

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

PROCESOS DE MODELACIÓN GENERADOS POR ESTUDIANTES DE EDUCACION MEDIA ALREDEDOR DEL FENÓMENO DE DILATACIÓN TÉRMICA

HECTOR STIVEN ROCHA FORERO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
BOGOTÁ, COLOMBIA
2018

PROCESOS DE MODELACIÓN DESARROLLADOS POR ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA ALREDEDOR DEL FENÓMENO DE DILATACIÓN TÉRMICA

HECTOR STIVEN ROCHA FORERO

DIRECTORA
OLGA LUCIA CASTIBLANCO ABRIL

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Educación con Énfasis en Ciencias de la Naturaleza y la Tecnología

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
BOGOTÁ, COLOMBIA
2018

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar dar las gracias a Dios por brindarme las habilidades y medios para realizar esta investigación, a mi padre que a pesar de su partida durante esta investigación, me brindo su confianza y genero la oportunidad de estudiar un postgrado, a mi madre y a Blanquita por siempre creer en mi dándome amor, cariño y fuerza para avanzar y nunca rendirme, a mi hermana Catalina por su inmensa colaboración que fue de gran aporte a la investigación , a mi directora la Doctora Olga Lucia Castiblanco por su enorme comprensión, apoyo y asesoría durante este trabajo, a mis mentores en este proceso de formación, quienes me exigieron a dar todo de mi por mejorar, al grupo GEAF y sus integrantes por sus aportes y finalmente al resto de mi familiares y amigos que no alcanzaría a enumerar y que fueron pilares fundamentales con su apoyo y motivación no me dejaron desfallecer nunca.

RESUMEN

La investigación que se presenta a continuación tuvo como objetivo desarrollar procesos de modelación de grado undécimo de una institución educativa distrital de la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá, frente al fenómeno de dilatación térmica. Dichos procesos de modelación fueron evaluados a partir de la construcción de modelos explicativos de los estudiantes con relación a la propuesta planteada por Gutiérrez (2004) en el modelo Ontológico, Epistemológico, Psicológico (ONEPSI). Para la toma de datos se desarrolló mediante una intervención didáctica diseñada y aplicada por el investigador, durante tres momentos, conformados por 4 sesiones, donde se recolecto material escrito, gráfico y en la última sesión se recogió adicionalmente información a partir de videograbación. Los datos fueron analizados mediante técnicas de análisis de contenido, buscando siempre evidencias de desarrollo del proceso de modelación en los estudiantes. En síntesis, los resultados obtenidos permitieron describir los procesos de modelación generados por los estudiantes con evidencias del desarrollo de un proceso de construcción de modelos explicativos, que parte de lo ontológico para ir a lo epistemológico y el establecimiento de correlaciones. Es de aclarar que este proceso no fue lineal, sino que ocurrió de forma cíclica, donde tanto el docente investigador como los estudiantes fueron afinando cada vez más su capacidad de organizar las ideas en un modelo con coherencia interna, acercándose al modelo conceptual de la ciencia respecto a la dilatación térmica, explicada desde la teoría cinético molecular, demostrando la potencialidad de esta estrategia en el proceso de enseñanza y aprendizaje ante el fenómeno planteado.

Palabras clave

Modelos mentales, modelación, dilatación térmica, enseñanza de la química, educación media.

ABSTRACT

The main objective of this research was to develop modeling processes in high school students from a public school in Bogota city, facing the phenomenon of thermal expansion. These modeling processes were evaluated based on the construction of explanatory models by students, according to the proposal of Gutiérrez (2004) iabout Ontological, Epistemological, and Psychological model (ONEPSI). Data collection was developed through a didactic intervention planned and applied by the researcher, during three times in four moments. we collected writing material and video recording. Data were analyzed using content analysis techniques, always looking for evidence of mental modeling process in the students. In summary, the results obtained allowed us to describe modeling processes generated by the students with shreds of evidence about theoretical and practical explanation models, which starts from ontological aspects, going to the epistemological and finally the establishment of correlations. It is clear that this process was not linear, but occurred in a cyclical way, where both the research teacher and the students were increasingly refining their ability to organize ideas in a model with internal coherence, approaching the conceptual model of science regarding thermal expansion, explained from the molecular kinetic theory. We demonstrate the potential of this strategy in chemistry teaching and learning process

Keywords

Mental models, modeling, thermal expansion, chemistry teaching, secondary education.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 4

ABSTRACT 5

TABLA DE CONTENIDO 6

INDICE DE TABLAS 9

ÍNDICE DE GRÁFICOS 10

INTRODUCCIÓN 12

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 14

1.1 Problema de Investigación 14

1.2 Objetivo General 15

1.3 Objetivos Específicos 15

2. REFERENTES TEÓRICOS 16

2.1 Modelos Mentales y Representaciones 16

2.1.1 **Modelos Expresos** 21

2.2 Modelación 25

2.3 Categorías de análisis en la construcción de modelos mentales 32

2.3.1 Componente Ontológico 33

2.3.2 Componente Epistemológico 34

2.3.3 Componente de Correspondencia y Validez 35

2.4 Revisión Histórico-Epistemológica de Calor y Dilatación Térmica **36**

2.4.1 Modelos sustancialistas del calor 37

2.4.2 Modelo dinámicos del calor 39

3. DISEÑO METODOLÓGICO **40**

3.1 Diagnóstico **40**

3.2 Planeación **42**

3.2.1 Diseño del Instrumento de Intervención 42

3.3 Proceso de Intervención en el Aula **49**

3.4 Organización y Sistematización de los datos **49**

4. RESULTADOS **51**

4.1 Categorías de análisis **51**

4.1.1 Procesos de Descripción en la Construcción de un Modelo Explicativo (Categoría ontológica) **54**

4.1.2 Elaboraciones epistemológicas elaboradas en la construcción del modelo explicativo **59**

4.1.3 Búsqueda de correspondencias en los modelos explicativos **69**

4.2 Características del modelo construido por cada grupo **74**

4.2.1 Modelo consolidado por el Grupo 1 74

4.2.2 Modelo consolidado por el Grupo 2 75

4.2.3 Modelo consolidado por el Grupo 3 76

4.2.4 Modelo consolidado por el Grupo 4 77

4.2.5 Modelo consolidado por el Grupo 5 78

4.3 Procesos de Modelación desarrollados por los grupos **78**

5. CONCLUSIONES **84**

ANEXOS **94**

ANEXO I: ESTRUCTURA DE LA INTERVENCIÓN EN EL AULA **94**

ANEXO II INSTRUMENTO DE INTERVENCION **96**

ANEXO III: CONSENTIMIENTO LIBRE Y CLARO **109**

ANEXO IV. TRANSCRIPCIÓN VIDEOS EXPOSICIONES **111**

ANEXO V: RESULTADOS CLASIFICADOS **128**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Postulados sobre la puesta en marcha de los modelos mentales 18

Tabla 2 Características de los Modelos Mentales según Johnson Laird 21

Tabla 3 *Rejilla de Validación de Modelos Explicativos* 48

Tabla 4 Síntesis de la Secuencia de Intervención 49

Tabla 5 Codificación de los documentos 50

Tabla 6. Categorías de Análisis 51

Tabla 7 Porcentajes de los aspectos constituyentes en la categoría ontológica 55

Tabla 8. *Porcentajes de los aspectos constituyentes en la categoría epistemológica* 60

Tabla 9 *Desarrollo del Modelo Grupo 1* 75

Tabla 10 *Desarrollo del Modelo Grupo 2* 75

Tabla 11 D*esarrollo del Modelo Grupo 3* 76

Tabla 12 *Desarrollo del Modelo Grupo 4* 77

Tabla 13 *Desarrollo del Modelo Grupo 5* 78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. **Tipología de los Modelos según Chamizo (2010).** 22

Figura 2. Características de los modelos Analógicos. 23

Figura 3. Características de la construcción de Modelos Científicos según Adúriz-Bravo 25

Figura 4. Diagrama de Un modelo para la generación de modelos. 26

Figura 5. **Constituyente de un Modelo Mental y su Ejecución** 32

Figura 6. Etapas en el Diseño de la Investigación 40

Figura 7. Sistemas Físicos Experimentales 43

Figura 8. **Modelo histórico cuatro elementos** 44

Figura 9: Modelo histórico alcahesto 44

Figura 10. **Modelo histórico flogisto** 45

Figura 11. Modelo histórico calórico 45

Figura 12. Modelo histórico cinético-molecular 46

Figura 13: Materiales que presentan diferentes tipos de dilatación térmica 47

Figura 14: Formato de explicación de los diferentes tipos de dilatación térmica 47

Figura 15: Formato para la exposición del modelo matemático 48

Figura 16: Distribución de las Unidades de Contexto del Modelo. 52

Figura 17: Distribución de las unidades de contexto de los modelos según las categorías por etapas 53

Figura 18: Aspectos Constituyentes de la categoría Ontológica 54

Figura 19. Aspectos Constituyentes de la categoría Epistemológica 59

Figura 20. **Imagen de la dilatrolina** 73

Figura 21. Proceso de Modelación Grupo 3 79

Figura 22 Proceso de Modelación Grupo 5 80

Figura 23 Proceso de Modelación Grupo 1 81

Figura 24 . Proceso de Modelación Grupo 2 82

Figura 25 Proceso de Modelación Grupo 4 82

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias ha sido un foco de interés para muchos investigadores, ya que los estudiantes han perdido paulatinamente la motivación hacia el aprendizaje de esta área del conocimiento, y a su vez parece que los profesores cada vez ven más confuso el panorama de enseñar ciencias, bien sea por su mismo desconocimiento de las ciencias que enseñan o por las condiciones de trabajo. Por esta razón docentes, pedagogos e investigadores, proponen estrategias y metodologías para su enseñanza, a partir de reflexiones establecidas desde la psicología cognitiva, la cual estudia los procesos mentales generados por los humanos. Una de esas estrategias es guiar los procesos de enseñanza y aprendizaje por medio de la elaboración de modelos gracias a una metodología denominada modelación. Estos procesos de modelación parten de los intereses de los estudiantes, permitiendo hacer un replanteamiento de las estrategias empleadas en el proceso enseñanza de las ciencias, en este caso de la química.

Para comprender este proceso es necesario hacer una revisión de cómo ha sido el desarrollo de investigaciones alrededor del proceso de modelación, a partir de la postura de Jhonson-Laird (1983), quien expone que la estructura mental de un sujeto está constituida por 3 tipos de representaciones: los modelos mentales, las imágenes y las preposiciones. Desde este punto algunos investigadores en el área de la educación han retomado estos planteamientos y lo han aplicado al diseño de procesos de enseñanza y aprendizaje, estableciendo un creciente interés por la modelación en la enseñanza de las ciencias como una alternativa para optimizar los procesos en el aula.

Dada esta tendencia en la investigación en enseñanza de las ciencias, se busca implementar una estrategia que permita construir conocimiento científico escolar, dejando atrás el esquema positivista que perseguía la replicación del conocimiento y no su elaboración al interior del aula, en esta línea “la construcción de conocimiento científico como un proceso colectivo e históricamente contextualizado, es posible practicar una enseñanza que cobre sentido para el estudiante y también para el profesor” (Castiblanco & Nardi, 2014(a), p.56).

Por consiguiente, el presente trabajo de investigación se centra en implementar un proceso de modelación en la enseñanza del fenómeno de dilatación térmica, donde se reflexione sobre la

construcción del conocimiento científico como una actividad que no solo pertenece a los eruditos, sino que es también un objetivo alcanzable por medio del proceso de enseñanza y aprendizaje al interior del aula y se determine su potencialidad fundamentándose en los modelos explicativos construidos por los estudiantes durante la intervención. Esta investigación es de tipo cualitativo, de corte investigación-intervención, que pretende describir los modelos explicativos generados por los aprendices en torno al fenómeno de dilatación térmica, mediante su caracterización y análisis, y por ende conocer de una forma más clara el mecanismo que emplean los estudiantes para diseñar sus modelos alrededor de este fenómeno.

1. Delimitación del Problema

1.1 Problema de Investigación

Teorías de la psicología cognitiva han hecho importantes aportes para que los docentes e investigadores pensemos sobre los procesos mentales que ocurren en docentes y estudiantes, las cuales han permitido reconocer e identificar las construcciones mentales que realizan los individuos para generar conocimiento, y desde allí adaptar estrategias en el aula que sean compatibles con este mecanismo, permitiendo a los aprendices la consecución de un aprendizaje que sea útil, no solo en el ámbito de las ciencias naturales; sino en el ámbito de su vida cotidiana donde también tiene un desenvolvimiento en un medio social. Aquí yace el interés de esta propuesta, que busca apoyarse en corrientes contemporáneas e innovadoras en el ámbito del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, particularmente la teoría de modelación que propone la construcción de modelos en el aula y ha sido abarcada por autores como: Grecca (1996); Moreira (1996); Krapas, Queiroz, Conlinvaux y Franco (1997); Gallego (2004); Justi (2006) y Chamizo (2010), entre muchos otros.

