: "La masa de las esferas, la altura de donde se lance, y el peso de la esfera"</p>	<p>El grupo 2 identifica la masa de la esfera como la única variable responsable de la compresión del resorte. Por el contrario el grupo 7 considera que aparte de la masa, la altura de donde es lanzada la esfera también afecta la compresión del resorte.</p>								
¿Cuáles magnitudes se mantienen en cada lanzamiento?	Identificar qué magnitudes se mantienen constantes en los lanzamientos de cada esfera	<p>Grupo 2: "En la tabla las de abajo (las de 5, en todas las masas)"</p> <p>Grupo 7: "El peso y la masa de la esfera"</p>	<p>Los estudiantes del grupo 2 miden la misma deformación en los lanzamientos con dos esferas diferentes, por lo que consideran que es la deformación la que se mantiene constante. Respecto al grupo 7 se encuentra que los estudiantes identifican que a pesar de que varía la altura de lanzamiento y la deformación, la masa de cada esfera es la misma.</p>								
¿Cómo hablarían de la compresión del resorte en función de la altura de lanzamiento?	Construir un lenguaje para hablar del fenómenos en términos de la convertibilidad.	<p>Grupo 2: "Que con cada lanzamiento ya sea alto o bajo, siempre hará una compresión "</p> <p>Grupo 7: "Entre más peso tenga la esfera y más alto se lance más se recoge el resorte "</p>	<p>En este momento aún los estudiantes no se refieren a un efecto en función del otro, sin embargo identifican que al lanzar las esferas desde una mayor altura mayor es la deformación del resorte.</p>								
Cuando se comprime el resorte											
Registren tus datos en la tabla	Organizar las mediciones realizadas en la actividad experimental	<p>Grupo 7:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Compresión del resorte</th> <th>Masa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 cm</td> <td>11.9g</td> </tr> <tr> <td>2 cm</td> <td>24.8g</td> </tr> <tr> <td>3 cm</td> <td>37.6g</td> </tr> </tbody> </table>	Compresión del resorte	Masa	1 cm	11.9g	2 cm	24.8g	3 cm	37.6g	<p>En los resultados presentados se muestra que a mayor masa de la esfera es mayor la deformación del resorte. Sin embargo, entre mayor cuando los</p>
Compresión del resorte	Masa										
1 cm	11.9g										
2 cm	24.8g										
3 cm	37.6g										

			resortes se comprimen la misma distancia y se lanzan diferentes masas, la altura es menor.
¿Cuáles son las variables que intervienen en la realización de esta práctica?	Identificar las magnitudes que están presentes en el fenómeno mecánico estudiado, al lanzar una esfera desde cierta altura hasta deformar un resorte	Grupo 7: "Peso, masa, altura y compresión"	Para los estudiantes las variables que identifican del fenómeno son únicamente las que pueden medir. Por otro lado ellos identifican la masa del cuerpo como una variable diferente del peso.
¿Son iguales que las gráficas de la situación anterior? ¿Por qué?	Identificar que en las dos situaciones se evidencia un proceso de convertibilidad	Grupo 7: "No son iguales porque en las primeras gráficas se muestra que se lanzan las esferas desde una altura para comprimir el resorte, y las otras comprimir el resorte para ver qué altura alcanzan las bolas"	Los estudiantes identifican la diferencia en los experimentos que realizan, sin embargo no muestran las relaciones presentadas en las gráficas.
¿De qué depende la altura que alcanza la esfera?	Identificar la relación entre altura, alcanzada por la esfera, su masa y la deformación del resorte	Grupo 7: "De la compresión del resorte y de la masa de la bola"	Los estudiantes identifican que la altura alcanzada por la esfera depende de la compresión del resorte y de la masa, sin embargo en este momento aún no describen cómo es la relación de esas variables.
¿Cuáles magnitudes cambian en cada lanzamiento? y ¿cuáles magnitudes se mantienen en cada lanzamiento?	Identificar qué magnitudes cambian y cuales se mantienen constantes en los lanzamientos de cada esfera	Grupo 7: "Cambian la altura y la compresión del resorte, y se mantiene la masa de la esfera y el peso"	Los estudiantes identifican con claridad las variables que cambian como la altura y la compresión, y las variables que se mantienen en la experiencia, indicando nuevamente la masa y el peso de la esfera.
¿Cómo hablarían de la altura que alcanza la esfera en función de la compresión del resorte?	Construir un lenguaje para hablar del fenómeno en términos de la convertibilidad	Grupo 7: "Entre más se comprima el resorte más altura alcanzan las bolas"	Los estudiantes identifican la relación entre la compresión del resorte y la altura alcanzada por las esferas, sin embargo no hablan de esta relación en términos de la convertibilidad. Respuesta análoga a la encontrada en la primera

			situación, lo que permite afirmar que encuentran la misma relación cuando la esfera es lanzada desde una altura o cuando es lanzada a través de la compresión del resorte.
--	--	--	--

Tabla 3. Análisis de resultados segunda actividad- Momento 1

En el desarrollo de esta actividad los estudiantes identifican las variables que cambian como la altura de lanzamiento y la compresión del resorte en función de las magnitudes que no cambian como la masa de la esfera, logrando así caracterizar un cambio de configuración espacial de una esfera en la deformación de un resorte; lo que para esta investigación da cuenta de la caracterización de un fenómeno mecánico. De allí que se resalte como los estudiantes para hablar de lo que cambia deben señalar lo que se está manteniendo en el proceso, es decir los invariantes. En las dos fases de esta actividad se observa que los estudiantes construyen una relación de proporcionalidad entre la altura y la deformación del resorte, pero al preguntar por una relación general de las dos fases de la actividad, los estudiantes no logran elaborar una equivalencia entre la altura de lanzamiento y la deformación del resorte, viendo estas dos fases como fenómenos diferentes.

Lo anterior permite considerar que se alcanza el objetivo propuesto para la actividad en la medida en que los estudiantes identifican los procesos de conservación y cambio en cada lanzamiento de las esferas, y a partir de esto construyen una relación de proporcionalidad entre las magnitudes que varían.

ACTIVIDAD 3: Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua.



Figura 6. Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua.

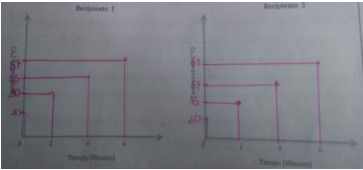
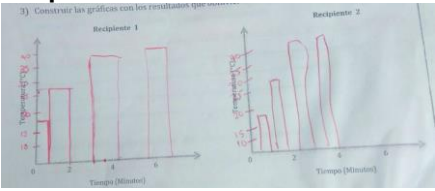
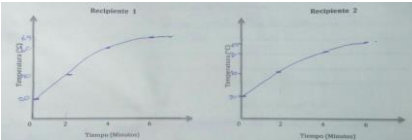
Se organiza una tercera actividad para que los estudiantes identifiquen procesos de conservación y cambio en el fenómeno térmico estudiado, y así construyan una manera de medir la relación entre masa, temperatura y calor. Por lo que posteriormente la actividad se orienta hacia la cuantificación del fenómeno térmico estudiado, a partir del análisis de las magnitudes que cambian y no cambian. Con esta actividad se busca que los estudiantes identifiquen que la cantidad de calor depende de la masa y de la temperatura.

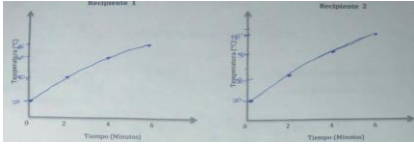
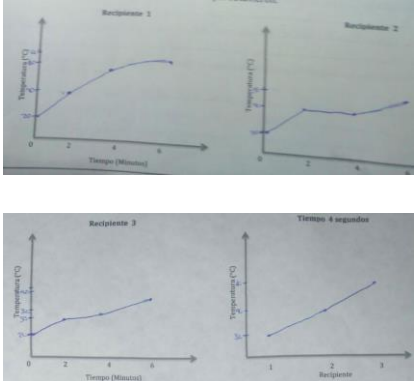
En la Tabla 4. se presenta la interpretación de los resultados a la luz de las intencionalidades de cada pregunta propuesta en la actividad, la cual se basó en el análisis de tres situaciones particulares:

Pregunta	Intención	Situación	Registro	Interpretación																	
Registrar los valores de la tabla	Organizar las mediciones realizadas en la actividad experimental	Dos recipientes con la misma masa de agua	<p>Grupo 4:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (Minutos)</th> <th colspan="2">Temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>Recipiente 1</th> <th>Recipiente 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>19 °C</td> <td>19 °C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>21 °C</td> <td>21 °C</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>28 °C</td> <td>40 °C</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>39 °C</td> <td>40 °C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Grupo 7</p>	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)		Recipiente 1	Recipiente 2	0	19 °C	19 °C	2	21 °C	21 °C	4	28 °C	40 °C	6	39 °C	40 °C	En los registros de los estudiantes se muestra que para los dos recipientes las mediciones son iguales, lo que se esperaba teniendo en cuenta que la cantidad de agua y el tiempo que se expone en la
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)																				
	Recipiente 1	Recipiente 2																			
0	19 °C	19 °C																			
2	21 °C	21 °C																			
4	28 °C	40 °C																			
6	39 °C	40 °C																			

			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (Minutos)</th> <th colspan="2">Temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>Recipiente 1</th> <th>Recipiente 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)		Recipiente 1	Recipiente 2	0	20	20	2	20	20	4	20	20	6	20	20	<p>estufa cada recipiente es el mismo.</p> <p>En el grupo 4 los estudiantes identifican una variación mínima de los valores, sin embargo en sus discursos manifiestan que si era la misma cantidad de agua y midiendo la temperatura en el mismo tiempo estos valores deben coincidir.</p>																	
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)																																					
	Recipiente 1	Recipiente 2																																				
0	20	20																																				
2	20	20																																				
4	20	20																																				
6	20	20																																				
		<p>Dos recipientes con diferente masa de agua</p>	<p>Grupo 4:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (Minutos)</th> <th colspan="2">Temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>Recipiente 1</th> <th>Recipiente 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>20°C</td> <td>20°C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>28°C</td> <td>30°C</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>34°C</td> <td>41°C</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>40°C</td> <td>52°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Grupo 7:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (Minutos)</th> <th colspan="2">Temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>Recipiente 1</th> <th>Recipiente 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)		Recipiente 1	Recipiente 2	0	20°C	20°C	2	28°C	30°C	4	34°C	41°C	6	40°C	52°C	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)		Recipiente 1	Recipiente 2	0	20	20	2	20	20	4	20	20	6	20	20	<p>El grupo 4 manifiesta que la temperatura aumenta en ambos recipientes, sin embargo en el recipiente 2 que tiene menor cantidad de agua, los aumentos de temperatura son mayores.</p> <p>En el grupo 7, se observa la misma relación, teniendo en cuenta que el recipiente en el que se agrega menor cantidad de agua es el 1, y es en este donde los aumentos de temperatura son mayores.</p>
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)																																					
	Recipiente 1	Recipiente 2																																				
0	20°C	20°C																																				
2	28°C	30°C																																				
4	34°C	41°C																																				
6	40°C	52°C																																				
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)																																					
	Recipiente 1	Recipiente 2																																				
0	20	20																																				
2	20	20																																				
4	20	20																																				
6	20	20																																				
		<p>Tres recipientes con diferente masa de agua</p>	<p>Grupo 7:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tiempo (Minutos)</th> <th colspan="3">Temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>Recipiente 1</th> <th>Recipiente 2</th> <th>Recipiente 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50</td> <td>40</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>62</td> <td>59</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)			Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	0	20	21	20	2	40	40	28	4	50	40	32	6	62	59	42	<p>En los registros se muestra que el recipiente que contiene menor cantidad de agua es el 1, por lo que la temperatura que miden es mayor. En esta actividad se muestran resultados similares a los anteriores.</p>											
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)																																					
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3																																			
0	20	21	20																																			
2	40	40	28																																			
4	50	40	32																																			
6	62	59	42																																			
Al realizar el	Identificar la	Dos	Grupo 7:	Los estudiantes																																		