Este proyecto de investigación se basa entonces en comprender los modelos explicativos generados por los estudiantes durante el proceso de modelación a partir del fenómeno de dilatación térmica, el cual se observa de forma cotidiana, es difícilmente comprensible y poco desarrollado en el currículo escolar, proponiendo a la modelación en la enseñanza de las ciencias como una estrategia válida para abordarlo, comprendiendo la naturaleza de la construcción de conocimiento en los aprendices, para reconocer los intereses que se verán manifestados en el modelo elaborado por ellos y permitiendo una mejor interacción con el mundo que los rodea. De acuerdo a este planteamiento se genera la pregunta de indagación: *¿Cuáles son las características en los procesos de modelación de los estudiantes de grado once sobre el fenómeno de dilatación térmica?*

1.2 Objetivo General

Realizar un estudio de los procesos de modelización en torno al fenómeno de dilatación térmica, desarrollados por estudiantes de educación media a partir del diseño y la aplicación de una estrategia metodológica en el aula.

1.3 Objetivos Específicos

- Entender el desarrollo histórico de la teoría de los modelos, la modelación y la dilatación térmica.
- Diseñar una propuesta metodológica de enseñanza del fenómeno de dilatación térmica, que permita desarrollar el proceso de modelización en estudiantes de grado once.
- Comprender los procesos de modelación en estudiantes de educación media a partir del fenómeno de dilatación térmica

2. Referentes Teóricos

2.1 Modelos Mentales y Representaciones

En este capítulo se abordarán los planteamientos sobre los modelos mentales, modelización y en especial la modelización en la enseñanza de las ciencias. Los modelos mentales son estructuras cognitivas abstractas que emplea un individuo para interpretar, explicar y predecir un evento, sistema, fenómeno o el mundo, donde se articulan diferentes unidades cognitivas que pueden provenir, ya sea de las creencias propias del individuo o de un conocimiento adquirido, estas pueden ser reemplazadas dentro del modelo siempre y cuando el usuario que las emplee encuentre una unidad más eficiente. En el marco de los modelos mentales se hace relevante estudiar los procesos de su construcción a lo cual los teóricos denominan modelación, la cual ha sido fuente de estudio para entender cómo se articula el conocimiento y tratar de emularlo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en este caso de las ciencias.

Al referirnos a los modelos mentales, se hace necesario retomar los estudios de las ciencias cognitivas, en especial los postulados de Johnson-Laird (1983), quien ha permitido comprender el funcionamiento de la mente de forma analógica frente a la realidad, siendo más cercano a la característica fenomenológica que enmarca a las ciencias, ya que los modelos definidos desde esta perspectiva tienen un mayor campo de aplicación debido a sus características, lo cual les permite ser aplicables a un mayor número de contextos, por esta razón se hace selección del fenómeno de dilatación térmica, por su amplio espectro de aplicación y potencialidad en despertar el interés de los estudiantes.

Para empezar, es importante resaltar que durante mucho tiempo se han realizado estudios sobre el fenómeno de razonar y que involucra realmente este proceso, los avances en el estudio del razonamiento humano han llevado a los teóricos a enfatizarse en las ciencias cognitivas, quien en su afán de realizar explicaciones sobre el funcionamiento del raciocinio ha incluido diferentes campos de investigación. Córdova (2011) afirma que algunos enfoques son puramente computacionales, comprendiendo a la mente humana como una computadora la cual es regida por códigos de programación desconociendo de alguna forma que la cognición de un sujeto es

extendida y por lo tanto los procesos de razonamiento no solo dependen de la información sino también del entorno.

Desde los años 50 se postularon diversas teorías permitiendo comprender la naturaleza de los procesos mentales en los individuos llevados a cabo en la mente; los cuales son altamente abstractos y por ende intangibles. Para Rodríguez (2008) los estudios de estos procesos mentales surgen con la psicología cognitiva, como una corriente emergente ante el ocaso de la psicología asocianista, la cual reflexionaba como los pensamientos establecen un reflejo de la realidad, generando diferentes clases de combinaciones en la mente, para construir un nuevo conocimiento, donde se atribuía especial importancia al individuo, pero desconocía su capacidad de raciocinio. Los procesos de construcción de conocimiento eran explicados a partir de la teoría de los esquemas, sustentando cómo los individuos eran capaces de representar el conocimiento y cómo se usaba el conocimiento almacenado. Dicha afirmación fue objeto de muchas críticas por el hecho que, desde el punto de vista lógico era una teoría suficiente, pero empíricamente era demasiado vaga y la falta de concreción en muchos de sus aspectos la hacía falsable, tampoco explicaba el surgimiento de nuevos esquemas y en particular de donde emergían los primeros. Atendiendo a esta problemática y con el fin de explicar la evolución de un sistema desde un estado inicial a un estado final, emergen dos corrientes opuestas representadas por J. McCarthy y por M. Minsky.

Según Gutiérrez (2005), la tradición McCarthyana establecida por McCarthy y sus seguidores, postulaban la lógica proposicional como pilar fundamental para los sistemas de inferencia causal “IF…THEM”, lo cual tuvo una fuerte crítica debido a que este mecanismo podía llegar a ser inflexible, ya que solo podía ser aplicado en un contexto y bajo unas condiciones específicas, por lo cual sus premisas siempre se asumían como verdades absolutas, no contemplando la naturaleza mutable de los sistemas. Por otro lado, la postura Minskyana, planteaba que ningún tipo de sistema de inferencia lógico es, ni será adecuado, para representar en una máquina el razonamiento de sentido común. De esta manera, los seguidores de esta corriente tratan de establecer que el razonamiento lógico no es la única manera de asumir los diferentes sistemas observados; resaltando los cualitativos, lo cual podría dar una perspectiva mucho más completa de lo que puede ser el pensamiento humano y no reducirlo simplemente a un mecanismo operacional análogo a una computadora.

Dentro de este contexto nace el concepto de modelo mental que surge de la postura de dos autores Johnson-Laird quien pertenece a la tradición Minskyana y Norman a la tradición McCarthyana. Gutiérrez (2005) destaca que, aunque hay diferentes concepciones de los planteamientos teóricos de Johnson Laird y Norman, se encuentran similitudes en sus perspectivas y esto ha sido de gran aporte en las ciencias cognitivas.

En la Tabla 1 se identifican los aportes más importantes de estos dos teóricos, indicando que la funcionalidad y los elementos constitutivos de los modelos mentales son iguales para los dos. Sin embargo, existen diferencias significativas en los dos postulados. Gutiérrez (2005) afirma que "Las principales diferencias se centran en las posibilidades que conceden a la ejecución mental del Modelo Mental construido" (p.212).

Tabla 1. *Postulados sobre la puesta en marcha de los modelos mentales*

Johnson-Laird (Trad. Minskyana)	**Norman (Trad. McCarthyana)**
-Correspondientes (evaluables) dotados de mecanismos reconstructores	-Correspondientes (evaluables) dotados de mecanismos reconstructores
-Coherentes	-No necesariamente coherentes (pueden aparecer contradicciones al ejecutarse el modelo)
-Robustos	-No necesariamente robustos (La predicción puede fallar si cambia el "escenario")

Fuente: Gutiérrez (2005). Semejanzas y diferencias de las concepciones de Johnson-Laird y Norman acerca de la puesta en marcha de los Modelos Mentales

Para hacer reconocimiento de cómo ha ido en crecimiento esta corriente emergente en cuanto a la construcción de modelos mentales se retoman las investigaciones de Johnson-Laird (1983) quien postula que a nivel cognitivo los seres humanos, no aprenden del mundo directamente; sino que disponen de una sola representación interna del mismo, porque la percepción es la construcción de un modelo del mundo, dicho de otro modo, todo surge a partir de las representaciones mentales; al respecto Otero (1999) afirma que para Johnson-Laird, la cantidad de clases de representaciones son finitas, debido a las características de la mente humana, la cual también es finita, por consiguiente cada sistema representacional posee diferentes formas de ser procesado ratificando los alcances de las representaciones. Varios autores han atribuido

diferentes significados a las representaciones iniciando por Johnson Laird (1983) quien afirma que las representaciones son entidades mentales las cuales interactúan entre sí o de forma independiente para realizar procesos cognitivos en el individuo.

Otero (1999) plantea que el individuo es quien establece las representaciones y las diferentes entidades mentales y estas representaciones son las que determinan la percepción subjetiva del mundo, ya que él es quien les atribuye un determinado orden y significado en contexto. Estas representaciones con consideradas "cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro interior" (Tamayo, 2006, p.39). De igual forma Justi (2006) afirma que las representaciones no solo se emplean a través de aspectos visibles de la entidad que se modela, sino también de lo que se logra extraer de las cualidades de esa entidad, siendo complementada por Chamizo (2010) quien expone que las representaciones no pueden ser solamente ideas, sino también pueden tener una característica material, ya que puede ser construida en un plano colectivo y no únicamente individual, los cuales le pueden dar un significado o una interpretación.

Retomando la teoría Johnson-Laird (1983), en la perspectiva de Rodríguez (2004) y Rodríguez (2008) existen diferentes tipos de representaciones: las representaciones proposicionales, las imágenes y los modelos mentales, estás nacen con la necesidad de explicar cómo es la interacción del individuo con el mundo que lo rodea, siendo los modelos mentales y las imágenes representaciones analógicas, mientras que las proposiciones son representaciones de carácter abstracto, con leyes específicas de aplicación, para atribuir condiciones de verdad, ante la ejecución de un modelo mental siendo no analógicas. Por otro lado, las representaciones proposicionales se definen como cadenas de símbolos, en el sentido que necesitan de reglas sintácticas para interactuar y tienen una estructura de argumentos de predicado exactamente relacionada con la estructura lingüística, las cuales pueden contener cuantificadores y variables. Otero (1999) afirma que "en términos generales, las representaciones proposicionales son consideradas entidades explicitas, discretas, abstractas y semánticas que representan el contenido ideacional de la mente en una forma que no es tan especifica de ningún lenguaje" (p. 97). Según Rodríguez (2008) las imágenes son representaciones analógicas, que muestran rasgos perceptibles de los correspondientes objetos del mundo, ya sea, por medio de la percepción o

imaginación, ayudando a reconstruir una situación y estas definen las características que puede percibir el observador, permitiendo emular el sistema que se desea representar.

En cuanto a los modelos mentales para Johnson-Laird (1983) están constituidos por unidades de significado denominadas *tokens* y que mentalmente pueden ser manipuladas para atender las situaciones que requiera el sujeto, diferenciando estos modelos en modales y amodales; El primero se relaciona con mantener un formato representacional parecido a las fuentes de información que lo genera y el segundo cuando el formato es diferente a la inicial. En otras palabras Vosniadou (1994); Nappa, Insausti & Siguenza (2006); Martínez & Méndez(2009);Pérez, Marti & Pozo (2010) y Justi, Ferreira, Queiroz & Mendonça (2012) establecen que dichas construcciones abstractas pueden ser manipuladas en un proceso cognitivo de tal forma que tengan una alto poder descriptivo, explicativo y predictivo sobre un sistema o fenómeno observado, siendo estos idiosincráticos, personales e internos y solo se pueden exteriorizar a través de símbolos u otros métodos de representación empleando tanto proposiciones como imágenes.

Para Greca & Moreira, (1998) y Cordova (2011), los modelos mentales son un modo de expresión de los pensamientos del individuo de acuerdo sobre los fenómenos que razona, estas formas de expresión se les denomina representación, para generar estas representaciones de la realidad, el ser humano genera mediadores, símbolos con el fin de transportar información del mundo, desde sus capas más simples hasta las más complejas. En una forma más sencilla, los modelos son un conjunto de elementos (representaciones sistémicas) que sirven como medio para exteriorizar a través de los actos, decisiones y creaciones humanas la realidad de la mente. De igual manera Cordova (2011) aclara que un modelo no es una copia exacta de la realidad sino una creación que guarda una semejanza con la realidad y es propia de cada sujeto dependiendo de las concepciones arraigadas de quien elabora el modelo y la forma de representar la información, definiéndolo como un vehículo representacional que contiene la forma cómo se estructura y comportan los elementos de un sistema determinado.

Para Barquero (1995) los modelos son representaciones de la realidad, en la tabla 2 se muestra un resumen de las características que determinan un modelo mental de acuerdo a los postulados de Johnson Laird teniendo en cuenta las características que lo componen:

Tabla 2 *Características de los Modelos Mentales según Johnson Laird*

Características	**Modelos Mentales**
Referenciales	Son representaciones simbólicas de los referentes del discurso.
Concretos	Generalmente representan fenómenos o estados de hechos específicos y finitos.
Simplificados e incompletos	Suponen una reducción de la información a los aspectos más relevantes de la situación referida.
Dinámicos y flexibles	Se transforman de manera progresiva con la aparición de nueva información relevante.
Análogos	Presentan una analogía estructural y funcional respecto al estado de los hechos o el fenómeno que representan.
Limitados	Se atienen a su construcción y manipulación a los límites de la memoria de trabajo.