<p>procedimiento anterior se consigue que ambos recipientes tengan la misma temperatura? Justificar la respuesta.</p>	<p>relación entre la masa del agua y la temperatura del agua en los mismos intervalos de tiempo</p>	<p>recipientes con la masa de agua</p>	<p>“si porque los dos recipientes tienen la misma cantidad de agua y se calientan al mismo tiempo”</p>	<p>reconocen la masa del agua como una de las variables involucradas a la hora de hablar y medir un fenómeno térmico, y consideran el tiempo pero aún no existe una relación directa con la temperatura.</p>
		<p>Dos recipientes con diferente masa de agua</p>	<p>Grupo 4: “no porque no tiene la misma masa y uno se calentó más que otro”</p> <p>Grupo 7: “no porque no tienen la misma agua”</p>	<p>Nuevamente los estudiantes reconocen la masa como una de las variables que permiten estudiar el fenómeno térmico, sin embargo no mencionan su relación con la temperatura.</p>
		<p>Tres recipientes con diferente masa de agua</p>	<p>Grupo 7: “no porque los tres tienen diferente cantidad de agua y uno se calientan más que otro”</p>	<p>Además de reconocer la masa del agua como variable, cuando utilizan la expresión: “uno se calientan más que otro” se infiere que se están refiriendo a la temperatura y su relación con el calor.</p>
<p>¿Cuáles son las variables que intervienen en la realización de esta práctica?</p>	<p>Identificar las magnitudes que están presentes en el fenómeno térmico estudiado</p>	<p>Dos recipientes con la misma masa de agua</p>	<p>Grupo 7: “calor, masa del agua, temperatura del vaso, la temperatura del agua”</p>	<p>Los estudiantes describen las variables que pueden medir con el termómetro y la balanza que son los instrumentos con los que cuentan durante la realización del experimento, sin embargo no diferencian el calor de la temperatura y no hay evidencia que permita interpretar a que se refieren cuando mencionan el “calor”.</p>

		<p>Dos recipientes con la masa de agua</p>	<p>Grupo 7: “la masa del agua, la temperatura del vaso”</p>	<p>Los estudiantes identifican las dos variables que pueden medir directamente en el experimento, sin embargo no mencionan la temperatura del agua, de lo anterior se puede inferir que toman la temperatura del recipiente equivalente a la temperatura de la masa de agua.</p>
		<p>Tres recipientes con diferente masa de agua</p>	<p>Grupo 7: “masa del agua, temperatura del vas, temperatura del agua”</p>	<p>Los estudiantes identifican las variables que están involucradas en la construcción y análisis del fenómeno térmico: la masa de agua y la temperatura.</p>
<p>Construir las gráficas con los resultados que obtuvieron</p>	<p>Relacionar las magnitudes presentes en el fenómeno mecánico estudiado</p>	<p>Dos recipientes con la misma masa de agua</p>	<p>Grupo 4:</p>  <p>Grupo 5:</p> <p>3) Construir las gráficas con los resultados que obtuvieron</p>  <p>Grupo 7:</p> 	<p>Teniendo en cuenta que los recipientes tienen la misma masa y se exponen a cambios de temperatura iguales, las gráficas deberían ser similares; en el grupo 4 la escala construida para elaborar la gráfica no es la misma, por lo que solamente se puede identificar que a medida que aumenta el tiempo aumenta la temperatura; en el grupo 5 los estudiantes toman los mismos valores de la temperatura, sin embargo los estudiantes toman tiempos diferentes para cada temperatura.</p>

				Finalmente los estudiantes del grupo 7 realizan la misma gráfica para los dos recipientes.
		Dos recipientes con diferente masa de agua	Grupo 7: 	Las gráficas muestran la misma tendencia, ambas son crecientes, sin embargo las temperaturas alcanzadas al transcurrir el tiempo son diferentes, porque las cantidades de agua son diferentes.
		Tres recipientes con diferente masa de agua	Grupo 7: 	Se identifica que las pendientes de las tres primeras gráficas son diferentes siendo mayor la del recipiente con menor cantidad de agua porque los aumentos de temperatura son mayores. En la gráfica número 4 se observa que los estudiantes invierten los valores porque consideran que la gráfica debe ser creciente, sin embargo los valores no corresponden con las gráficas individuales, ni con los valores registrados en la tabla.
¿Qué se mantiene constante en los recipientes cuando los calientas? ¿Qué cambia?	Identificar qué magnitudes cambian y cuales se mantienen constantes en los aumentos de temperatura de las masas	Dos recipientes con diferente masa de agua	Grupo 7: “constante: la masa del agua y la del recipiente y la misma intensidad de calor en la estufa Cambia: la temperatura del agua y del recipiente cambian”	Los estudiantes identifican que la masa del agua y del recipiente se mantienen constantes, asimismo identifican la fuente de calor que es la estufa y expresan

	de agua			que en esta experiencia se mantiene constante. Por otro lado los estudiantes expresan que varía la temperatura de cada uno de los recipientes, pero no se refieren a la relación en los recipientes. Por otro lado se infiere que al referirse a la intensidad de calor se refieren a que la fuente de calor es la misma.
		Tres recipientes con diferente masa de agua	Grupo 7: "se mantiene constante la masa del agua el calor. cambia la temperatura del agua y la del recipiente"	Los estudiantes identifican que la masa y el calor son constantes, lo que permite inferir que no se refieren a la actividad esperada. Sin embargo, podría tratarse de la masa del agua en cada uno de los recipientes lo que sería correcto ya que el agua no llega a su punto de ebullición en ninguna experiencia. Respecto a las variables que cambian nuevamente identifican la temperatura.
En esta experiencia ¿de qué depende la cantidad de calor que reciben los recipientes? ¿Cómo es esa dependencia?	Explicar la relación entre la masa de agua y la temperatura para poder hablar del calor	Dos recipientes con diferente masa de agua	Grupo 4: "pues es el tiempo que uno deje calentar el agua, entre más tiempo más se calienta"	Los estudiantes manifiestan que el aumento de temperatura en los recipientes con agua dependen del tiempo, sin embargo, no manifiestan una relación entre la cantidad de agua y la temperatura.

		Tres recipientes con diferente masa de agua	Grupo 7: “Depende de lo caliente que esté la estufa y el tiempo que se mantiene el agua en la estufa”	Los estudiantes relacionan los aumentos de temperatura con el tiempo que cada recipiente esta en la estufa, sin embargo, no manifiestan una relación directa entre la cantidad de masa y la temperatura.
--	--	---	---	--

Tabla 4. Análisis de resultados tercera actividad- Momento 1

Al iniciar esta actividad surge la necesidad de mencionar cómo funciona el termómetro como instrumento de medida de la magnitud que se busca caracterizar, lo anterior se realiza a través de una discusión acerca de los aumentos de temperatura que ellos han experimentado cuando están enfermos, ellos mencionan por un lado las sensaciones que experimentan cuando aumenta su temperatura, pero algunos mencionan el uso del termómetro, como un aparato que indica un número que da cuenta de su estado; allí se procede a explicar que al igual que la regla y la balanza el termómetro permite asignar un valor a una cualidad relacionada con el calor.

Posteriormente y durante las actividades experimentales, los estudiantes identifican que cuando las cantidades de agua en los recipientes cambian, el valor de la temperatura que se registra en un intervalo de tiempo igual es diferente, de allí que los estudiantes caractericen el fenómeno a partir de la cantidad de masa de agua y de la temperatura que cada cantidad de agua alcanza. Asimismo los estudiantes identifican que durante el tiempo que cada recipiente se calienta la masa de agua que contiene cada recipiente no varía, ni varía el material del recipiente, lo que se constituye en las magnitudes que permiten hablar del cambio pero que permanecen invariantes, algunos estudiantes se refieren también a la fuente de calor: estufa, afirmando que esta permanece constante y que suministra el mismo calor a cada recipiente. Finalmente los estudiantes establecen que al suministrar una misma cantidad de calor la temperatura del agua depende de la cantidad de agua que contiene cada recipiente.

En ese orden de ideas se consigue, como se espera en el objetivo, que los estudiantes caractericen un fenómeno térmico a partir de dos magnitudes: la

temperatura y la masa, lo que permite en la actividad posterior caracterizar la relación entre este tipo de fenómeno y los fenómenos mecánicos.

El desarrollo de este momento permite que los estudiantes caractericen el proceso de cambio y conservación en cada una de las actividades, para lograr así analizar los fenómenos mecánicos y térmicos desde la identificación de variables e invariantes en los sistemas analizados. Esta dinámica da lugar a que los estudiantes construyan formas de hablar y de estudiar cada uno de los efectos que se producen en los fenómenos mecánicos y térmicos. Con esta actividad se consigue que los estudiantes midan las magnitudes que permiten estudiar cada fenómeno y que identifiquen dentro de cada uno de ellos las equivalencias entre estas magnitudes.

MOMENTO 2: El trueque entre el calor y el movimiento

Este momento se construye con la intención de que los estudiantes caractericen la transición de un fenómeno mecánico a un fenómeno térmico a partir de: identificar las variables presentes en cada fenómeno, luego la construcción de una descripción detallada de los cambios e invarianzas, para así poder cuantificar cada uno de los fenómenos y construir una equivalencia entre ellos.

Por lo anterior se realiza la actividad experimental de la caída de perdigones de plomo, para orientar a los estudiantes al estudio de los fenómenos físicos desde la convertibilidad de los fenómenos mecánicos en térmicos haciendo uso del lenguaje ya construido en las experiencias anteriores.

A continuación se describe el análisis de los resultados de la actividad propuesta para alcanzar el objetivo de este segundo momento.

ACTIVIDAD 1: Experimento del tubo de perdigones

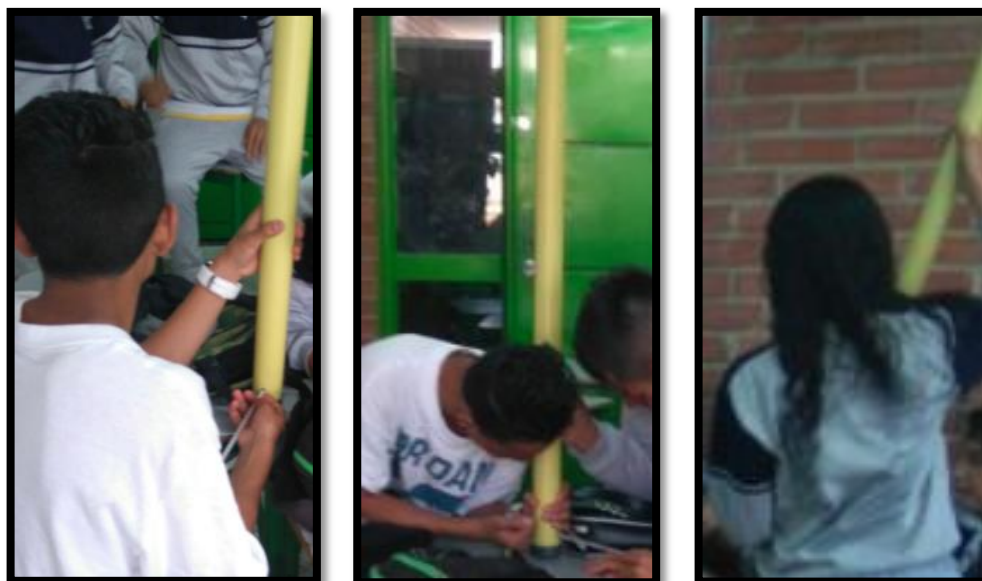
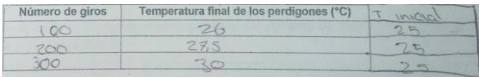


Figura 7. Experimento del tubo de perdigones

Se organiza una actividad experimental con el propósito de que el grupo de estudiantes construya y analice la correspondencia entre el número de giros (caída) y el aumento de temperatura de los perdigones de plomo. A partir de lo anterior los estudiantes deben escribir una primera relación de proporcionalidad entre la altura de la caída de los perdigones y el aumento de temperatura y explicar este aumento en función del choque de las esferas, para establecer un equivalente.

En la Tabla 5. se presenta la interpretación de los resultados que se obtienen de acuerdo a las intencionalidades de cada pregunta propuesta en la actividad.

Pregunta	Intención	Registro	Interpretación																								
Registra los valores en la tabla	Organizar las mediciones realizadas en la actividad experimental	<p>Grupo 3:</p> <p>ve tabla</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Número de giros</th> <th>Temperatura inicial 26°C</th> <th>Temperatura final de los perdigones (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td></td> <td>27°C</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td></td> <td>29°C</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td></td> <td>30°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Grupo 6:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Número de giros</th> <th>Temperatura final de los perdigones (°C)</th> <th>Temperatura inicial de 30°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>29°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>30°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>30°C</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Número de giros	Temperatura inicial 26°C	Temperatura final de los perdigones (°C)	100		27°C	150		29°C	200		30°C	Número de giros	Temperatura final de los perdigones (°C)	Temperatura inicial de 30°C	100	29°C		150	30°C		200	30°C		En los valores registrados se muestra que a medida que los estudiantes aumentan el número de giros aumenta la temperatura de las esferas, en los valores tomados por el grupo 6 dos valores de temperatura se mantienen constantes, debido a que el termómetro no era tan
Número de giros	Temperatura inicial 26°C	Temperatura final de los perdigones (°C)																									
100		27°C																									
150		29°C																									
200		30°C																									
Número de giros	Temperatura final de los perdigones (°C)	Temperatura inicial de 30°C																									
100	29°C																										
150	30°C																										
200	30°C																										

		<p>Grupo 7:</p> 	sensible y los cambios de temperatura son pequeños.
¿Qué cambió? Expliquen la respuesta	Identificar las magnitudes que cambian al analizar la caída de los perdigones	<p>Grupo 3: “a medida que hacíamos los giros aumentaba la temperatura de los balines”</p> <p>Grupo 5: “cambio la temperatura, subió aproximadamente 1°C por cada 100 vueltas al principio (sin ninguna vuelta) estaba en 26°C, al dar 100 vueltas quedó en 27°C”</p> <p>Grupo 7: “al girar el tubo de pvc la temperatura de las esferas fue cambiando poquito a poco”</p>	En las respuestas de los grupos 3 y 7 se evidencia que reconocen que al aumentar el número de giros aumenta la temperatura de las esferas, sin embargo no relacionan los choques de las esferas con el aumento de temperatura. En el grupo 5 los estudiantes describen los valores que registraron en la tabla, y allí se observa que reconocen la temperatura de las esferas como la única variable que cambia durante el experimento.
¿Cuáles son las variables que intervienen en esta práctica?	Identificar las magnitudes que están presentes en el fenómeno estudiado	<p>Grupo 3: “la temperatura de las esferas, la longitud del tubo, la fricción de los balines al llegar a cada superficie”</p> <p>Grupo 5: “una de las principales variables fueron: la longitud del tubo, la temperatura de las esferas, la velocidad con las que dimos las vueltas y el peso que hace las esferas sobre el tubo”</p> <p>Grupo 7: “las variables vienen siendo la cantidad de esferas que hay dentro del tubo, la cantidad de giros, etc.”</p>	Los estudiantes identifican las variables que pueden medir durante el experimento y en el caso de grupo 3 y del grupo 5 identifican el rozamiento entre las esferas (grupo 3) y entre el tubo y las esferas (grupo 7) lo que se considera la primera aproximación a la explicación de las convertibilidad entre los fenómenos presentados.
¿Cómo se relacionan esas variables? Justificar la respuesta.	Explicar la relación entre la caída de los perdigones y su aumento de temperatura, en términos de la convertibilidad	<p>Grupo 3: “la longitud tiene relación con la fricción ya que de acuerdo con la longitud aumenta la fricción y la temperatura al mismo tiempo aumenta según el movimiento y longitud del montaje”</p> <p>Grupo 5: “que entre más grande sea la longitud, más temperatura produce, entre más veloz sube más la temperatura”</p> <p>Grupo 7: “las variables se relacionan con la</p>	En las respuestas de los tres grupos, los estudiantes relacionan el aumento de temperatura con la altura de la que caen las esferas, esta altura ellos la llaman longitud, asimismo se infiere que al aumentar esta altura la fricción entre las esferas aumenta haciendo que aumente la temperatura.

		temperatura y también la cantidad de giros ya que al girar el tubo de pvc la temperatura de las esferas aumenta. La relación es que aumenta la temperatura a medida que una esfera choca con otra”	
Si se coloca la caída de los perdigones en términos del aumento de temperatura, ¿cuál sería la relación de proporcionalidad?	Construir un lenguaje que permita hablar de la convertibilidad entre la caída de los perdigones y su aumento de temperatura, para construir una equivalencia entre estos fenómenos	<p>Grupo 3: “entre más giros mayor será la temperatura, porque en los datos observamos que cada vez que aumentamos el número de giros la temperatura a la vez aumentaba”</p> <p>Grupo 5: “si sube la caída aumenta la temperatura”</p> <p>Grupo 7: “si se aumenta la altura se aumentará la temperatura porque entre más altura mayor fricción y se calentaría mas de acuerdo a la altura en que uno da los giros”</p>	En la respuesta de los estudiantes del grupo 3 se observa que describen los valores que se reflejan en la tablas, en el caso del grupo 5 se observa que relacionan los giros con la caída de las esferas con el aumento de temperatura, sin embargo en el grupo 7 los estudiantes construyen la relación del grupo 5 afirmando además que el aumento de temperatura es debido a la fricción entre las esferas.

Tabla 5. Análisis de resultados actividad- Momento 2

Después de que los estudiantes en el Momento 1 caracterizan un fenómeno mecánico y un fenómeno térmico de manera independiente, en este momento los estudiantes hablan de un fenómeno térmico en términos de un fenómeno mecánico, lo anterior sucede cuando se refieren al aumento de temperatura en términos del cambio de la configuración espacial de las esferas; los estudiantes mencionan como se esperaba que la relación entre las magnitudes es proporcional y a medida que aumentan los giros, los cuales simulan la caída de los esferas, aumenta su temperatura a causa de la fricción entre ellas, es así que entre mayor sea la altura de caída de las esferas mayor es la fricción entre ellas y por lo tanto la temperatura es mayor.

Con esta actividad de manera particular se consigue que los estudiantes identifiquen cómo medir cada uno de los fenómenos de manera independiente: medir la longitud del tubo, el número de giros realizados y la temperatura de las esferas, posteriormente se consigue que relacionen los fenómenos térmicos con los mecánicos al afirmar que a medida que se aumenta una magnitud aumenta la otra, esta relación se cuantifica de tal manera que se grafican las variables y finalmente se establece una relación general

acerca del fenómeno de la caída de los perdigones. En el estudio de los fenómenos naturales a través de la convertibilidad, como categoría epistemológica, es necesario la identificación de las magnitudes que cambian y que se mantienen durante la actividad experimental, y el establecimiento de las relaciones entre estas variables, posteriormente y luego de las mediciones se consigue contabilizar los fenómenos, donde los estudiantes manifiestan que aproximadamente a cada 100 giros la temperatura aumenta aproximadamente 1°C .

En lo anterior, se observa que el fenómeno se formaliza con un lenguaje distinto al alcanzado en el momento 1, porque en este los estudiantes a pesar de qué construyen una relación entre la configuración espacial y la deformación de un resorte en los fenómenos mecánicos, y construyen una relación entre la temperatura y la masa en los fenómenos térmicos; es en el momento 2 donde cuantifican dicha relación y para hablar de un fenómeno en términos del otro utilizan la equivalencia entre fenómenos mecánicos y térmicos, a cada 100 giros aumenta 1°C la temperatura de los perdigones.

pero que a pesar de establecer una relación cuantitativa aún no se manifiesta el equivalente entre un fenómeno y el otro, por lo que en el Momento 3 se da la posibilidad de construir una relación general en torno a los fenómenos mecánicos y térmicos.