Fuente: Barquero (1995)

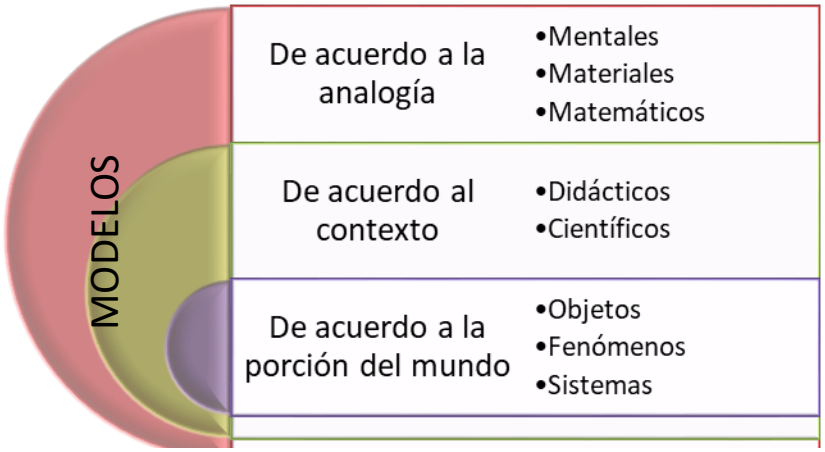
2.1.1 **Modelos Expresos**

Como dijimos anteriormente, la psicología cognitiva se interesó por estudiar el funcionamiento de la mente y las representaciones externas que esto genera, siendo estas el vehículo para poder observar características de los modelos que poseen los individuos. Un ejemplo análogo es el Iceberg, donde podemos apreciar las puntas que salen de él ocultando la parte no visible que está debajo del agua, pero podríamos acercarnos a caracterizar dicho Iceberg por medio de las partes que emergen de él. Para Gilbert y Boulter (1995) y Justi (2006), esta exteriorización del modelo se denomina modelo expresado o modelo expreso y se puede realizar por diversos mecanismos o representaciones como las acciones, la escritura, o de manera simbólica, lo que permite una visión más cercana del modelo mental.

Es decir, los modelos mentales son los precursores de cualquier modelo expreso y estos modelos expresos pueden poseer una enorme polisemia. Chamizo (2010) reconoce que pueden existir diversas interpretaciones de los modelos de acuerdo a la intención que se tenga y se

podrían identificar modelos tanto ejemplares como analógicos. Los primeros cuando se tiene un referente para imitar como la inteligencia de un sabio, la solidaridad de una enfermera, la belleza de una mujer indicando referentes a seguir; en otro contexto se pueden identificar modelos analógicos en la medida que permiten contextualizar y representar cierta porción del mundo con un objetivo específico, estas representaciones son propias de los sujetos ya sea de manera individual o grupal.

Figura 1. **Tipología de los Modelos según Chamizo (2010).**



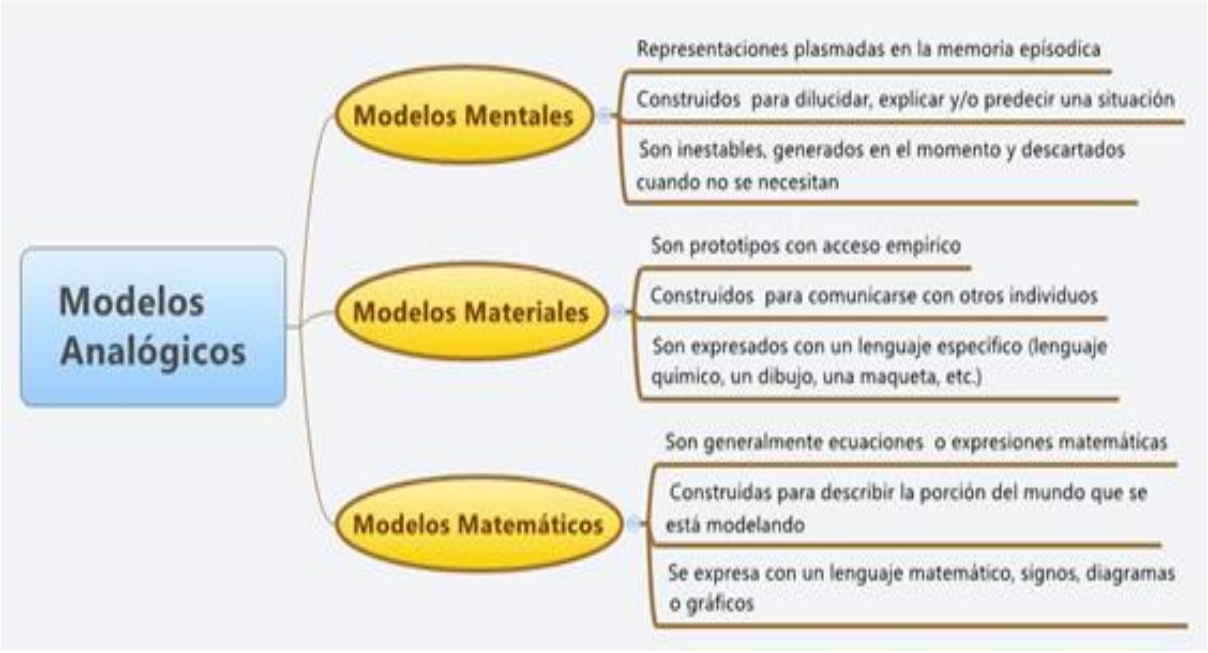
Fuente: Adaptado de los modelos en la enseñanza de las ciencias. En Martínez F (Ed), Modelos y Modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales (13-18). México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Estos modelos se pueden identificar por tres aspectos específicos: de acuerdo a la analogía, de acuerdo al contexto o a la porción del mundo que se desea representar. Chamizo (2010) expone que, los modelos por analogía se pueden a su vez subclasificar en: mentales, materiales y/o matemáticos; Los de contexto pueden ser didácticos o científicos teniendo en cuenta que principios los sustentan y la funcionalidad que se les asigne, y de acuerdo a la porción del mundo que se quiere modelar, se identifican los objetos, fenómenos y/o sistemas. Figura 1.

Al ampliar la definición de modelo analógico, Chamizo (2010) ; Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) afirman que está constituido por rasgos o propiedades similares entre las representaciones originadas a partir de una proporción del mundo con un objetivo específico, teniendo en cuenta

el tiempo y lugar históricamente definido, a su vez, identifican que los modelos mentales son precursores de las ideas previas o concepciones alternativas elaboradas por los sujetos; los modelos materiales identificados como prototipos, son elaborados para comunicarse con otros individuos y por último, los modelos matemáticos que generalmente son ecuaciones propuestas manejan un lenguaje y "en términos cuantitativos, es que permite expresar conceptos que a su vez facilitan la formulación de leyes cuantitativas las cuales, a su vez, posibilitan la explicación de los fenómenos y la predicción de otros nuevos" (Vizcaino & Terrazzan, 2015, p.99). De esta manera, se podría inferir que dicho lenguaje se emplea para describir la porción del mundo que se está modelando y son los constituyentes en muchas ocasiones de las leyes propuestas por los científicos. Figura 2.

Figura 2. **Características de los modelos Analógicos.**



Fuente: Adaptado de Chamizo (2010)

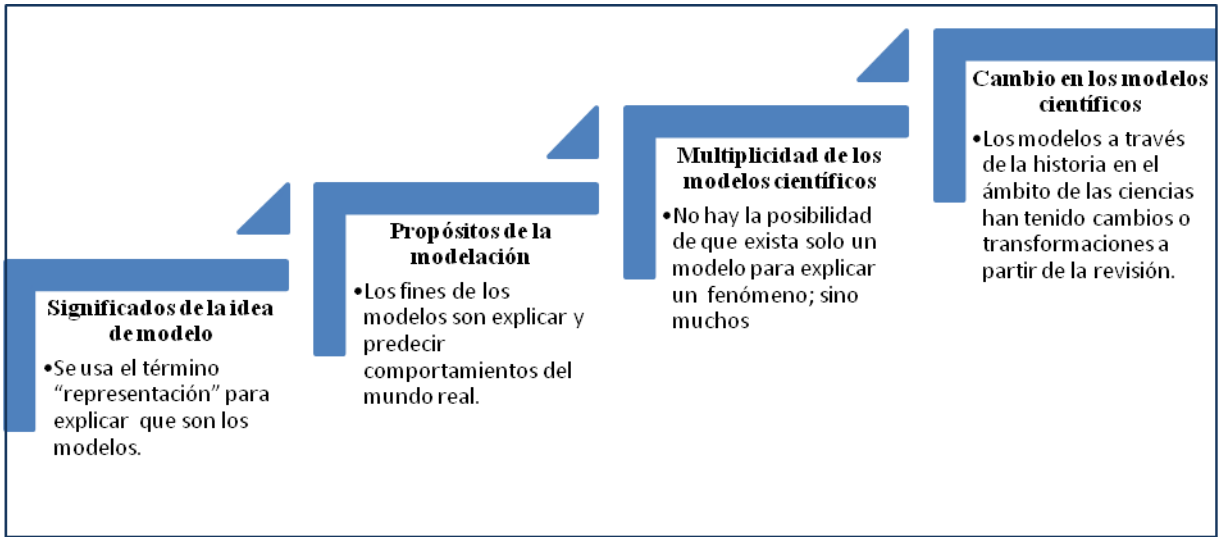
En lo que respecta a los modelos de acuerdo al contexto, Chamizo (2010) determina que este tipo de modelos están referenciados al entorno físico o una situación determinada, ya sea histórica, política, cultural o de cualquier otra índole que encierra un hecho en particular, donde

considera necesario diferenciar dos contextos diferentes; el primero el de la investigación científica y el segundo de la ciencia escolar y sus didácticas. En este orden de ideas “la actividad científica consiste, fundamentalmente, en construir y validar modelos, y modelar es construir modelos” (Chamizo, 2010, p.18), por lo tanto, se enmarca este proceso en lo que se denomina modelación. Los modelos científicos son construidos por expertos en el ámbito de las ciencias donde se busca dar explicación de los fenómenos observados siendo validados por eruditos; Analógicamente existen los modelos científicos-escolares, elaborados al interior del aula por docentes y estudiantes, donde expresan los hallazgos y limitaciones sobre la porción del mundo que están analizando y pueden ser validados por quienes intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Los modelos didácticos son el punto de partida de algunos investigadores en el área de la educación, quienes han retomado los planteamientos de Johnson Laird hechos desde la psicología cognitiva y lo han adaptado a los procesos de enseñanza y aprendizaje desde finales del siglo pasado, estableciendo un creciente interés por la modelación en la enseñanza de las ciencias como una alternativa para optimizar los procesos en el aula. De esta manera “los seres humanos no aprehendemos el mundo directamente, sino que lo hacemos a través de las representaciones que tenemos de él, pues la percepción implica la construcción de modelos mentales” (Greca, 1996, p.98).

Para Chamizo (2010) & Raviolo, Ramírez &López (2010) estos modelos didácticos son diseñados para transformar el conocimiento científico haciendo posible su aprendizaje y están dirigidos específicamente a un ambiente escolar, donde se emplearían como herramientas para llevar el conocimiento científico al aula, este proceso es dominado por Chevallard (1997) como transposición didáctica. En consecuencia, podríamos decir que los contenidos científicos son escolarizados por medio de la transformación del saber erudito a conocimiento que se desea enseñar. En la figura 3, se plantea una serie de características en el proceso de construcción de los modelos propiamente de las ciencias, teniendo en cuenta el planteamiento de Aduriz-Bravo (2013) quien establece que el uso de los modelos en el aula de ciencias se evidencia por medio de las representaciones externas como medio de apoyo para manifestar las representaciones internas.