MOMENTO 3: Contabilizando el cambio

Este momento se elabora con el propósito de que los estudiantes construyan una manera de contabilizar el cambio entre un fenómeno mecánico y un fenómeno térmico, para ello se realiza una actividad experimental con el uso del aparato del equivalente mecánico de Cavendish, en donde en principio se explica detalladamente los componentes de dicho aparato.

Ahora bien, ya que las disposiciones experimentales no se encuentran dentro del laboratorio de la institución educativa, la experiencia se realiza con todo los estudiantes al mismo tiempo, de tal forma que los registros fueron tomados de notas de audio y vídeo durante el desarrollo de la sesión.

ACTIVIDAD 1: Experimento del equivalente mecánico del calor de Cavendish

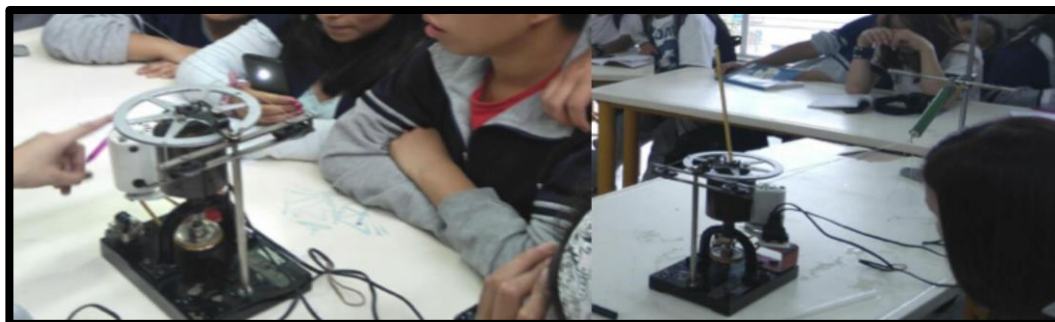


Figura 8. *Equivalente mecánico del calor de Cavendish*

A partir de la observación del funcionamiento del aparato del equivalente mecánico del calor, se busca que los estudiantes construyan una relación entre el rozamiento de los conos y el aumento de la temperatura del agua que contiene uno de estos, para que así hablen de un fenómeno térmico en términos de un fenómeno mecánico.

A continuación se describen las explicaciones que surgen al realizar el experimento por parte de las docentes y de los estudiantes:

Fase del experimento	Aportes de las docentes	Aportes de los estudiantes
1. Explicación de componentes del aparato del equivalente mecánico del calor	Se describieron los materiales de los conos en donde tiene lugar el aumento de temperatura del agua, la función del dinamómetro y la disposición de la cuerda para que se genere la fricción de los conos.	Al describir los componentes del aparato, los estudiantes hacen preguntas como: ¿Para qué sirve el dinamómetro? ¿Por qué los conos están hechos de esos materiales? ¿Por qué el calorímetro es negro?, entre otras inquietudes que se dirigen al reconocimiento de las magnitudes físicas que caracterizan el sistema, como el calor y el trabajo.

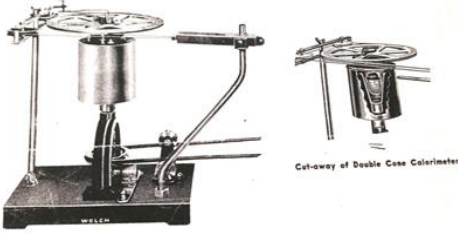
<p>2. Funcionamiento del Aparato y mediciones realizadas</p>	<p>Se da inicio a la práctica experimental explicando los siguientes parámetros: En uno de los conos se debe introducir una masa conocida de agua, a una temperatura inicial. El dispositivo funciona al sujetar las cuerdas como se muestra en la siguiente imagen:</p>  <p>Posterior a esta disposición, se enciende el motor, el cual hace girar todo el sistema. Sin embargo las cuerdas atadas al dinamómetro no permiten que el cono que contiene el agua gire. Luego de un número total de giros contabilizados en un contador, se detiene el motor y se mide la temperatura final del agua.</p>	<p>Los estudiantes muestran bastante interés por medir con precisión magnitudes como, la temperatura y la masa del agua, la fuerza que ejerce el dinamómetro y los giros que da el sistema.</p> <p>Al indagar por esta preocupación, ellos mencionan que medirlas con precisión les permite relacionarlas, y que al relacionarlas se construye una explicación de lo que ocurre en el sistema.</p> <p>Otro factor a señalar es que antes de encender el motor, los estudiantes realizan predicciones de lo que iba a ocurrir, señalando que: “el agua se iba a calentar más entre más giros se hicieran, como ocurrió con el tubo de perdigones” (Fragmento extraído de grabación de audio)</p>
<p>3. Discusiones en torno a las observaciones realizadas</p>	<p>Se registran los datos experimentales medidos y con intervenciones de los estudiantes se construye una formalización matemática que da cuenta de la equivalencia entre trabajo y calor.</p>	<p>Los estudiantes al construir una equivalencia entre trabajo y calor, afirman que: “el trabajo que está haciendo el sistema se está convirtiendo en calor, porque el agua aumentó su temperatura” y “a medida que el número de giros aumenta, la temperatura del agua también aumenta” (Fragmentos extraídos de la grabación de audio)</p> <p>Afirmaciones que dan cuenta de cómo los estudiantes hablan de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y térmicos para comprender la dinámica del sistema.</p>

Tabla 6. Descripción actividad experimental de equivalente mecánico del calor

Al realizar la actividad experimental propuesta, los estudiantes observan que para un correcto funcionamiento del aparato, el soporte universal debe estar completamente fijo porque este sostiene un dinamómetro que permite calcular la fuerza que está realizando el disco para no moverse, lo que se manifiesta en el desplazamiento del resorte del dinamómetro. Sin embargo en la puesta en marcha de la actividad, los estudiantes notan que el dinamómetro no se mantiene fijo y deciden sostener el soporte universal, lo que los lleva a percibir que deben realizar una fuerza para que no se mueva y que el resorte se estira una distancia particular, es decir que se realiza un trabajo. De allí que, comienzan a caracterizar el fenómeno mecánico en el funcionamiento del aparato a partir de expresar el ángulo que recorre el movimiento de acuerdo a:

$$\theta = 2\pi(\# \text{ de vueltas})$$

Luego consideran que al generarse un movimiento circular, se debe hablar del torque, el cual lo representan mediante la relación entre la fuerza que está indicando el dinamómetro y el radio del disco, como se muestra en la siguiente expresión:

$$T = Fr$$

Así pues, los estudiantes consideran que el trabajo que realiza el aparato dependerá no de la fuerza sino del torque, y su relación con el ángulo recorrido por el sistema, de acuerdo a:

$$W = T\theta$$

Ahora, al haber ya caracterizado el fenómeno mecánico de acuerdo al trabajo que realiza el sistema, los estudiantes piensan en el efecto producido en el agua. Luego de medir el cambio de temperatura en el agua dentro de uno de los conos y teniendo en cuenta la actividad 2, mencionan que se está generando calor y que éste depende de la masa del agua, de la temperatura y del calor específico del agua, como se muestra en la siguiente expresión:

$$Q = m_a c_a \Delta t$$

Luego de haber caracterizado cada uno de los fenómenos presentes en el funcionamiento del aparato, los estudiantes afirman que los cambios del fenómeno mecánico generan efectos en los cambios del fenómeno térmico, y por tal razón consideran que debe existir un equivalente entre calor y trabajo, expresado de la siguiente forma:

$$Q = W$$

$$m_a c_a \Delta t = T\theta$$

Las dinámicas que se generaron en el desarrollo de este momento permitieron evidenciar cómo los estudiantes construyeron expresiones matemáticas que daban cuenta del calor en términos del trabajo, llevando así una contabilidad de los cambios dentro del sistema y haciendo uso del lenguaje construido a lo largo de los tres momentos anteriores. Aspectos que permiten señalar cómo el estudiante comienza a formalizar concretamente la convertibilidad de los fenómenos.

MOMENTO 4: Explorando tus comprensiones

Este momento se diseña con el propósito de que los estudiantes expliquen el funcionamiento de un artefacto construido por ellos, a partir de los efectos que produce un fenómeno mecánico en un fenómeno térmico o viceversa. Se propone que ellos manifiesten las magnitudes que construyen para estudiar el funcionamiento del artefacto, las clasifiquen de acuerdo a las que cambian y a las que no cambian durante el funcionamiento, que establezcan una relación entre ellas que se pueda medir y que finalmente manifiesten que cantidad de calor se convierte movimiento o que cantidad de movimiento se convierte en calor.

Asimismo, se solicita a los estudiantes que retomen las explicaciones construidas en los momentos anteriores para que consigan representar el funcionamiento de su artefacto en el mismo lenguaje que ha sido construido. Por lo anterior se realiza una actividad con dos fases, una centrada a la planeación y diseño del artefacto y otra orientada a la presentación y explicación del funcionamiento del artefacto seleccionado.

ACTIVIDAD 1: Construyendo nuevas ideas



Figura 9. Construyendo nuevas ideas

En la Tabla 7. se presenta la interpretación de los resultados que se obtienen de acuerdo a las intencionalidades de cada pregunta propuesta en la actividad. Se analizan las respuestas de tres grupos quienes construyen una lámpara giratoria (Grupo 2 y grupo 4) y un barco a vapor (Grupo 7).