Figura 3. **Características de la construcción de Modelos Científicos según Adúriz-Bravo**



Fuente: Adaptado de Adúriz-Bravo (2013)

2.2 Modelación

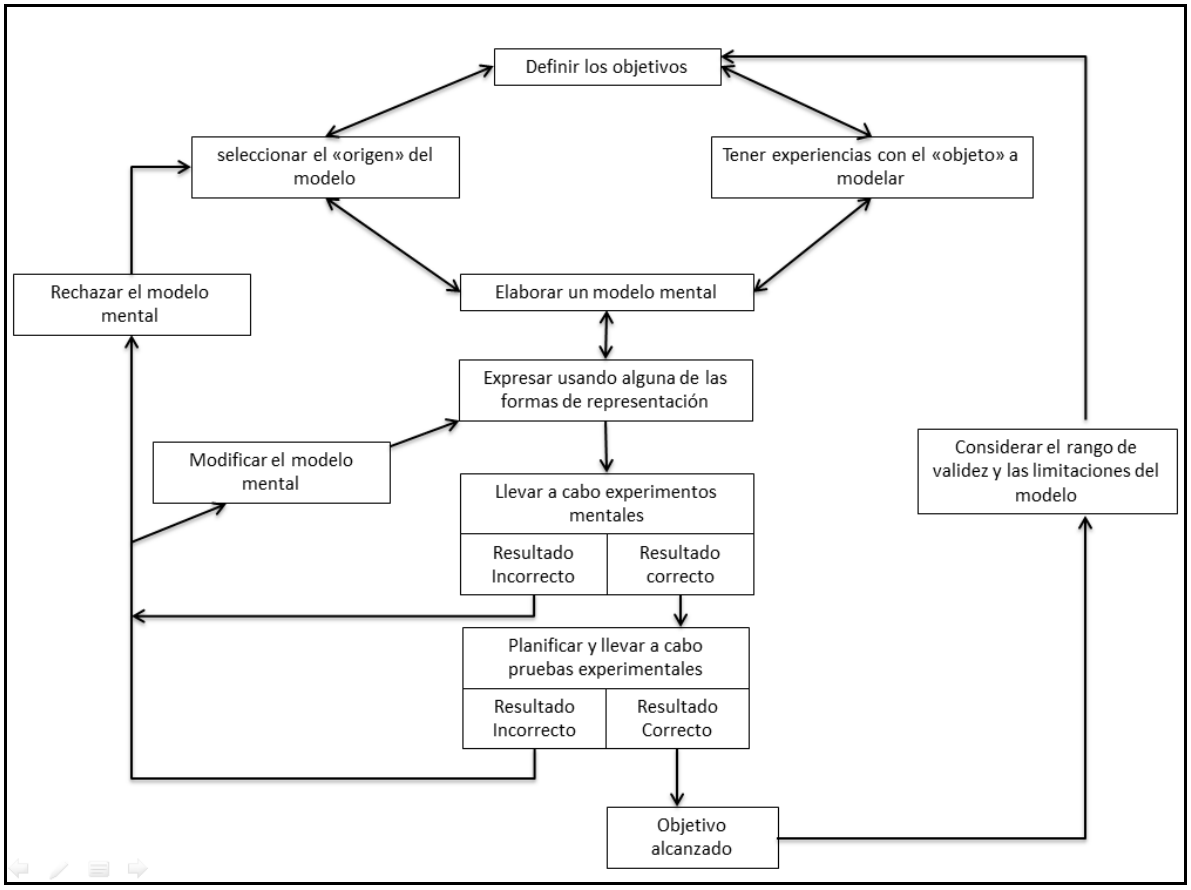
A partir de las premisas establecidas desde la psicología cognitiva con la inferencia de los modelos mentales sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, se ha generado un creciente interés por la inclusión de la modelación en las aulas de ciencias, de esta manera podríamos definir el proceso de modelación como un mecanismo esencial para la construcción de las ciencias en ámbitos de investigación científica, pero aquí surge como docente el cuestionamiento ¿sería posible la construcción de conocimientos en ciencias al interior del aula, emulando los procesos de modelación generados por científicos?

Desde esta perspectiva, se han generado estudios alrededor de los fundamentos de la modelación para realizar una transposición de dicho proceso hacia al aula de clases (Greca y Moreira, (1998); Vielma y Salas, (2000); Concari, (2001); Aduriz-Bravo, (2002); Guevara y Valdez, (2004); Gutiérrez, (2004); Gallego, T. Gallego, B y Pérez, (2006); Justi, (2006); Izquierdo y Galán, (2008); Rodríguez, (2008); Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009); Martínez y Méndez , (2009); Chamizo, (2010); García, (2010); Justi, Chamizo, García y Figueredo, (2011); Merino e Izquierdo, (2011); Justi, Ferreira, Queiroz y Mendonca, (2012) y Chamizo y García,

(2014) entre otros, establecen este mecanismo como una herramienta altamente poderosa para construir conocimiento científico escolar al interior del aula de ciencias.

Dentro de los autores mencionados, Justi y Boulter (2002) se convierten en un referente de vital importancia para esta investigación, ya que presentan un modelo explícito sobre cómo se desarrolla el proceso de modelación, en la figura 4 se estipulan las diferentes etapas en la construcción de modelos según los autores:

Figura 4. **Diagrama de Un modelo para la generación de modelos.**



Fuente: Boulter y Justi (2002)

De la figura 4 se infiere que, durante la construcción de un modelo, este se encuentra sujeto a continuas revisiones y modificaciones, partiendo de la experimentación con un sistema que se busca modelar, hasta la validación del mismo frente a un sistema análogo a la inicial.

Justi (2006), considera que en los procesos de construcción de modelos se contemplan cuatro etapas: una primera que finaliza en la construcción del modelo mental inicial, la segunda que decanta en la exteriorización del modelo mental, una tercera como fase de rodaje o comprobación del modelo mental y la ultima una etapa de validación del modelo construido. A continuación, se describe con mayor detalle cada una de ellas.

ETAPA 1: En este segmento del proceso de modelación, inicia con el establecimiento de un objetivo sobre el fenómeno, objeto o sistema a modelizar, por lo tanto, es necesario acercar a los estudiantes al objeto de estudio a través de un marco fenomenológico, donde a partir del planteamiento de una situación experimental con la que ellos interactúen, se logra la emergencia de relaciones análogas entre sus modelos previos y la situación observada. Al respecto, Justi, *et al* (2012) establecen que, para elaborar un modelo mental inicial sobre el fenómeno, objeto o sistema, se parte de experiencias relevantes, donde los individuos seleccionan elementos que ayudan a consolidar por medio de la creatividad u imaginación una primera representación, partiendo de modelos previos o de modelos presentados de forma analógica. En otras palabras, Izquierdo, Galán, Santos & Del Olmo (2008), afirman que "los modelos se construyen mediante procesos de abstracción con el objetivo de facilitar la comprensión de ciertos aspectos de un determinado sistema real" (p.87). De este modo, en el proceso de elaboración de un modelo, se parte de la complejidad del sistema real la cual va disminuyendo de forma intencionada mediante la abstracción.

No obstante, de acuerdo con Justi y Boulter (2002) se hace necesario establecer vínculos con el modelo de origen de los estudiantes, y en un marco científico, sería pertinente presentar los modelos históricos alrededor del fenómeno en estudio, para lo cual Kuhn (2011) y Lakatos, Currie, Zapatero & Carlos (1983),puntualizan que, los estudios epistemológicos deben soportarse en exámenes críticos de la historia de las ciencias, de esta manera, es preciso afirmar que los estudiantes revisan sus recursos mentales, estableciendo relaciones analógicas con los modelos históricos, escogiendo fundamentos que permitan enriquecer su modelo mental,

adaptándolo a situaciones problémicas u objetos de estudio, buscando plantear un nuevo modelo que permita dar solución al cuestionamiento presentado.

En concordancia Halloun (2007) postula, que en los procesos de enseñanza aprendizaje por modelación no es recomendable que el docente imponga modelos científicos, sino mostrar otras alternativas que faciliten la construcción de perspectivas por parte de los estudiantes, haciéndose necesaria la labor didáctica del docente, para hacer una presentación no tan formal de aquel conocimiento que se pueda requerir, ofreciendo situaciones cotidianas a los estudiantes, donde ellos se encuentren familiarizados y permita ubicarlos en un contexto apto para el desarrollo del pensamiento crítico.

Con el fin de estructurar una mirada mucho más compleja del objeto de estudio, y de fomentar la posición crítica se hace necesario la conformación de grupos, para lo cual García (2010) respalda este planteamiento, afirmando que para guiar el trabajo en el aula se hace indispensable la confirmación de pequeños grupos de estudiantes y la función del docente es incentivar el proceso de pensamiento, más que resolver preguntas, de esta manera, obtener una mayor cantidad de herramientas para articular una primera representación del modelo adaptado por los estudiantes, generando una perspectiva constructivista de este método de enseñanza y aprendizaje.

ETAPA 2: Viene un segundo momento para la disposición de recursos necesarios en la construcción del modelo por parte de los estudiantes, donde "el proceso continua con la búsqueda de relaciones de distinto tipo, en primer lugar de naturaleza causal dentro del dominio fuente, y más tarde, de abstracción de semejanzas entre los dominios en comparación" (Martínez & Méndez, 2009, p. 202), donde se suscita la necesidad de establecer características de explicación frente al sistema físico presentado, lo que permite plantear diferentes inferencias de los recursos empleados por los estudiantes por asimilación o analogía en el fenómeno observado.

Es muy probable que en esta etapa 2 (de causalidad) los estudiantes vuelvan a etapas iniciales, con el fin de obtener elementos que ayuden a enriquecer el modelo propuesto a partir de la revisión de sus premisas, al respecto Izquierdo *et al.,* (2008), afirman que esto permite enriquecer el inventario de componentes del modelo para explicar el sistema físico observado, siendo adaptados al interior del grupo, donde se evidencia un proceso cíclico de renovación

entre las dos etapas tal como lo indica Barquero (1995) expresando los modelos mentales "se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante"(p.261), donde se trata de eliminar aquellos aspectos que no ayuden a la consecución del mismo y en los objetivos que se persiguen en el proceso.

Una vez se realiza esta revisión y adaptación de los nuevos componentes del modelo, se hace necesaria una ejecución mental del mismo, lo que permite determinar aspectos visibles del modelo, al respecto Nersessian (1992) plantea que, los modelos mentales son niveles de análisis intermedios entre el fenómeno y el modelo final resultante (modelo expreso), permitiendo establecer inferencias entre los componentes requeridos y su interacción para la explicación del fenómeno, pero allí surge la pregunta ¿solo es necesaria la presentación de sistemas físicos al inicio del proceso para llegar a este punto?, la respuesta termina resultando lógica y se hace necesario la presentación de un nuevo escenario (en este caso mental) donde los estudiantes rueden su modelo articulado y ello conlleve a fase de simulación (en este caso mental), que permitirá aceptar el modelo consensuado al interior del grupo o en su defecto hacer los ajustes pertinentes para su función predictiva.

Aquí "podría pensarse que se construye un modelo mental que actúa de intermediario (modelo mental que resulta de la aplicación de elementos de varios esquemas) y que permite hacerle frente a esa nueva realidad" (Rodríguez, 2004, p. 8), dando luces de que se requiere una nueva experiencia para demostrar la eficiencia del modelo creado. Una vez sea ejecutado este modelo mental, los estudiantes podrán presentar nuevos aspectos del modelo, en este caso siendo predictivos, dando respuestas nominales de lo que sucedería en los escenarios expuestos, pero para establecer la naturaleza del funcionamiento de los modelos en ciencias, se hace necesario una representación formal de las características del funcionamiento del modelo, una segunda representación, donde se observa un ámbito más predictivo en este punto, contemplando la forma en que intervienen los diferentes aspectos del modelo.

Es probable que esta segunda representación en el caso de las ciencias recaiga en una formulación matemática, de acuerdo a esto, Chamizo (2010) afirma, que los algoritmos matemáticos construidos para describir los fenómenos que se modelan, son considerados modelos matemáticos, donde se observa la lógica del funcionamiento de dicho modelo, donde se deja en evidencia un proceso que está ocurriendo en el aula, analógico a lo que ocurre en la

ciencia. La funcionalidad de dichos modelos expresos (en forma matemática), que son construidos al interior del grupo, puede ser aplicados a nuevas situaciones problémicas en pro de surtir predicciones en posibles sistemas físicos y escenarios mentales a futuro.

ETAPA 3: En este tercer momento hay un proceso de comprobación del modelo propuesto, que puede realizarse por medio de una simulación mental o por medio de un método experimental, permitiendo la formulación y evaluación de predicciones, demostrando la pertinencia de la analogía propuesta al interior del aula Justi y Gilbert, (2002); Justi, (2006) y Martínez & Méndez, (2009). Otro planteamiento similar la plantea Gutiérrez (2004) quien denomina esta etapa de correspondencia, donde hay una demostración del modelo mental a través de un sistema físico, el cual podría ser planteado por el docente o propuesto por los estudiantes.

Complementando Chamizo (2010) afirma "El contraste y encaje entre el modelo material y el mundo real implica la observación del modelo material y la conducta del objeto, fenómeno o sistema de referencia" (p. 17), esto permite establecer una pertinencia entre en el modelo expresado por los estudiantes y el sistema físico observado, donde se asegura que el modelo es lo que su diseñador piensa que es. Izquierdo *et al.*, (2008), afirman que el proceso de verificación es importante e indispensable en el desarrollo de modelos formales, en los que el proceso de aplicación del modelo y la derivación lógica de resultados no están exentos de errores, en consecuencia es probable que los resultados esperados por los estudiantes a partir del modelo elaborado y las observaciones hechas del sistema físico en el cual se ejecutó no sea lo esperado, donde se hace necesario modificar el modelo, volviendo a las etapas anteriores del ciclo, o proponer uno nuevo, retomando la etapa inicial del proceso Justi et al., (2012).

Al respecto García (2010), considera que la relevancia de las actividades experimentales en los procesos de modelación en la enseñanza de las ciencias, se aleja de la formación tradicional, ya que no se busca replicar el conocimiento científico, por el contrario, busca facilitar la adquisición de evidencias y la comprobación de los modelos construidos por los estudiantes en el aula de ciencias. Izquierdo *et al* (2008) afirma que este conocimiento adquirido durante el proceso de modelación puede extenderse a otros sistemas físicos, cuya esencia quede capturada por la misma abstracción.

> La experimentación abordada desde las diversas funciones que puede ofrecer, como, por ejemplo, para analizar la lógica de un experimento mental, estudiar las posibilidades de la demostración de una ley física, comprobar una teoría, elaborar y analizar montajes experimentales para resolver un problema. (Castiblanco & Nardi, 2014 (b), p. 19)

En consecuencia, cuando el modelo ha superado el proceso de comprobación, se hace indispensable presentar el modelo junto con la experiencia que lo corrobora a los pares, tratando de simular la actividad científica donde "Los científicos construyen modelos sobre una determinada porción del mundo y son dichos modelos, con sus ventajas y desventajas, lo que reportan a sus colegas" (Chamizo, 2010, p. 15)". Este procedimiento, el cual se llevaría a cabo a través de la exposición del modelo y las implicaciones que este conlleva, tiene un corte fundamental en el proceso de modelación en el aula de ciencias, ya que para los sociólogos del conocimiento, las ciencias han obedecido a una construcción colectiva, pues la enseñanza por modelación, ha de contener como fundamento la actividad adelantada por pequeños grupos y su correspondiente socialización en plenarias en el colectivo del aula; estas plenarias en las que los relatores de los grupos, han de exponer y sustentar con argumentos lógicos y empíricos, sus deducciones y propuestas permite romper la mirada empiropositivista y el tecnicismo que esta encierra a través de los aportes relevantes del auditorio, fomentando la discusión en pro de enriquecer el modelo e introduciendo a los estudiantes en una nueva imagen de las ciencias y de la actividad científica. Al respecto Sigüenza (2000) y García (2010) afirman que cuando se generan estos procesos de retroalimentación los estudiantes están en la capacidad de reconocer anomalías en loso factores causales y en consecuencia postular cambios en la estructura del modelo, objetos, procesos y/o estados.

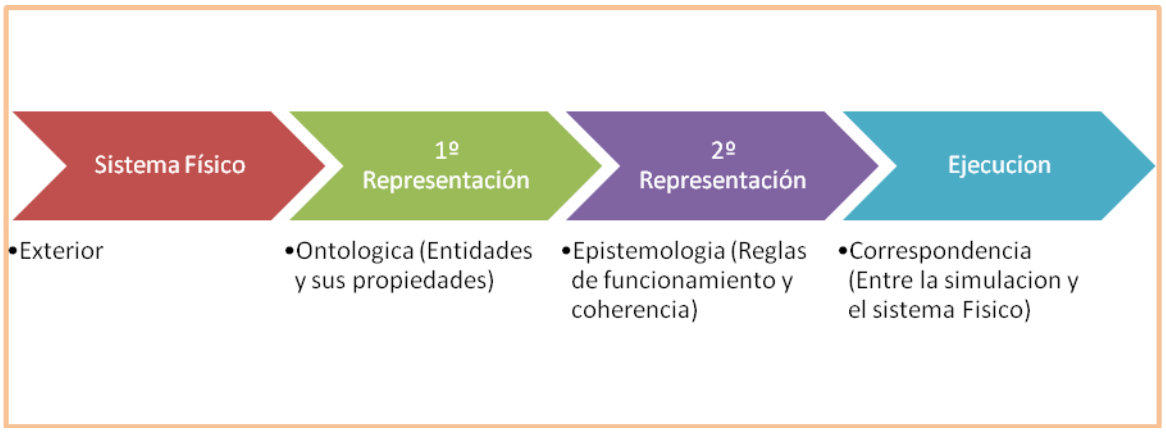
ETAPA 4: Una vez expuestos el modelo final al auditorio, se somete a evaluación la pertinencia de este, proceso denominado validez ya que, a diferencia de la verificación del modelo, la validación científica referencia claramente al sistema físico que se está modelando. En concordancia "Validar un modelo consiste en valorar su utilidad dentro del contexto de aplicación." (Izquierdo et al., 2008, p. 89). Este proceso en el aula podría realizarse mediante una rejilla de evaluación del modelo, siendo este paso el que analógicamente podrá validar el modelo creado al interior del grupo, de una forma similar al que se presenta en la comunidad científica donde los grupos que fueron testigos de la exposición podrán evaluar si el modelo

expuesto es comprensible, si la presentación no es compleja, la veracidad del modelo frente a un marco experimental, la coherencia con el marco de estudio entre otros.

2.3 Categorías de análisis en la construcción de modelos mentales

Rodríguez (2008) plantea que la estructura de los modelos mentales está conformada por tres conjuntos de elementos; Entidades, propiedades de esas entidades y las relaciones que pueden existir entre ellas, definiéndolos como abstractos y por ende aplicables a un mayor número de situaciones. Al respecto Gutiérrez (2004) propone un método de análisis de estos modelos elaborados a través de un proceso de modelación centrado en las categorías **On**tología, **E**pistemología y **Psi**cología, resumido en el acrónimo ONEPSI, el cual permite identificar los constituyentes de un modelo y el engranaje de ellos, donde si hablamos de entidades y componentes lo connotamos en un marco ontológico, propiedades de las entidades y su capacidad explicativa, que recaería en el aspecto epistemológico del modelo y por último las relaciones que obedecerían a la emulación del funcionamiento del modelo ya sea como mínimo a nivel mental, presentando un nivel psicológico o llegando a ser representadas en un sistema físico experimental.

Figura 5. **Constituyente de un Modelo Mental y su Ejecución**



.

Fuente: Adaptado de Gutiérrez (2004)

A partir del diagrama propuesto por Gutiérrez (2004) se puede inferir que en la construcción del modelo mental se parte de un sistema físico, que serviría como incentivo para la construcción del modelo. A partir de este sistema los individuos presentan una primera representación ubicando aspectos constituyentes y sus propiedades dentro del modelo propio del individuo, este es articulado gracias a un razonamiento analógico, una vez ubicados estos requisitos ontológicos para que ocurra esta articulación se establecen principios de funcionamiento y coherencia que obedecen a la perspectiva epistemológica del modelo y por último se busca una correspondencia entre el modelo mental simulado y un nuevo sistema físico que permita comprobar la pertinencia del modelo.

2.3.1 Componente Ontológico

El componente ontológico se constituye como un primer escenario, donde se ubican cada uno de los elementos que entran en el juego de la modelación, siendo este el punto de partida para entender una realidad mental, ubicando los recursos necesarios para recrear o establecer una primera analogía a nivel mental del sistema que se busca analizar, al respecto Bruner (1991) expresa que el mundo subjetivo es construido de forma simbólica, pasando a articular esta elaboración como un atributo de la mente, donde es el sujeto el quien atribuye características al objeto en un contexto predeterminado.

Por ejemplo podríamos partir del enunciado “el sofá se encuentra en la sala”, donde el sujeto en su mente dimensionara un espacio dentro del cual se encontrarían la sala y el sofá; si no se dan unas características específicas, el sujeto podría ubicar en su mente un sofá de determinado color, forma y textura, atribuyéndole una razón de existencia en su mente, este sofá no estará ubicado en un espacio vacío, sino en realidad en un lugar o contexto ligado a él “la sala”. Dentro de las características ontológicas no solo aparecen objetos, sino también entidades que solo tendrían significado e ilustración en un contexto especifico, por ejemplo, el concepto de alegría, si nos referimos a únicamente la entidad alegría sería prácticamente imposible connotarla sin un contexto y otros componentes ontológicos para atribuirle un significado.

Al respecto Justi, *et al*., (2012) postulan que, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias es indispensable encontrar el sentido de lo visible e invisible e intocable, y esto se puede

realizar a través de los modelos mentales, ya que en ellos se pueden visualizar imágenes de entidades abstractas que permiten una mayor comprensión de la naturaleza, propiedades y comportamientos de las mismas. En este marco, la esencia básica es la ubicación de los componentes necesarios que nos lleven a una mayor comprensión del sistema que se busca modelizar con la mayoría de componentes que participan en él sean estos reales o abstractos. En complemento, Izquierdo *et al.*, (2008) indican que, las incidencias entre las entidades que participan en un sistema recreado análogamente, no siempre están ligadas por una relación lineal causa-efecto, ya que no se caracterizan precisamente por recaer en la explicación de fenómenos observados, sino que se establece una descripción general del sistema estableciendo un caldo de cultivo para la generación de los modelos, donde el sujeto en su mente ubica los recursos y/o entidades que se requieren para el modelo que se encuentra en estructuración. De acuerdo a esto Sigüenza (2000), establece que la emergencia e identificación de estos aspectos ontológicos son el precursor de los modelos mentales, sin confundirlo con el modelo mental formulado, sino caracterizándolo como una primera representación, la cual ira mutando a través de todo el proceso de modelación. Podemos entender entonces las características ontológicas, como aquellas entidades que constituyen el modelo mental en un escenario determinado, atribuyéndole un significado a un sistema que se articula en la mente del individuo, cumpliendo una función descriptiva.

2.3.2 Componente Epistemológico

Después de realizarse una primera representación de característica ontológica, emerge una segunda representación que da la connotación epistemológica del modelo, donde se tratan de establecer relaciones de inferencia y causales entre los componentes ontológicos del modelo. “Los modelos mentales, por su capacidad para operar con la abstracción, van a permitir el establecimiento de deducciones y de inferencias que dotan de poder explicativo y predictivo al usuario” (Rodríguez, 2008, p. 63). En consonancia con esta idea, Gutiérrez (2004) afirma que, esta representación tiene reglas de funcionamiento que marcarán el comportamiento de las propiedades, estableciendo coherencia con la ontología del modelo, donde se afianza la característica epistemológica del modelo. De igual manera Greca y Moreira (1998) plantean que los mentales son modelos de trabajo de situaciones presentes en el mundo y que, por medio de su

manipulación mental, nos permiten entender y explicar fenómenos de ese mundo y actuar de acuerdo con las predicciones resultantes.

Sigüenza (2000) complementa afirmando que el proceso de traducir afirmaciones a un lenguaje mental se denomina comprensión y estas a su vez pueden emplear postulados de significado para poder establecer inferencias, de esta manera se utilizan los principios de causa efecto o esquemas causales, que se concretan en un modelo mental cuya interpretación se realiza a partir de los requerimientos de la situación problema o fenómeno al que se enfrenta un sujeto. En esta etapa se puede recurrir al sentido común, siendo estos modelos análogos de la realidad y en muchos de los casos sujetos a modelos aprendidos en la ciencia escolar, los cuales se puedan ajustar tanto al marco ontológico empleado, como al fenómeno observado. Una vez realizado este minucioso proceso de selección y articulación de los recursos necesarios, se procede al proceso denominado rodaje definido por Greca y Moreira (1998) como “running” donde el usuario del modelo mental establece las relaciones de cada uno de los componentes del modelo para simular una situación problema en estudio, el cual se hará mentalmente para la revisión del funcionamiento del mismo, y que a priori permitiría hacer los reajustes pertinentes al modelo construido.

Con ello se constituye la importancia del rodaje de los modelos mentales, donde el individuo construye un sistema que le permite comparar sus predicciones frente a un sistema real, “sin recurrir a las reglas de la lógica ni de la sintaxis, sino al empleo de entidades explicativas de orden estrictamente psicológico, susceptibles de manipulación experimental” (Santamaría, 1989, p. 26), definiendo esta etapa como de construcción-reordenamiento de los componentes del modelo.

2.3.3 Componente de Correspondencia y Validez

Ya haciendo connotación de los dos primeros aspectos del modelo los cuales serían de ámbito ontológico y epistemológico, se contempla una fase final obedeciendo a un tercer aspecto del modelo, para verificar la validez del mismo y se le atribuye a la correspondencia.

> La mente opera computacionalmente con proposiciones, modelos mentales e imágenes (primera teoría); que lo hace trabajando a distintos niveles a través de una organización funcional (segunda teoría); y que se sustenta físicamente en una estructura real cuyo conocimiento actual, cuanto menos, puede soportar un funcionamiento semejante (tercera teoría). (Rodríguez, Marrero & Moreira, 2001, p. 244).

Se comprendería entonces a la correspondencia como un estatus de convergencia entre lo que se predice y lo que sucede, donde se le atribuye veracidad al modelo y de paso demostrando que puede ser aplicable a situaciones y/o sistemas análogos al presentado inicialmente. Ahora bien "¿Qué significa decir que un discurso es verdadero porque corresponde a la realidad? El núcleo del problema es mostrar como el lenguaje relata el mundo a través de la mediación de la mente" (Rodríguez, 2008, p.47), por ello se requiere un marco expositivo del modelo y su enfrentamiento con un sistema físico, mediante el cual pueda ser demostrado y así mismo darlo a conocer a la comunidad que se encuentra investigando el mismo sistema, donde se emula los procedimientos guiados por la comunidad científica y dotar de validez o no al modelo presentado. En estos términos en la validez al razonar no se incluye únicamente solo el procedimiento sintáctico, sino adicionalmente apoyándose "en los significados que se atribuyen a las premisas y es esto lo que dota de comprensión, derivándose de ello conclusiones validas, personalmente validas, idiosincráticamente válidas y no solo conclusiones lógicas simplemente válidas." (Rodríguez, 2008, p.57).