Pregunta	Intención	Registro	Interpretación
¿Qué variables identifican en el funcionamiento del artefacto?	Identificar las magnitudes que están presentes en el fenómeno estudiado	<p>Grupo 2: “En la lámpara que construimos sería el calor que genera el bombillo, el aire que entra a la lámpara y el movimiento de la lámpara ”</p> <p>Grupo 4: “El peso de la botella que gira porque si era muy grande no giraba (eso nos pasó con una) y también pues el calor que genera el bombillo”</p> <p>Grupo 7: “La temperatura del fuego de la vela, la masa del barco, porque si es muy pesado se hunde y la velocidad del barco ”</p>	<p>En el grupo 2 los estudiantes reconocen que el bombillo genera calor y que este afecta el aire que esta dentro de la lámpara, sin embargo cuando se refieren al aire se infiere que se trata de un aire externo a la lámpara que la hace mover. Por otro lado cuando se refieren al movimiento no describen las magnitudes que lo caracterizan.</p> <p>Los estudiantes del grupo 4 caracterizan el movimiento de la lámpara a partir del peso de la botella, es decir reconocen el efecto que produce el aumento de la</p>

			temperatura del aire producto del bombillo. En el grupo 7 los estudiantes identifican las magnitudes que se pueden medir en el fenómeno mecánico y el fenómeno térmico, en el primero consideran la masa y la velocidad y en el segundo caso el aumento de temperatura producto de la vela.
¿Cómo se relacionan las variables que identificaron?	Explicar la relación entre las variables para poder identificar los fenómenos mecánicos y térmicos	<p>Grupo 2: “Entre más se ponga caliente el bombillo gira más rápido la lámpara y por eso daría más giros, pero de pronto si se calienta mucho se quemaría la botella”</p> <p>Grupo 4: “Entre más liviana sea la botella más giros da porque se necesita mover menos peso”</p> <p>Grupo 7: “Entre más aumenta la temperatura del agua que está dentro de los pitillos, porque la vela dure más tiempo prendido, pues más rápido se mueve el barquito”</p>	Los estudiantes del grupo 2 y 7 construyen relaciones el aumento de temperatura y la velocidad de la lámpara o el barco. Por otro lado, en el grupo 4 no se manifiesta la relación del fenómeno mecánico con el térmico puesto que no consideran la causa del movimiento.
¿Qué cambia y que no cambia en el funcionamiento del artefacto?	Identificar qué magnitudes cambian y cuales se mantienen constantes en el análisis del funcionamiento del artefacto	<p>Grupo 2: “No cambia el peso de las botellas, ni tampoco el del bombillo. Si cambia con el tiempo el calor que genera el bombillo porque uno lo toca después de bastante tiempo y uno se puede quemar; y entonces así también cambiaría la rapidez con la que gira la lámpara ”</p> <p>Grupo 4: “Cambia la temperatura del bombillo y no cambia el tamaño de las botellas”</p> <p>Grupo 7: “La masa del barco no cambia, ni tampoco la cantidad de agua que hay en el balde. Pero si cambia la temperatura de este sistema y eso hace que cambie el movimiento o la velocidad del barco”</p>	En el grupo 2 los estudiantes identifican que la masa de los objetos que utilizan no cambia, y que las variables que cambian son el calor generado por el bombillo y la rapidez de la lámpara, lo que se infiere de considerar que al aumentar la temperatura del aire aumenta la rapidez con la que se mueve la lámpara. Los estudiantes del grupo 4, mencionan solamente las magnitudes del fenómeno térmico, sin embargo no se relacionan con el movimiento que mencionan en el punto anterior. El grupo 7 identifican como constante la masa del barco y del agua, y como magnitudes que varían la temperatura y la velocidad del barco.

<p>¿Cómo es el proceso de convertibilidad en el funcionamiento del artefacto?</p>	<p>Explicar el proceso de convertibilidad entre fenómenos mecánicos y térmicos.</p>	<p>Grupo 2: “Es que la lámpara se mueve porque el calor se convierte en movimiento, ósea es que como el bombillo genera luz y calor, y como hay un cable de cobre ese también se calienta y así se mueve la lámpara. Es algo contrario a lo que veíamos en el experimento ese sofisticado el de Cavendish, porque es que hay hacemos giros y eso aumentaba la temperatura del agua, en cambio con la lámpara se calienta el aire y eso hace que gire la lámpara, ósea que en este artefacto el calor hizo movimiento y en el otro al revés”</p> <p>Grupo 4: “El calor se convierte en movimiento, porque como se le abrieron unos orificios por abajo a la botella y como por estos entra el aire, luego este se calienta por el bombillo y al salir por las hélices va a girar la lámpara. Entonces es que eso ocurre porque el bombillo genera energía y esta se convierte en calor y esta se convierte luego en movimiento”</p> <p>Grupo 7: “El barco funciona porque la lata se calienta y entonces el agua que está por dentro de los pitillos también se calienta y al evaporarse produce que el barco se mueva, ósea que no sé si se podría decir que el calor se convirtió en movimiento. Ósea que sería al revés de lo que hicimos en clase porque esos eran movimiento convertido en calor, como sucedió con el de las esferas que se dejaban caer dentro del tubo, entre más repeticiones o giros se hicieran más se calentaban las esferas, ósea que entre más movimiento más calor; en cambio en el del barco entre más calor más movimiento porque el barco se mueve más rápido”</p>	<p>Los estudiantes explican el funcionamiento del artefacto a partir del lenguaje que han construido a lo largo de las experiencias anteriores, lo que les permite hablar del movimiento en términos del calor.</p> <p>Los tres grupos señalan que el calor se convierte en movimiento, y cada uno explica cualitativamente como se da esta conversión. Así mismo se resalta cómo la mayoría de estudiantes hablan de la reversibilidad de estos procesos, en la medida en que pueden convertir calor en movimiento, o movimiento en calor, pero comparando el artefacto construido con las diferentes experiencias realizadas en clase, es decir no identifican reversibilidad en el mismo fenómeno.</p>
<p>¿Podrías hacer una contabilidad del cambio? ¿Cómo la realizarías?</p>	<p>Organizar y contabilizar el cambio entre fenómenos mecánicos y térmicos</p>	<p>Grupo 2: “Si, pues se mira por ejemplo antes de que comienza a girar, que tan caliente está el aire y luego cuando comienza a girar, se cuentan los giros en un tiempo y se mide la temperatura, para así llegar a decir cuanta temperatura se necesitaría para que la lámpara diera un número de vueltas.”</p>	<p>Los estudiantes mencionan las formas en la que medirían los efectos de un fenómeno en función de los efectos del otro fenómeno, sin embargo los estudiantes no realizan las mediciones de esto que explican y por lo tanto no construyen matemáticamente el proceso que mencionan.</p>

		<p>Grupo 4: “Pues no se si pudiera hacer como en los experimentos anteriores, porque es más difícil; pero la gracia sería que se pudiera ver cuanta temperatura se necesita para que la lámpara diera una cantidad de giros específicos y con esto también se podría mirar la velocidad con la que gira a mayor temperatura”</p> <p>Grupo 7: “Pues sería midiendo la temperatura de la lata que está en contacto con la llama de la vela, en diferentes tiempos como en el experimento de los recipientes. Y en cada medida de la temperatura sería calcular la distancia que hace el barco en cada tiempo, para mirar que entre más temperatura de la lata más rapidez tendrá el barco”</p>	
--	--	--	--

Tabla 7. Análisis de resultados actividad- Momento 4

El discurso construido por los estudiantes en el momento 4, da cuenta de cómo los sujetos estudian un fenómeno físico en términos de los cambios que se manifiestan en él. Inicialmente se realiza la identificación de las magnitudes con las que explican el funcionamiento del artefacto, considerando aquellas que se mantienen constantes y aquellas que cambian, por ejemplo reconocen que la masa de los objetos que constituyen el artefacto se mantiene constante, lo que permite que puedan caracterizar el cambio a través de la variación de la temperatura.

Posterior a dicha identificación los estudiantes mencionan cómo es la relación entre dichos cambios, es decir como son los efectos de cada fenómeno en el otro, y afirman por ejemplo que a mayor temperatura mayor rapidez, bien sea de la lámpara o del barco. Las relaciones mencionadas permiten que ellos afirmen que una cantidad de calor (que depende de la temperatura) se convierte en movimiento (que depende de la rapidez)

Así pues, los estudiantes reconocen que la convertibilidad entre fenómenos mecánicos y térmicos es un proceso reversible, es decir que el calor se convierte en movimiento o viceversa, pero no hacen esta consideración para la misma experiencia;

lo que lleva a pensar que los estudiantes al no haber construido una equivalencia desde la contabilidad de los procesos, no logran analizar la reversibilidad de los efectos de un fenómeno en función de los efectos del otro fenómeno. Desde allí, se señala que en este momento los estudiantes no alcanzan un proceso de formalización hasta la axiomatización, puesto que no realizan la contabilidad de los efectos, en cuanto a las mediciones de las magnitudes identificadas, es decir no organizan la experiencia bajo una estructura lógica-formal, ni examinan los grados de validez al jerarquizarlas.

3.1. Desde la descripción y análisis de las magnitudes que cambian y no cambian en un fenómeno.

Las explicaciones de los sujetos en torno a la convertibilidad entre los fenómenos mecánicos y térmicos se fundamentan en la caracterización de las relaciones de estos a partir de la construcción de invariantes y variables del sistema; proceso que se genera como un entramado de la experiencia del sujeto, la deducción y la elaboración que vincula elementos reales con los racionales; es decir se considera que en el análisis de la convertibilidad intervienen diferentes operaciones formales que le permiten al sujeto entrelazar la experiencia sensible y el mundo de las ideas, como la identidad, inversión, reversibilidad y compensación.

En este sentido, es de notar que la construcción de los invariantes y las variables del sistema conllevan a considerarlas no desde una mirada lineal ni unidireccional, sino a considerarlas desde una perspectiva holística, en donde la simultaneidad entre cambio y conservación constituyen la identidad de un fenómeno. Al respecto se hace hincapié en que la construcción del invariante del sistema sirve también para explicar el propio cambio, ubicando así al invariante como condición de la variación.

Teniendo en cuenta lo anterior, y a propósito de las reflexiones que se han adelantado en líneas anteriores, la construcción de variables o magnitudes que cambian y los invariantes o magnitudes que no cambian constituyen un primer nivel del proceso de formalización del sujeto al hablar de la convertibilidad entre los fenómenos mecánicos y térmicos, ya que el este es capaz de identificar en el cambio los

invariantes para hacer una primera representación del fenómeno físico, a propósito de un lenguaje construido conscientemente del estudio del mundo físico.

3.2. Desde la elaboración de escalas y formas de medir los cambios en un fenómeno mecánico y térmico.

El reconocimiento del campo fenomenológico estudiado implica la indagación sobre el comportamiento del sistema bajo diversas dinámicas, esto hace que el sujeto relacione las magnitudes que cambian y no cambian en los fenómenos, las cuales identifica y mide con el desarrollo de actividades experimentales.

Es así, que las actividades experimentales llevadas al aula permiten al sujeto generar nuevas formas de actuar y pensar frente al fenómeno construido, en el cual la elaboración de formas de medir toma un papel relevante en los procesos de formalización que realiza el sujeto, porque al reconocer las magnitudes que cambian y no cambian dentro del sistema, el sujeto transforma el lenguaje con el que se refiere a su experiencia, organiza sus ideas frente a la constitución de intensidades de las magnitudes que ha caracterizado.

Por lo que, estas consideraciones constituyen para este trabajo investigativo un segundo nivel de formalización, en el cual la actividad de organizar y explicar la experiencia permite hablar de la convertibilidad entre los fenómenos mecánicos y térmicos, desde el establecimiento de formas de estudiar los cambios mecánicos y térmicos hasta la posibilidad de establecer grados del cambio.

3.3. Desde la contabilidad del cambio de un fenómeno mecánico respecto al cambio en un fenómeno térmico.

En la identificación y relación de magnitudes que cambian y no cambian en el sistema, el sujeto construye un lenguaje que le permite hablar del fenómeno en términos de las intensidades de las magnitudes que describe, es decir, que el sujeto en su explicación da cuenta de la elaboración de una escala de medida del fenómeno. A partir de estas consideraciones, es posible afirmar que los procesos de medición pasan

del plano cualitativo al plano cuantitativo, en el que se matematizan las cualidades observadas.