2.4 Revisión Histórico-Epistemológica de Calor y Dilatación Térmica

La investigación en el campo de la enseñanza del fenómeno de la dilatación térmica y afines es muy escasa, sin embargo, se encuentran algunos autores que abordaron temas pertinentes al fenómeno en cuestión, entre ellos:

- García-Colín (2000) en su artículo denominado ven y vamos a conocer el mundo del calor y el frio, donde realiza un aporte sobre cómo se desarrolló el concepto de energía y su implementación en el avance tecnológico de la humanidad.
- Lecaille (1994) en su trabajo el flogisto. Ascenso y caída de la primera gran teoría química, realiza un desarrollo cronológico de la incidencia del calor sobre la materia

desde los principios del alcahesto hasta el modelo calórico, explicando los cambios de paradigma suscitados en este periodo histórico.

- Barbosa y Escalante (2015). En su trabajo exponen los resultados de investigación en dos colegios de Barranquilla Colombia sobre el desarrollo de los conceptos de calor y temperatura a partir de la indagación-

Para la construcción del desarrollo epistémico de la dilatación térmica, es relevante abarcar como fue la transformación de los modelos planteados a través de la historia en torno al calor. En el siguiente apartado se realiza una síntesis a partir de la indagación realizada por Camelo y Rodríguez (2008) y otros autores, donde se delimita los diferentes modelos presentados a través de la historia bajo la luz de dos corrientes: Los modelos sustancialistas del calor como lo son los cuatro elementos, el alcahesto, el flogisto y el calórico; por otro lado, el modelo dinámico del calor representado por la cinética-molecular.

2.4.1 Modelos sustancialistas del calor

2.4.1.1 Cuatro elementos

Lecaille (1994) plantea que el modelo sustancialista de calor parte desde la prehistoria, con el surgimiento del fuego donde la consigna era "*ignis mutat res"* contemplando al calor como instrumento de transformación, ya que gracias a él se producían cambios en los materiales. Camelo y Rodríguez (2008) afirman que, Heráclito concebía al fuego como una sustancia fundamental para las transformaciones de la materia, argumentando su posición desde el comportamiento del aire en fenómenos como la condensación en líquidos por medio del frio y la rarefacción o transformación de los líquidos en aire a través del calor (evaporación). Complementando esta idea Empédocles (493 a.C.-433 a.C.) establece que elementos básicos como el fuego, agua, tierra y aire se transmutan para dar lugar a nuevas sustancias con diversas formas y propiedades. Posteriormente Aristóteles, enriquece esta teoría agregando una relación existente entre el frio y húmedo y el calor con lo seco tratando de establecer que la condición y estado de los diferentes materiales en la naturaleza estaban sujetas a la proporción de estos

factores en los materiales. Es relevante afirmar que, en este periodo de tiempo, se diferenciaban algunos fenómenos como la dilatación de los sólidos, líquidos y la dilatación térmica del aire y el vapor, los cuales tenían un comportamiento especifico frente al calor y no se tenía en cuenta la temperatura como un aspecto relevante en estos procesos, debido a que no era contemplada en las ideas Aristotélicas.

2.4.1.2 Alcahesto

Las ideas de Aristóteles comienzan a ser cuestionadas a mediados del siglo XVI, cuando Van Helmont propone la existencia de una quinta esencia de la materia denominada *Alcahesto* como agente universal que produce las reacciones químicas y las transformaciones, la cual trató de demostrar a partir de la siembra de un árbol, con lo cual estableció su idea de la transmutación de los materiales, ideas que más adelante servirían como pieza fundamental para el desarrollo de la teoría del flogisto.

2.4.1.3 Flogisto

Después del alcahesto, Becher propuso dos componentes de la materia, agua y tierra, ofreciendo una categorización para la tierra a los cuales denomino: tierra vitrificable, tierra materia y tierra inflamable. Posteriormente Stalh atribuyo a la tierra inflamable el nombre de *flogisto* que se denominaba como un elemento inaccesible que poseen los cuerpos combustibles, donde se hace necesario resaltar que en el transcurso del siglo XVII se oponían dos teorías sobre el calor: la del flogisto y la que razonaban los seguidores de los atomistas griegos.

2.4.1.4 Calórico

Aquí aparece otro paradigma el calórico, que se explicó como el fenómeno del aumento del peso de la sustancia cuando se calcinaba, se comenzó a elaborar y a defender la idea de que ese aumento se debía a la fijación de una porción del aire atmosférico por parte del metal, de modo que se liberaba la materia del fuego o calórico y se formaba la cal correspondiente, planteando las siguientes premisas: 1) El fluido no se crea ni se destruye y 2) La cantidad de calórico transportado hacia o desde el objeto es directamente proporcional a la masa y a la temperatura del objeto. Partiendo de este planteamiento, se consolido la teoría que defendía la existencia de un fluido invisible que estaba en movimiento en una sustancia, aumentando o disminuyendo su

temperatura, donde por medio de esta teoría se explicaban hechos como la dilatación y la contracción térmica. De esta manera, el calentar un cuerpo era lo mismo que aportarle calórico y como resultado se evidenciaba la dilatación del mismo; lo contrario ocurría al enfriar el cuerpo, pues el calórico se retiraba haciendo que se contrajera.

2.4.2 Modelo dinámicos del calor

2.4.2.1 Cinético-molecular

Para el desarrollo de la etapa de la energía, Rius de Repien & Castro (1995) afirman que durante esta época se logra demostrar la obtención de calor por medio del rozamiento, lo que se explica en la teoría mecanicista, pues la energía mecánica podía llegar a transformarse en calor, hecho que no era fácilmente argumentable con la teoría del calórico, conllevando a un cambio de paradigma. Esta idea culmina con los trabajos de Joule (1818-1889) que establece que el calor y el trabajo no son más que manifestaciones de la energía, se postula que, si bien "la energía mecánica y la energía térmica pueden transformarse una en otra, la energía en sí no podía ser creada ni destruida" (Camelo y Rodríguez, 2008 p.75), donde se establecen los principios básicos de la termodinámica que conocemos.

A partir de esta revisión, se evidencia que las descripciones de calor realizadas desde los modelos sustancialistas: los cuatro elementos, alcahesto, flogisto y calórico, se caracterizan por considerar que un cuerpo puede estar caliente o frío dependiendo de algún tipo de sustancia que se encuentre dentro de él, donde el incremento de su tamaño por efecto del calor (dilatación térmica), se explicaba por el aumento de la cantidad de sustancia que fluía hacia él. En contra posición toma fuerza la corriente del modelo dinámico de energía, afirmando que, el calor es un intercambio de energía del sistema con el medio o sus alrededores y en este sistema intervienen partículas manifestando diversos movimientos que influyen en la velocidad de las reacciones, el volumen de las sustancias y de esta manera la teoría cinética molecular explicaría el fenómeno de dilatación térmica.

3. Diseño Metodológico

En el marco de esta investigación y respondiendo al interrogante ¿Qué características poseen los modelos generados por los estudiantes en torno al fenómeno de dilatación térmica?, se realizó un proceso de intervención didáctica con 28 estudiantes de grado undécimo de una institución educativa distrital de la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá, donde los estudiantes pertenecen a un estrato socioeconómico 1 y 2, y es de carácter mixto. En búsqueda de fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje orientado a la comprensión de fenómenos en especial de las ciencias naturales, se planteó esta investigación, la cual se desarrolló en cuatro etapas que la guiaron, las cuales fueron: diagnostico, planeación, intervención didáctica y análisis de los datos obtenidos, explicados a continuación:

Figura 6. **Etapas en el Diseño de la Investigación**



Fuente: Autor

3.1 Diagnóstico

Esta parte inicial se fundamentó en la definición del problema, objetivos, exploración bibliográfica y planteamiento de la metodología para la ejecución de esta investigación. En los apartados anteriores se encuentran delimitados los primeros tres ítems. En lo que respecta al planteamiento de la metodología cabe resaltar que, en el marco de esta propuesta, se planteó una

investigación cualitativa, en el sentido descrito por Flick (2008), donde los métodos cualitativos pueden ayudar al investigador a desarrollar modelos, tipologías, teorías o formas de describir y explicar cuestionamientos en ámbitos sociales y psicológicos. En la misma línea, Strauss y Corbin (2002) afirman que "los métodos cualitativos se pueden usar para obtener detalles complejos de algunos fenómenos, tales como sentimientos, procesos de pensamiento y emociones, difíciles de extraer o de aprehender por métodos de investigación más convencionales" (p. 21) resaltando que en este tipo de investigación se prioriza la preocupación por lo subjetivo, peculiar e idiosincrático.

Partiendo de esta metodología de investigación se implementó la técnica de investigación intervención, donde desde la perspectiva de Chizzotti (2003) se establece que quien realiza la indagación, hace parte fundamental de la investigación cualitativa, teniendo una actitud abierta y motivadora con los participantes, y de esta manera lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado, a partir de una reflexión que conlleva a una práctica articulada entre la acción y el pensamiento. De igual manera es de resaltar que esta técnica permite extraer datos e información en un momento determinado, para realizar un diagnóstico del fenómeno de observación. Es importante anotar que, para la investigación, de acuerdo a los parámetros éticos, se solicitó permiso a los acudientes de los menores de edad, por medio de una carta de consentimiento (Ver anexo II).

En lo que respecta al análisis de los datos recogidos, se empleó la técnica de análisis de contenido propuesta por Bardin (1986), con el fin de ayudar a clasificar y codificar los diferentes componentes obtenidos en la recolección de datos, para luego categorizarlos de acuerdo a los parámetros sugeridos por el investigador por medio de indicadores cuantitativos o cualitativos, en el marco de las cinco reglas propuestas por Bardin (1986, p.122)

- La exhaustividad: Supone que las categorías establecidas permiten clasificar el conjunto del material recogido.
- La representatividad: se puede garantizar cuando el material se presta para efectuar el análisis sobre la muestra.
- La homogeneidad: Los documentos deben ser homogéneos, es decir escogidos en función de criterios precisos y no presentar mucha singularidad en relación con estos.
- La pertinencia: los documentos escogidos deben corresponder al objetivo del análisis.

- La univocación: significa que una categoría tiene el mismo sentido para todos los investigadores.

Teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente, se analizaron los datos obtenidos a través de los diferentes instrumentos implementados a los estudiantes durante la intervención.

3.2 Planeación

En búsqueda de lograr procesos de modelación en los estudiantes sobre el fenómeno de dilatación térmica, se diseñó una intervención didáctica que permitiera no solo entender este fenómeno, sino fortalecer los procesos llevados a cabo dentro del aula, donde los estudiantes se concienciaran que la producción de conocimiento científico no es algo único de los eruditos en ciencias, sino también es un proceso que se puede desarrollar en contextos escolares, a partir de la indagación propia sobre el fenómeno observado de acuerdo a sus intereses y no de la imposición de contenidos, con el fin de enriquecer sus propios modelos explicativos.

3.2.1 Diseño del Instrumento de Intervención

Para tal fin se diseñaron los instrumentos de intervención didáctica, teniendo en cuenta las directrices planteadas por Justi (2006) para el proceso de modelación de acuerdo a la figura 4. Con esta propuesta buscamos desarrollar habilidades de construcción de modelos en los estudiantes, durante su proceso de interacción y experimentación con el fenómeno de dilatación térmica, a partir de la indagación y la generación de modelos mentales que fueron expresados por medio de representaciones de forma continua en cada una de las etapas de esta intervención. Cada una de las actividades tuvo como objetivo establecer relaciones e incidencias del calor sobre los materiales; permitiendo no solamente la construcción de conocimientos, sino el desarrollo de habilidades comunicativas que se manifestaron dentro de la práctica. (Anexo 1). La intervención didáctica fue planificada para tres momentos como se describe a continuación:

Primer Momento constituido por dos Sesiones: De acuerdo a la perspectiva de la autora, en la primera sesión se establece el objetivo del ejercicio el cual se convirtió en una pregunta

problematizadora ¿Cómo cambian los materiales con la influencia del calor? En consecuencia, se diseñaron tres experimentos como lo muestra la figura 11 (a,b,c), que permitieron mostrar el fenómeno de dilatación térmica, y de esta manera obtener una primera representación. En el primer montaje (figura 11a) se buscaba que los estudiantes percibieran el comportamiento del aire contenido en un Erlenmeyer al estar sometido al calor, observando que el globo de látex se inflaba. En la figura 11b, se ubico un huevo cocinado en la boquilla de un recipiente de compota vacío, el cual fue sometido a calor y frio permitiendo el desplazamiento del huevo hacia arriba y abajo respectivamente, mostrando los fenómenos de dilatación y contracción térmica del gas contenido dentro del recipiente. Por último, en la figura 11c se ilustra un montaje con un balón de fondo redondo conectado a un vaso de precipitado con 100 ml de agua por medio de una pipeta, donde al calentar el balón el aire dentro del sistema desplaza el agua contenida dentro de la pipeta liberando burbujas.