En este planteamiento, el sujeto a partir del reconocimiento de los invariantes y variables de los fenómenos mecánicos y térmicos, puede medirlos y dar cuenta de uno en términos de otro, es decir que el sujeto contabiliza el cambio de un fenómeno mecánico en función del cambio de un fenómeno térmico, para así construir una equivalencia que muestre una organización cuantitativa de la convertibilidad de los fenómenos. Puesto en esos términos, se hace pertinente considerar cómo la comprensión del mundo físico para Joule era posible sólo si se considera que diferentes expresiones de energía son mutuamente convertibles unas en otras.

3.4. Desde la construcción de equivalencias de un fenómeno mecánico en un fenómeno térmico y viceversa.

A medida que el sujeto organiza su experiencia, da lugar a la estrecha relación entre las magnitudes y sus formas de medida y a la transformación del lenguaje que utiliza para hablar del fenómeno.

En esa transformación del lenguaje se observa como la convertibilidad permite hablar de los efectos de un fenómeno en términos de los efectos de otro fenómeno, y cómo esa forma de estudiar el mundo físico le permite al sujeto examinar diversas rutas de constitución y ampliación de la base fenomenológica, y simultáneamente elaborar criterios para el planteamiento de nuevos interrogantes que surgen de la reorganización de su experiencia; es en este nivel de formalización en el que el sujeto establece una equivalencia entre fenómenos de diferente tipo.

Asimismo, la convertibilidad no es entendida únicamente en una dirección, es decir que al construir una equivalencia entre fenómenos de diferente tipo, la transición entre uno y otro puede ser en ambas direcciones, por ejemplo un fenómeno mecánico se convierte en térmico y este a su vez se puede convertir en un fenómeno mecánico. Este proceso constituye el estudio del mundo físico, porque la convertibilidad relaciona diferentes fenómenos que en principio se encuentran desligados por sus cualidades particulares.

En este orden de ideas, la convertibilidad de los fenómenos favorece los procesos de formalización en las clases de ciencias naturales, porque propicia la organización de la experiencia y los procesos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medir; la organización de los fenómenos y la ampliación de una base fenomenológica que son estructurados a partir de una cierta formalización u organización conceptual.

4. CONCLUSIONES: LA CONSTITUCIÓN DE LA CONVERTIBILIDAD COMO CATEGORÍA EPISTEMOLÓGICA

Las reflexiones que se desarrollan a lo largo de esta investigación han permitido constituir la convertibilidad de los fenómenos físicos como una categoría epistemológica, que está relacionada con las maneras de hablar, de pensar y de actuar de los sujetos en el estudio de los fenómenos.

Se constituye como categoría epistemológica, en tanto que, por un lado la revisión de los planteamientos de Piaget, Ostwald y Joule permiten caracterizarla a través del análisis del cambio y la conservación, lo que se propicia en la actividad experimental que resulta útil en la construcción del campo de efectos, relaciones y lenguajes en los que se ubica el estudio de los fenómenos. Por otro lado, la sistematización permite construir argumentos que brindan elementos para el estudio de las organizaciones que realiza el sujeto de su experiencia a partir del análisis de las actividades experimentales, es decir de los procesos de formalización.

Los procesos cognitivos alrededor de la convertibilidad

En el estudio del fenómeno físico a través de la revisión de los planteamientos de Piaget, se señala que el sujeto reconoce el objeto físico en la medida en que construye los invariantes en el cambio, es decir el sujeto construye aquellas magnitudes que permanecen pero que están presentes en el cambio; lo que permite al sujeto cognitivamente reconocer el cambio de un fenómeno. En este sentido, la convertibilidad no solamente es el estudio del cambio sino que también es el estudio de la conservación.

En este orden, el invariante permite explicar de la manera más sencilla el conjunto de las variaciones, seduce así a la razón, no en cuanto a su identidad, concebida en sí misma y aislada del resto del sistema, sino en cuanto desempeña un papel activo y operatorio, que consiste en dar cuenta del cambio.

Cuando se produce el cambio en un fenómeno físico, los efectos de este se manifiestan en el cambio de otro fenómeno, lo que le permite al sujeto hablar de los

efectos de un fenómeno en términos de los efectos de otro fenómeno, proceso que se da porque cuando el sujeto identifica en el cambio los invariantes, logra hacer una representación del fenómeno para así construir una explicación de sus organizaciones sensibles del mundo físico. Al respecto en la revisión de los planteamientos de Ostwald la energía es vista como una propiedad de los cuerpos en un sistema, y puede ser estudiada a partir de la convertibilidad de los fenómenos, porque su existencia demarca el análisis de la simultaneidad entre cambio y conservación, y además se constituye como una magnitud que relaciona todos los fenómenos del mundo natural.

Respecto a lo anterior, Ostwald hace énfasis en mostrar que en el cambio, existen magnitudes que cambian y no continúan siendo las mismas magnitudes, sin embargo al realizar un proceso inverso al cambio se podría recuperar la cantidad de la magnitud inicial, y es en este sentido en el que el fenómeno se convierte en otro tipo de fenómeno.

La convertibilidad entre un fenómeno y otro se da en dos direcciones, es decir un fenómeno mecánico se convierte en térmico y este a su vez se puede convertirse en un fenómeno mecánico. Esta característica es otro elemento fundamental que constituye a la convertibilidad como una categoría epistemológica, porque cuando el sujeto analiza los efectos de los fenómenos, estos se han dado por una causa, y esta a su vez se puede convertir en otro efecto, en este sentido una causa es equivalente a un efecto.

A propósito de lo anterior, la revisión de los planteamientos de Joule muestra como el estudio de los fenómenos naturales puede entenderse a partir de la dinámica del cambio, es decir el orden del universo se puede explicar desde la convertibilidad entre fenómenos térmicos, mecánicos, químicos, eléctricos, entre otros; los cuales son mutuamente convertibles unos en otros en relación a sus efectos y se cuantifican a partir de la construcción de equivalencias que son elaboradas en las organizaciones conceptuales del sujeto.

En la construcción de los equivalentes se organiza la experiencia, y simultáneamente también lo hace el lenguaje utilizado para referirse al fenómeno y a su efecto en otro fenómeno, esto solo es posible cuando se planean actividades

experimentales que amplían la base fenomenológica del sujeto y le permiten con un nuevo lenguaje precisar su estudio.

Los procesos de formalización alrededor de la convertibilidad

Por otro lado, para que los procesos mencionados anteriormente tengan sentido en la tesis, uno de los supuestos de la investigación es reconocer que los sujetos desde su experiencia tienen estructuras conceptuales sobre lo que sucede en el mundo natural y estas son posibles de identificar cuando se proponen situaciones de aula que favorecen la construcción de conocimiento, privilegiando la relación existente entre el mundo de las ideas y el mundo sensible. La reorganización de estas estructuras se constituyen en un proceso dinámico que da origen a la descripción de relaciones entre fenómenos de distinto tipo del mundo físico. En este orden de ideas resulta necesario construir, para el abordaje de las ciencias en los contextos escolares, actividades que permitan al sujeto ampliar su base fenomenológica a través del análisis del cambio.

Es así, que la actividad experimental da lugar a la organización y ampliación de la experiencia sensible de los sujetos, en donde este construye maneras de organizar, de medir y de hablar del fenómeno que busca explicar, y es en este proceso donde cada vez construye más explicaciones, que dan lugar a un proceso de formalización. Por lo anterior, se concluye que los procesos de formalización están directamente relacionados con la actividad experimental.

La ruta construida aporta elementos conceptuales que afianzan las maneras de organizar el estudio de los fenómenos, por ejemplo en los primeros momentos de la ruta de aula, los estudiantes se refieren a los fenómenos térmicos al hacer explícitos los modos de hablar de los estados del sistema, es decir se refieren a lo frío o a lo caliente, lo que en otro momento de la ruta se transforma en la identificación de la temperatura como magnitud que cambia en el sistema, y al finalizar la ruta, se observa que los estudiantes utilizan un instrumento de medida para caracterizar esta magnitud de acuerdo a los efectos que generan en otro tipo de fenómenos, constituyendo así una equivalencia entre dichos fenómenos.

En este orden de ideas, la ruta de aula aporta a la constitución de la convertibilidad como categoría epistemológica en el sentido en el que favorece los procesos de formalización en el estudio del fenómeno. Así pues, la actividad experimental se retoma desde un punto de vista dinámico, donde su análisis ya no se restringe a los resultados o productos sino que se ubica dentro de la actividad de construir conocimiento y permite al sujeto relacionarse con el mundo. Desde esta mirada, la actividad experimental es una parte constitutiva del proceso de enseñanza de las ciencias naturales y no solamente una metodología de trabajo en el aula de clases. Los procesos de formalización, que realiza el sujeto, del estudio de los fenómenos a partir de la convertibilidad, se dan desde la construcción de una contabilidad del cambio, la cual permite elaborar equivalencias entre diferentes fenómenos y así hablar de los efectos de un fenómeno en términos de otro fenómeno.

En los procesos de formalización se establecen unas maneras de hablar más formales de eso que inicialmente puede ser una cualidad de un fenómeno en particular, por ejemplo, un proceso mecánico donde se genera calor o viceversa, al respecto para el desarrollo de esta tesis algunos de los eventos particulares fueron el experimento del tubo de perdigones y el experimento del equivalente mecánico del calor con el aparato de Cavendish, desde los cuales los sujetos construyeron una serie de afirmaciones desde el uso de lenguajes orales y escritos que se fueron formalizando hasta construir proporciones o igualdades que dan cuenta de otro nivel de formalización de lo que se está hablando. Se considera que a partir de la convertibilidad como categoría epistemológica esas afirmaciones que se utilizaron para estudiar los fenómenos mencionados ahora permiten explicar la conversión en cualquier otro tipo de fenómeno.