***Figura 7*. Sistemas Físicos Experimentales**

a) b) c)



Fuente: Autor

En la segunda sesión se presentaron los modelos históricos sobre el desarrollo histórico del concepto de calor de una forma indirecta y llamativa para los estudiantes de acuerdo con Perea y Buteler (2016) “tratar de clarificar qué papeles puede jugar la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas, de acuerdo con el modelo de enseñanza y aprendizaje por investigación, y elaborar así materiales didácticos coherentes con la propuesta”(p. 15), por lo cual se adaptaron unas caricaturas presentando situaciones cotidianas con dos finalidades: La

primera aportar elementos que permitieran complementar los modelos explicativos de los estudiantes y la segunda determinar bajo qué modelo histórico se encontraban más identificados.

***Figura 8*. Modelo histórico cuatro elementos**



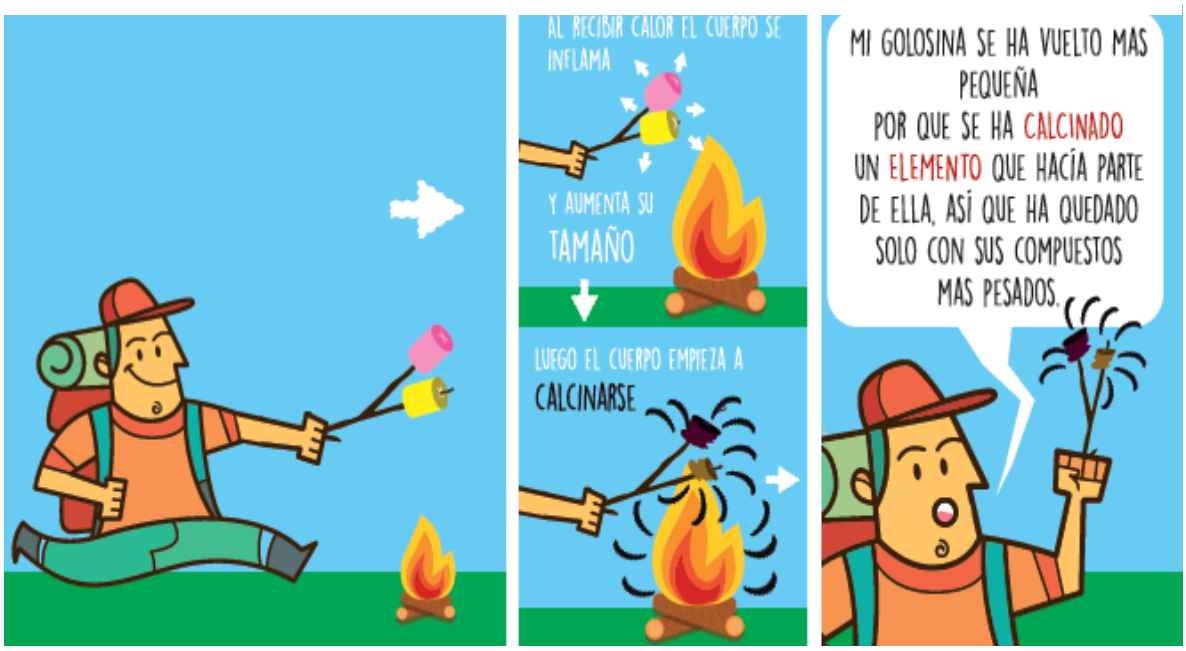
Fuente: Autor

***Figura 9*: Modelo histórico alcahesto**



Fuente: Autor

Figura 10. **Modelo histórico flogisto**



Fuente: Autor

Figura 11. **Modelo histórico calórico**



Fuente: autor

Figura 12. **Modelo histórico cinético-molecular**

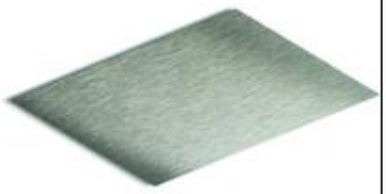


Fuente: Autor

- Segundo Momento: Se planifico para una sesión alrededor de la siguiente pregunta problematizadora ¿Por qué el calor causa diferentes comportamientos en los materiales que están expuestos a él? Se esperaba que los estudiantes establecieran criterios inferencia y explicación frente al fenómeno observado, donde se plantearon dos ejercicios relevantes: el primero la presentación de 3 situaciones, cada una representaba un tipo de dilatación especifica en sólidos: Lineal (a), superficial (b) y volumétrica (c), con el fin de suscitar la ejecución de experimentos mentales y de esta forma obtener modelos expresos que muestren características del modelo mental generado por los estudiantes:

Supongamos que tenemos los siguientes tres elementos:

Figura 13: Materiales que presentan diferentes tipos de dilatación térmica

Una barra de Hierro	Una lámina de Aluminio	Una esfera de acero
		

Fuente: Autor

¿Cómo percibes que será el comportamiento de cada uno cuando este expuesto al calor?

Figura 14: Formato de explicación de los diferentes tipos de dilatación térmica

Barra de hierro	Lamina de aluminio	Esfera de acero

Fuente: Autor

En el segundo ejercicio, se buscaba que los estudiantes expresaran su modelo explicativo, consolidando un algoritmo matemático, para demostrar los principios de su funcionamiento:

4- ¿Cómo explicarías este comportamiento en cada uno de esos tres objetos empleando una expresión matemática?

Figura 15: Formato para la exposición del modelo matemático

BARRA DE HIERRO	LAMINA DE ALUMINIO	ESFERA DE ACERO

Fuente: Autor

Tercer momento: Se elaboró un instrumento de indagación, el cual contemplo 3 ejercicios fundamentales: El primero, la exposición del modelo matemático elaborado al interior del grupo, donde de acuerdo con Porras (2014) la elaboración de espacios de argumentación, pueden ser un aspecto clave para la construcción del conocimiento científico escolar donde los estudiantes asuman un rol protagónico. El segundo ejercicio, la demostración del funcionamiento del modelo explicativo por medio del desarrollo de una práctica experimental planificada por los estudiantes, estableciendo niveles de correspondencia entre el modelo consensuado y un sistema físico. Un tercer ejercicio de evaluación y validación de los modelos expuestos por otros grupos a partir de una rejilla de validación.

Evalúa la naturaleza de los modelos de tus compañeros, marcando con una x en sí o no, cada una de las características que se enumeran en la siguiente tabla:

Tabla 3 *Rejilla de Validación de Modelos Explicativos*

Característica	**G.1**		**G.2**		**G.3**		**G.4**		**G-5**	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
¿Lo comprendieron?										
¿La presentación es sencilla?										
¿Consideran ustedes que podría verificarse el modelo en una práctica experimental?										
¿Es coherente con el fenómeno en estudio?										

Fuente: Autor

3.3 Proceso de Intervención en el Aula

Teniendo en cuenta el instrumento didáctico y el contexto de la institución educativa descrita en el apartado anterior, se realizó la intervención, en tres momentos, la cual se encuentra resumida en la siguiente tabla:

Tabla 4 *Síntesis de la Secuencia de Intervención*

	Sesión	Duración	Preguntas guía	Descripción general actividad	Producto Obtenido	Instrumentos
PRIMER MOMENTO	**1**	100 minutos	¿Cómo cambian los materiales con la influencia del calor?	Indagación a partir de experiencias en el laboratorio sobre la dilatación térmica.	Representaciones escritas y graficas alrededor del fenómeno dilatación térmica.	Instrumento de intervención 1.
	2	80 minutos	¿Cómo se ha explicado la interacción del calor y la materia a través de la historia?	Acercamiento a los modelos históricos del calor, por medio de caricaturas.	Representaciones gráficas y escritas en torno a los modelos históricos suscitados alrededor del calor.	Instrumento de intervención 2.
SEGUNDO MOMENTO	**3**	100 minutos	¿Qué características poseen los modelos generados por los estudiantes de la interacción entre el calor y la materia?	Representación del modelo mental explicativo.	Representaciones escritas y graficas alrededor de la dilatación térmica lineal, superficial y volumétrica.	Instrumento de Intervención 3
TERCER MOMENTO	**4**	90 minutos	*¿Cuáles son los modelos que generaron mis compañeros? *Prueba de coherencia del modelo construido *Capacidad de comunicación de los argumentos que sustentan el modelo.	*Plenaria de cada uno de los modelos generados por cada grupo al aula. *Presentación prueba experimental *Validación del modelo.	*Representaciones gráficas y escritas. *Material videográfico *cuadro de validación de los modelos.	Instrumento de Intervención 4.

Fuente: Autor

3.4 Organización y Sistematización de los datos

Los datos obtenidos de los 5 grupos de estudiantes a través de las diferentes actividades planeadas en los cuatro instrumentos de intervención, a partir de representaciones tanto escritas, gráficas y verbales (videos), se codificaron, sistematizaron y categorizaron a la luz de los planteamientos de Bardin (1986, 1991), para su posterior análisis. En un primer momento se realizó la codificación teniendo en cuenta el instrumento, el grupo y la actividad planteada, como

se evidencia en la *Tabla 5*. Para la sistematización se utilizó un programa ofimático denominado Excel 2007 permitiendo filtrar los resultados a partir de las categorías propuestas, y por último la categorización se realizó a partir de los indicadores planteados a partir de las unidades de contexto arrojadas por cada uno de los datos, esta información se amplía en el capítulo cuatro perteneciente a los resultados.

Es de aclarar que el cuarto instrumento adicionalmente aporto material video gráfico el cual fue transcrito para su análisis, codificándose en los anexos con la letra V y el grupo al cual pertenece, ejemplo: V1G2 indicando que es el video 1 del grupo 2.

Tabla 5 *Codificación de los documentos*

Codificación de los Instrumentos	**Codificación de los Grupos**	**Codificación de los Estudiantes**	**Codificación de las Actividades**	**Codificación de Actividades Secundarias**
I1	G1	E1	A1	A1a
I2	G2	E2	A2	A1b
I3	G3…	E3…	A3…	
I4	G5	E6	A10	

Fuente: Autor

4. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados a partir de la información recolectada en los instrumentos de intervención, donde se hizo necesario establecer criterios de codificación tanto para los instrumentos como para los estudiantes y actividades.

Para identificar los procesos de modelación realizada por los estudiantes en torno al fenómeno de dilatación térmica, se propusieron diferentes actividades enmarcadas en los instrumentos de intervención, respondiendo a las directrices planteadas por Justi y Boulter (2002) en el esquema para la construcción de modelos. Después de la lectura de los datos obtenidos en este proceso de modelación, se codificaron y analizaron en total 142 unidades de contexto, expresadas en representaciones gráficas, escritas y orales donde se encontraron diferentes características de los modelos explicativos generados por los 5 grupos conformados para realizar la intervención.

4.1 Categorías de análisis

Dentro de la investigación se determinaron tres categorías de análisis en este caso propuestas por Gutiérrez (2001) en su modelo Ontológico, Epistemológico y Psicológico ONEPSI, permitiendo analizar la construcción de modelos con sus componentes. Es de aclarar que estas categorías emergieron a partir de la lectura de los resultados obtenidos por medio de las unidades de contexto que se encontraron a la luz de indicadores formulados por el investigador acorde con el fenómeno estudiado.

Tabla 6. *Categorías de Análisis*

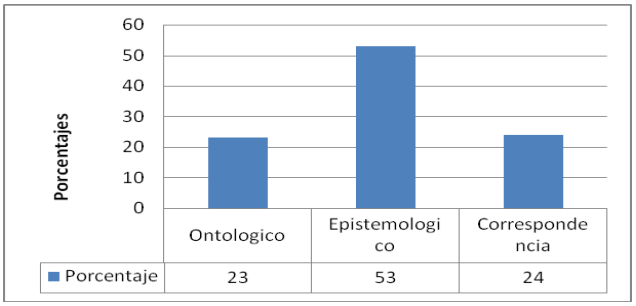
		DEFINICIÓN	CODIFICACIÓN	INDICADOR
CATEGORIAS DE ANALISIS	***ONTOLOGICA***	Se genera una representación del fenómeno, haciendo una enumeración de los diferentes materiales que se	ONT1	Enuncia tácitamente los diferentes elementos que intervinieron en la(s) situaciones presentadas.
			ONT2	Se narra en un espacio temporal los diferentes componentes observados en la experiencia.

	emplearon para llevar a cabo la experiencia	ONT3	Se enuncian los elementos que intervienen en la experiencia y además se enuncian las variables que intervinieron esta. (calor, temperatura, volumen)
EPISTEMOLOGICA	Se busca dar una indagación más profunda que la descripción, tratando de establecer las causas del fenómeno en cuestión y formulando una explicación.	EPI1	Se intenta dar explicación a la causa del efecto observado, dicha caracterización se realiza de forma macroscópica.
		EPI2	No solo trata de establecer las causas del fenómeno observado de forma macroscópica. Además de ello vincula factores microscópicos a su explicación.
		EPI3	Realiza simulaciones mentales de situaciones análogas a la experiencia planteada, que le permiten predecir los posibles resultados.
CORRESPONDENCIA	Los estudiantes proponen una(s) experiencias que permitan demostrar si el modelo mental planteado es valido	COR1	A pesar de realizar una planificación y ejecución de la experiencia, no se puede verificar la validez del modelo mental planteado por los estudiantes.
		COR2	Los estudiantes logran verificar mediante la experiencia la validez de su modelo mental, vinculándolo a un sistema físico planteado por ellos.