Por lo anterior la convertibilidad se sitúa como una categoría, en la medida en que como menciona Joule permite explicar la conversión entre diferentes tipos de fenómenos relacionados con el calor, la vis viva, la atracción gravitacional y la luz, lo cual posibilita la comprensión de fenómenos desde una postura estructural y dinámica, en donde no solamente se estudia la convertibilidad entre un tipo de fenómeno y otro, sino que también es posible estudiar la convertibilidad de los efectos entre fenómenos que en principio se consideran de la misma clase, como por ejemplo la convertibilidad

entre la configuración espacial y la velocidad que pueden ser considerados parte de los fenómenos mecánicos.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

- ALFONSO, K., CÁRDENAS, D. (2012). La convertibilidad de los fenómenos un camino para aproximar a los estudiantes al concepto de energía. Tesis de grado para optar al título de licenciadas en física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- AGUILAR, L., ROMERO, Á. (2013). La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Capítulo 2. Las imágenes del conocimiento científico y su relación con la actividad experimental. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- AYALA, M., MALAGÓN, J., SANDOVAL, S (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. Capítulo 4. La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Capítulo 6. Estrategias en el aula: de la experimentación a la formalización de los fenómenos naturales. (1ª Ed.), Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- AYALA, M., ROMERO, A., MALAGÓN, J., RODRIGUEZ, O., AGUILAR, Y., GARZÓN, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Capítulo I: Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. (1ª Ed.). Universidad Pedagógica Nacional y Universidad de Antioquia, Bogotá, Colombia.
- AYALA, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-Posições. Volumen 17 n. I (49).
- AYALA, M., BAUTISTA, G., RODRÍGUEZ, L., ROMERO, Á., OROZCO, J. (1999). Representaciones sobre Ciencia e Historia. Implicaciones pedagógicas. Cuadernillos sobre historia y enseñanza de las ciencias. Cuadernillo N° 6. Capítulo 1. La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las practicas pedagógicas. Universidad Pedagógica Nacional y Universidad de Antioquia, Bogotá, Colombia.

- AYALA, M., GÁRCIA, E., GÓMEZ, M., MALAGÓN, J., ROMERO, A. La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía, construido como síntesis del avance de la investigación La termodinámica fenomenológica: orígenes conceptuales y elementos para una propuesta fenomenológica (1998), Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- ARCÁ, M., GUIDONI, P. y MAZOLI, P.(1990). Enseñar ciencia. Cómo empezar reflexiones para una educación científica de base. Barcelona: Paidós, Educador.
- CASTILLO, J. (2009). El estado. Ed. Universidad pedagógica nacional, (pp 10-15), Bogotá, Colombia.
- CHAPARRO, C., GONZALEZ, J., OROZCO, J., PEDREROS, R., VALLEJO, J. (1996). Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica. Capítulo 1. Retos culturales de la enseñanza de las ciencias. Universidad Pedagógica
- ELKANA, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. Transcripción del artículo homónimo publicado por la Sociedad Colombiana de Epistemología. Volumen III, 10-11, p.p. 65 - 80, Santafé de Bogotá. Este artículo fue tomado de La culture scientifique dans le monde contemporaine, p.p. 215 - 311. V. Mathieu - P. Rossi comp., coedición Unesco - Scientia, Roma, 1977. Traducción del francés: Jorge Charúm, José Granés.
- GÓMEZ, A., FLOREZ, I. (2012). Construcción de explicaciones desde la experiencia. Tesis de grado para optar al título de Maestros en Docencia de las Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- HERRMANN, F. (2003). The KPK-A Physics course based on analogies. *VIII Conferencia Interamericana sobre Educación en Física, La Habana, Julio del 2003.*

- HERRMANN, F. (1983). Chemical potential– a quantity in search of recognition. Learn One Field and Understand Four: Chemistry, Electricity, Heat, and Mechanics. University of Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.
- INHELDER, B., PIAGET, J. (1985). El equilibrio de la balanza. De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Ensayo sobre la construcción de las estructuras operatorias formales. Serie 2, volumen 9. Ed. Paidós. Buenos Aires, Argentina.
- JOULE, J. (1845). Matter, Living Force, and Heat en Lindsay B. Historical development of the concept of energy.
- JOULE, J. (1884). On the Existence of an Equivalent Relation Between Heat and the ordinary forms of Mechanical Power en Lindsay B. Historical development of the concept of energy.
- KOPONEN, I., KURKI-SUONIO, K., JAUHAINEN, J., LAVONEN, J. (2006). The role of experimentality in concept formation in physics: quantifying experiments and invariances. University of Helsinki, Finland.
- MALAGÓN, J., AYALA, M., OSORIO, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias. (1ª Ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- MAYER, R. (1842). The conservation of energy en Lindsay B. Historical development of the concept of energy.
- OSTWALD, W. (1910). La energía. (9ª Ed) Francia, Paris: Editorial: Felix Alcan
- PEDREROS, I. (1995). Génesis del principio de conservación de energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicaciones espontanea. Tesis de grado para optar al título de Maestra en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

- PERILLA, L., (2013). Movimiento y Calor: una transformación fenomenológica en la enseñanza de las ciencias naturales. Tesis de grado para optar al título de Maestro en Docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- ROMERO, Á. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- SANDOVAL, S. (2008). La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros de ciencias. Tesis de grado para optar al título de Maestra en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- PIAGET, J. (1975). Conservación y atomismo. Introducción a la epistemología genética: El pensamiento físico, Ed. Paidós, Buenos Aires, (pp. 97-139). Buenos Aires, Argentina.

ANEXO 1. Moldeando el cambio y la conservación

COLEGIO TOMÁS CARRASQUILLA I.E.D
CIENCIAS NATURALES

Guía de trabajo: Moldeando el cambio y la conservación

Docentes: Diana Cárdenas y Katherine Alfonso

Nombres:

Número del grupo:

Curso:

Para el desarrollo de esta actividad debes contar con los siguientes recursos:

- ✓ Plastilina
- ✓ Guía de trabajo

Realicen las siguientes actividades:

1. Caracterizar el trozo de plastilina que seleccionaron (masa, color, textura, etc)

2. Moldeen el trozo de plastilina de diferentes formas y realicen diferentes figuras con este. Registrar en el siguiente espacio los dibujos correspondientes.

3. ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas de las figuras que acaban de realizar con la plastilina?

4. Cuando moldean la plastilina ¿La plastilina cambia? ¿Por qué?

5. ¿Qué se mantiene cuando moldean la plastilina de diferentes formas?

ANEXO 2. El viaje de la esfera

COLEGIO TOMÁS CARRASQUILLA I.E.D
CIENCIAS NATURALES

Guía de trabajo: El viaje de la esfera

Docentes: Diana Cárdenas y Katherine Alfonso

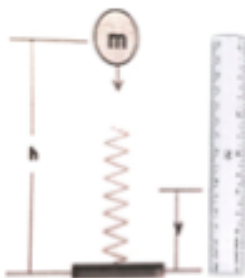
Nombres:
Número del grupo:
Curso:

Para el desarrollo de esta actividad debes contar con los siguientes recursos:

- ✓ Tres esferas de diferentes masas
- ✓ Una balanza
- ✓ Un resorte
- ✓ Una regla
- ✓ Guía de trabajo

Realicen las siguientes actividades:

1. Tomen cada una de las esferas y déjenlas caer desde una altura sobre el resorte como se observa en la imagen.



2. Lancen la esfera desde diferentes alturas y midan la compresión del resorte en cada uno de los lanzamientos.
3. Repitan el procedimiento anterior utilizando esferas de diferente masa y manteniendo constante las alturas desde las cuales se dejan caer.
4. Registren los datos obtenidos en la tabla.

Nota: Realicen videos de los lanzamientos de la esfera para que así puedan ver con mayor precisión la compresión del resorte.

Tabla. Compresión del resorte

Altura de lanzamiento	Masa		
	11,9g	24,8g	67,1g

Ahora respondan:

5. ¿Cuáles son las variables que intervienen en la organización de esta práctica?

6. Construyan gráficas con los resultados obtenidos



ANEXO 3. Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua

**COLEGIO TOMÁS CARRASQUILLA I.E.D
CIENCIAS NATURALES**

Guía de trabajo: Experimento de cantidades de calor con diferentes masas de agua

Docentes: Diana Cárdenas y Katherine Alfonso

Nombres:
Número del grupo:
Curso:

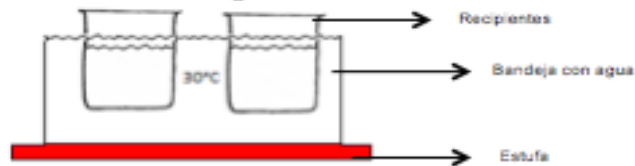
Para el desarrollo de esta actividad debes contar con los siguientes recursos:

- ✓ Tres recipientes de vidrio
- ✓ Una bandeja grande
- ✓ Una estufa
- ✓ Un termómetro
- ✓ Agua

Realicen las siguientes actividades:

1. Recipientes con la misma masa

- ✓ Verter agua dentro de una bandeja y ponerla a calentar en una estufa durante 5 minutos.
- ✓ Introducir agua en los dos recipientes de tal forma que los dos contengan la misma cantidad de masa y medir su temperatura.
- ✓ Introducir los dos recipientes dentro de la bandeja de tal forma que estén en contacto con el agua caliente de la bandeja, como se muestra en la imagen.



- ✓ Dejar los recipientes dentro de la bandeja por 2 minutos y luego medir la temperatura del agua de los recipientes.
- ✓ Repetir el procedimiento anterior aumentando el tiempo a 4 minutos y 6 minutos. Registrar los valores en la siguiente tabla:

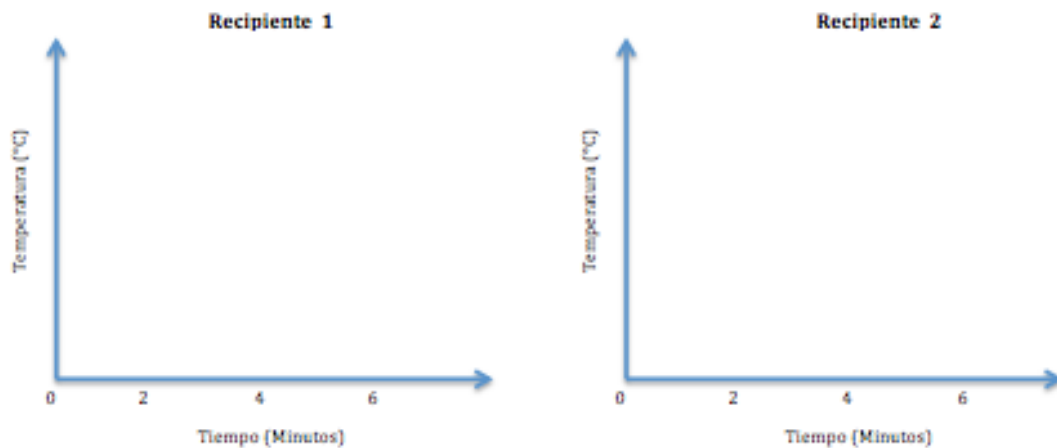
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)	
	Recipiente 1	Recipiente 2
0		
2		
4		
6		

Ahora responde:

1) ¿Al realizar el procedimiento anterior se consigue que ambos recipientes tengan la misma temperatura? Justificar la respuesta.

2) ¿Cuáles son las variables que intervienen en la realización de esta práctica?

3) Construir las gráficas con los resultados que obtuvieron.

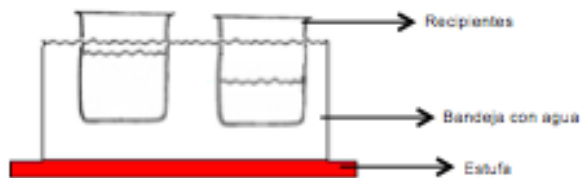


2. Recipientes con diferentes masas:

Seguir las siguientes instrucciones:

- ✓ Verter agua dentro de la bandeja y ponerla a calentar en una estufa durante 5 minutos.
- ✓ Introducir agua en los dos recipientes de tal forma que los dos contengan distintas masas.
- ✓ Medir la temperatura y la masa del agua de cada recipiente. Registra los datos en esta guía.

- ✓ Introducir los dos recipientes dentro de la bandeja de tal forma que estén en contacto con el agua caliente de la bandeja, como se muestra en la siguiente imagen



- ✓ Dejar los recipientes dentro de la bandeja por 2 minutos y luego medir la temperatura del agua de los recipientes.
- ✓ Repetir el procedimiento anterior aumentando el tiempo a 4 minutos y 6 minutos. Registrar los valores en la siguiente tabla:

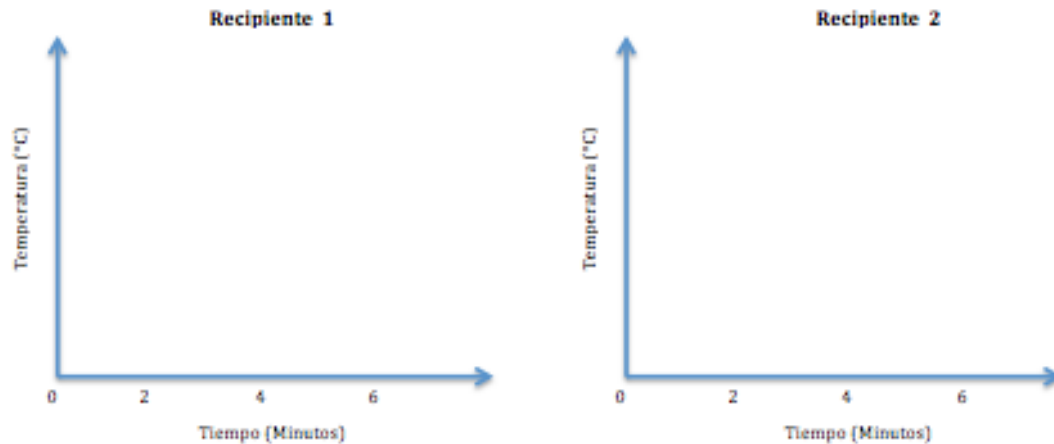
Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)	
	Recipiente 1	Recipiente 2
0		
2		
4		
6		

Ahora responde:

- 1) ¿Al realizar el procedimiento anterior se consigue que ambos recipientes tengan la misma temperatura en los mismos tiempos? Justificar la respuesta.

- 2) ¿Cuáles son las variables que intervienen en la realización de esta práctica?

3) Construir las gráficas con los resultados que obtuvieron.

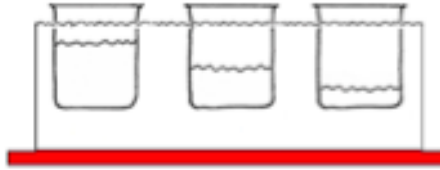


4) ¿Qué se mantiene constante en los recipientes cuando los calientas? ¿Qué cambia?

5) En esta experiencia ¿de qué depende la cantidad de calor que reciben los recipientes? ¿Cómo es esa dependencia?

3. Recipientes con diferentes masas:

- ✓ Verter agua dentro de una bandeja y ponerla a calentar en una estufa durante 5 minutos.
- ✓ Introducir agua en los tres recipientes de tal forma que los tres contengan distintas masas. Medir la temperatura y la masa del agua de cada recipiente. Registrar los datos en esta guía.
- ✓ Introducir los recipientes dentro de la bandeja de tal forma que estén en contacto con el agua caliente de la bandeja, como se muestra en la imagen.



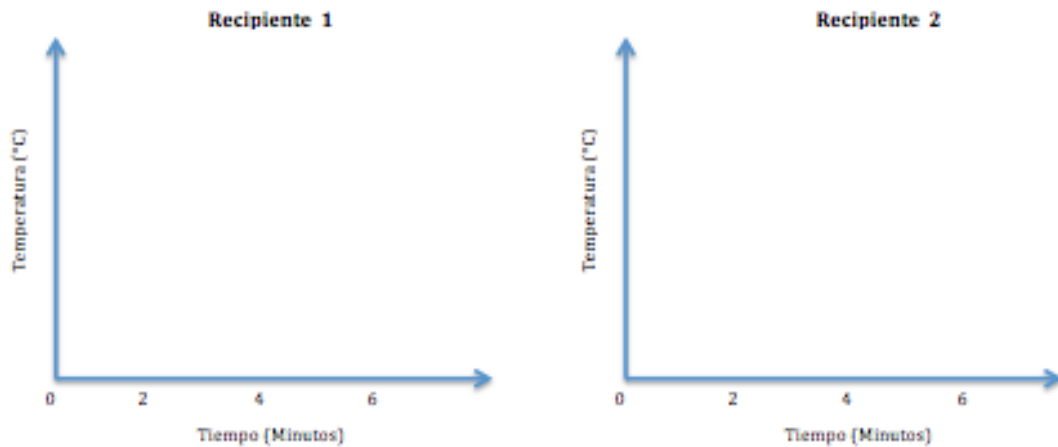
- ✓ Ubicar la bandeja en la estufa y dejarla calentar por 1 minuto.
- ✓ Medir la temperatura de los tres recipientes.
- ✓ Dejar los recipientes dentro de la bandeja por 2 minutos y luego medir la temperatura del agua de los recipientes.
- ✓ Repite el procedimiento anterior aumentando el tiempo a 4 minutos y 6 minutos. Registrar los valores en la siguiente tabla:

Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)		
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
0			
2			
4			
6			

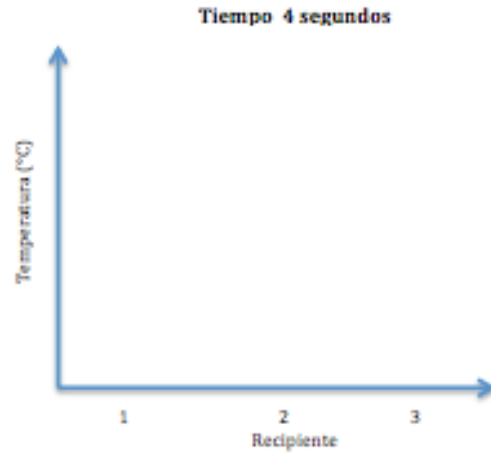
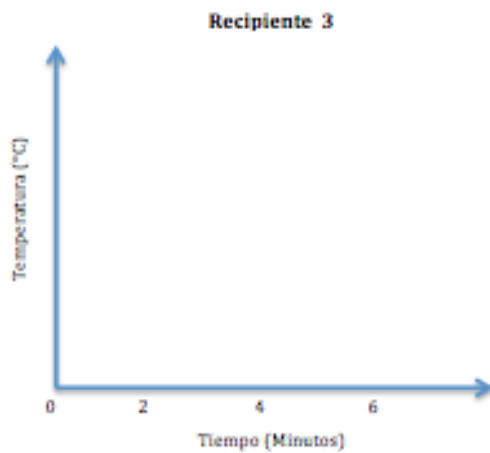
Ahora responde:

1) ¿Cuáles son las variables que intervienen en esta práctica?

2) Construir las gráficas con los resultados que obtuvieron.



1



3) Cuando se realiza el experimento anterior, después de transcurrir un tiempo determinado ¿los tres recipientes tienen la misma temperatura? Justificar la respuesta.

4) ¿Qué se mantiene constante en los recipientes cuando los calientas? ¿Qué cambia?

5) En esta experiencia ¿de qué depende la cantidad de calor que reciben los recipientes? ¿Cómo es esa dependencia?

ANEXO 4. Experimento del tubo de Perdigones

COLEGIO TOMÁS CARRASQUILLA I.E.D
CIENCIAS NATURALES

Guía de trabajo: Experimento del tubo de Perdigones

Docentes: Diana Cárdenas y Katherine Alfonso

Nombres:

Número del grupo:

Curso:

Para el desarrollo de esta actividad debes contar con los siguientes recursos:

- ✓ Un tubo de PVC de 1 metro de largo y 4 cm de diámetro aproximadamente
- ✓ Perdigones de acero
- ✓ Un termómetro

Nota: La masa de los perdigones es de: 455 gramos

Realizar las siguientes actividades:

- ✓ Describe detalladamente el montaje

- ✓ Introducir los perdigones dentro del tubo de PVC y posteriormente medir la temperatura de los perdigones con ayuda de un termómetro.
- ✓ Realizar varios giros de 180° del Tubo de PVC con los perdigones en su interior y medir la temperatura de los perdigones con ayuda del termómetro después de los giros y registrar su valor en la siguiente tabla

Número de giros	Temperatura final de los perdigones (°C)

Ahora responde:

1) ¿Qué cambió? Expliquen la respuesta

2) ¿Cuáles son las variables que intervienen en esta práctica?

3) ¿Cómo se relacionan esas variables? Justificar la respuesta.

4) ¿Qué relación existe entre la caída de los perdigones y su aumento de temperatura?

5) Si se coloca la caída de los perdigones en términos del aumento de temperatura, ¿cuál sería la relación de proporcionalidad?

6) Situación problema: Al encontrar que la caída de los perdigones desde cierta altura produce un aumento de temperatura en el sistema ¿Es posible que por el aumento de la temperatura de los perdigones se consiga la altura inicial que tenían estos? ¿Tendrás que modificar el experimento? Justificar la respuesta.

Anexo 5. Explorando tus comprensiones

**COLEGIO TOMÁS CARRASQUILLA I.E.D
CIENCIAS NATURALES**

Guía de trabajo: Explorando tus comprensiones

Docentes: Diana Cárdenas y Katherine Alfonso

Nombres:

Curso:

Para el desarrollo de esta actividad puedes revisar los siguientes videos:

- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=KKK39hnCiGg>
- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=u2Q4H5cNc-U>

Luego de construir el artefacto respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Qué materiales utilizaron para la construcción del artefacto?

2. ¿Cómo construyeron el artefacto?

3. Explica el funcionamiento del artefacto

4. ¿Qué variables identifican en funcionamiento del artefacto?

5. ¿Cómo se relacionan las variables que identificaron?

6. ¿Qué cambia y que no cambia en el funcionamiento del artefacto?

7. ¿Cómo es el proceso de convertibilidad en el funcionamiento del artefacto?

8. ¿Podrías hacer una contabilidad del cambio? ¿Cómo la realizarías?