Fuente: Autor

En general, la distribución de las 142 unidades de contexto en los modelos propuestos por los diferentes grupos en toda la intervención, se organizaron de la siguiente manera: 33 dentro de la categoría Ontológica (23%), 75 en la categoría epistemológica (53%), 34 de correspondencia (24%).

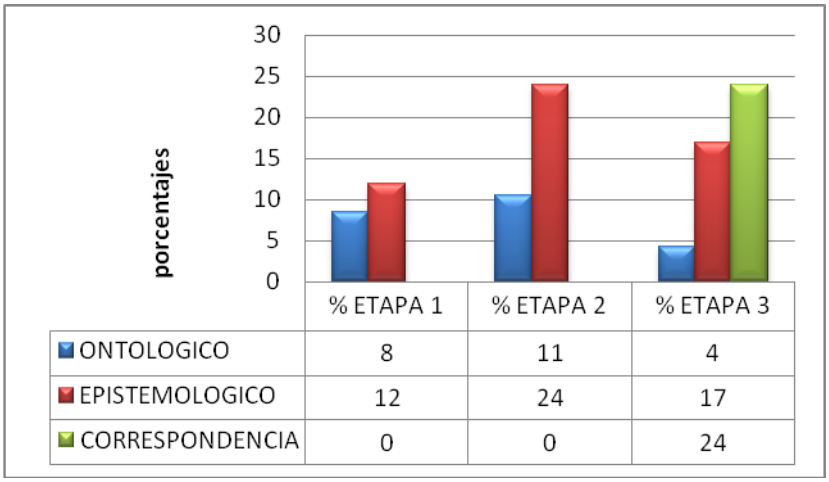
Figura 16: **Distribución de las Unidades de Contexto del Modelo.**



Fuente: Autor

Las unidades de contexto relacionadas con cada categoría aparecieron durante los momentos (etapas) de intervención didáctica distribuidas de la siguiente forma:

Figura 17: Distribución de las unidades de contexto de los modelos según las categorías por etapas



	% ETAPA 1	% ETAPA 2	% ETAPA 3
ONTOLOGICO	8	11	4
EPISTEMOLOGICO	12	24	17
CORRESPONDENCIA	0	0	24

Fuente: Autor

En la figura 14, se muestra la relación de los aspectos constituyentes del modelo por etapas, de acuerdo a las categorías propuestas. En la etapa 1 se evidencia un 8% en la categoría ontológica y un 12% en la categoría epistemológica, es evidente que no existe ningún aspecto constituyente en la categoría de correspondencia, ya que la correspondencia se demostrara cuando haya una consolidación del modelo a través de todas las etapas.

La etapa 2 muestra un carácter mayoritariamente epistemológico común 24% y un 11% en el carácter ontológico, evidenciando que hay más carácter explicativo dentro de esta etapa, lo que permite inferir que los estudiantes logran un mayor grado de complejidad en este segundo nivel de representación, ya que establecen prioridad en la causalidad del fenómeno observado y no en la descripción del mismo.

En la tercera etapa de acuerdo a lo esperado, los estudiantes presentaron mayoritariamente aspectos que evidencian la categoría correspondencia con un 24%, sobre un 17% epistemológico y un 4% ontológico, donde hubo una preocupación significativa por demostrar la ejecución de su modelo en un sistema físico (experimental).

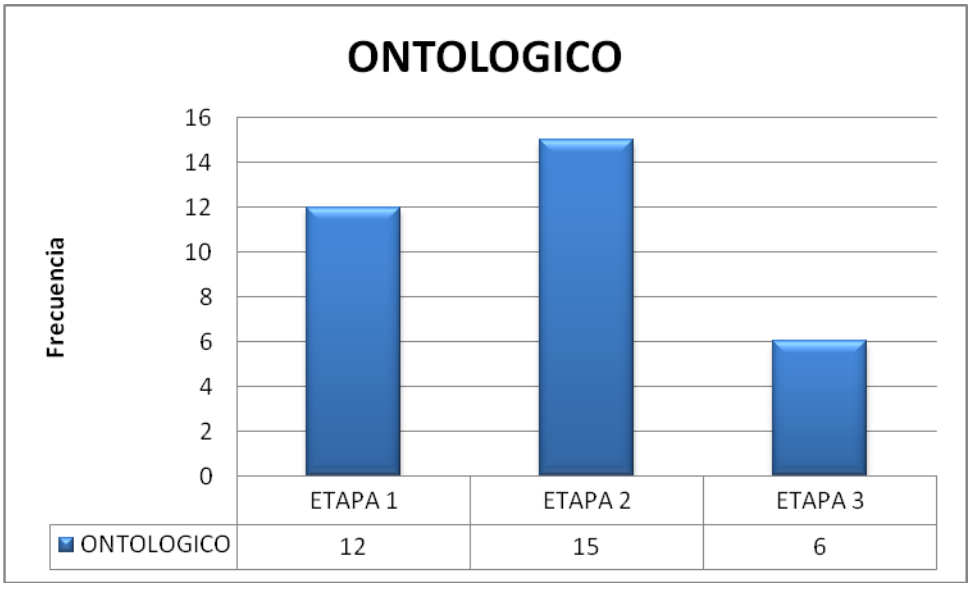
4.1.1 Procesos de Descripción en la Construcción de un Modelo Explicativo (Categoría ontológica)

Esta categoría obedece a aspectos constituyentes del modelo caracterizados por un poder descriptivo, donde se genera una representación del fenómeno, haciendo una enumeración de los diferentes materiales y factores que intervinieron en la construcción de los modelos explicativos propuestos por los estudiantes de acuerdo a sus creencias sin estimar efectos causales.

4.1.1.1 Resultados de la categoría Ontológica

En esta categoría se evidenciaron en total 33 aspectos constituyentes durante el proceso de modelación del fenómeno de dilatación térmica, distribuidos en las diferentes etapas (1,2 y 3). Estos valores se expresan en porcentaje de la siguiente manera 36% en la etapa 1, un 45% en la etapa 2 y un 18% evidenciado en la etapa 3.

***Figura 18*: Aspectos Constituyentes de la categoría Ontológica**



Fuente: Autor

Tabla 7 Porcentajes de los aspectos constituyentes en la categoría ontológica

Instrumentos	Etapa	Frecuencia	Porcentaje
(I1a-I1b)	Etapa 1	12	36
(I3)	Etapa 2	15	45
(I4)	Etapa 3	6	18

Fuente: Autor

La subcategoría ONT1 se caracteriza por tener como indicador el enunciar tácitamente los diferentes elementos que intervienen en la situación como se evidencia en el ejemplo a continuación, donde se solicitó a los estudiantes que explicaran las diferentes experiencias observadas del sistema físico, representando únicamente los materiales que intervinieron, por ejemplo la gráfica elaborada por el grupo cinco en la actividad 1 del primer instrumento, donde se solicitó describir la experiencia del Erlenmeyer con el globo de látex:



Evidencia I3G5A1

La subcategoría ONT2 se caracteriza por narrar en un espacio temporal los diferentes componentes observados en la experiencia, como se evidencia en el siguiente ejemplo

> *Cuando metemos la botella y el huevo al agua con hielo esta agua absorve la botella y esta trata de xxxx absorver el huevo. Transcripción de la Evidencia I1A2G5*

La subcategoría ONT3 Se enuncia los elementos que intervienen en la experiencia y además se enuncian las variables que intervinieron en esta. (calor, temperatura, volumen).

> *Cuando metemos la botella con el huevo esta se calienta y busca una salida o busca sacar el vapor y cuando sucede esto el huevo se comienza a salir de la botella ya que esta no tiene por donde respirar. Transcripción Evidencia I1A2G5*

4.1.1.2 Análisis de la Categoría Ontológica

En un primer momento los estudiantes expresaron diferentes apreciaciones en cuanto a las experiencias relacionadas con el fenómeno observado en el instrumento de intervención 1. Es de resaltar que las unidades de contexto mostraban la disposición y descripción de cada uno de los componentes que intervinieron en el proceso observado cómo se muestra en los siguientes ejemplos:

> *Tenemos un balón de fondo redondo el cual está unido con una pipeta, sostenido con una nues con un soporte universal en la parte inferior de la boquilla de la pipeta esta un vaso de precipitado, luego en el balón se le acerca un mechero encendido y se observa que el aire caliente baja por la pipeta y llega hasta el vaso precipitado y salen burbujas. Transcripción Evidencia I1A1G1*

> *Para que el experimento funcionara tocaba que el balos de fondo y la pipeta estubieran frios para que este funcionara, después metíamos la pipeta en el agua y esta absorbía el agua y cuando calentábamos el balón de fondo, el agua que cojio la pipeta la suelta y empieza a hervir. Transcripción Evidencia I1A1G5*

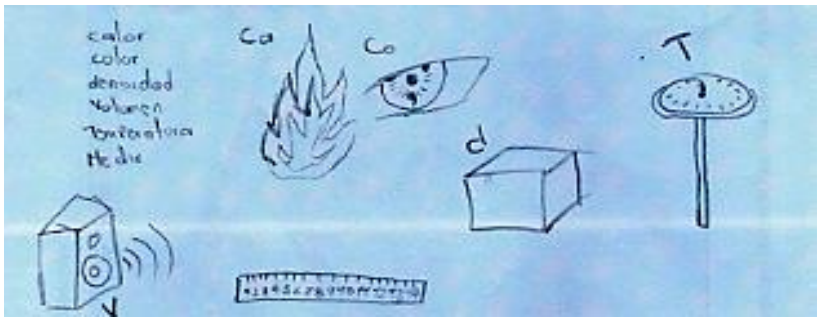
En el primer ejemplo perteneciente al instrumento de intervención 1, en la actividad 1 y elaborada por el grupo 1, los estudiantes realizan una descripción del fenómeno observado mediante una narración acerca de la disposición de los diferentes instrumentos como: (soporte, mechero, pipeta, burbujas) empleados en la experiencia. En el ejemplo 2, propuesto por el grupo 5, se aprecia que los estudiantes establecen algunos condicionantes para que ocurriera el fenómeno observado, variables que intervinieron en el proceso (Calor, frio). Como se evidencia, la mayoría de los estudiantes ven como aspecto muy relevante la ubicación de los diferentes componentes que intervienen en el fenómeno observado, obedeciendo, ya sea en el conocimiento de los materiales presentados durante la experiencia o por precisiones empíricas, lo cual refleja de forma clara el uso de entidades que son ordenadas mentalmente para la comprensión de un

sistema físico (que en este caso fue mostrado a los estudiantes por medio de la experiencia), con diferentes fases de complejidad entre las relaciones existentes en dichas entidades.

Para la segunda etapa, se esperaba una prevalencia de la categoría epistemológica en las afirmaciones presentadas por los estudiantes, sin embargo, la categoría ontológica tuvo su presencia en diversas representaciones elaboradas por los estudiantes como se percibe en los siguientes ejemplos



Evidencia I3A2G4



Evidencia I3A2G2

En los dos ejemplos anteriores se observan representaciones generadas por los estudiantes, donde se percibe la interpretación de lo que para ellos son las variables que relacionan intrínsecamente con diferentes objetos u entidades de su vida cotidiana, ya bien sea en un ámbito científico (termómetro) o con conocimiento cotidiano como el volumen aparentemente con el cabello , donde quisieron relacionar la variable volumen con el aumento de espacio ocupado por el cabello que sale del rostro mostrado allí, poniendo en evidencia el significado mental que tiene cada una de ellas, ligado muchas veces a las experiencias y denotando aspectos ontológicos del

modelo mental generado por ellos y las posibles relaciones que se puedan establecer dichos aspectos.

En la tercera etapa, se esperaba encontrar mayoritariamente aspectos de correspondencia, no obstante, los grupos que lograron alcanzar esta etapa inexorablemente dependieron de la identificación de los diferentes aspectos ontológicos del modelo para apoyar sus explicaciones y experimentaciones alrededor del modelo como se puede observar en los siguientes ejemplos:

La siguiente es la transcripción de la exposición del modelo propuesto por el estudiante 5 del grupo 2, perteneciente a las líneas 67, 68 y 69 (ver anexo 3):

> *Cuando el masmelo se somete al calor (tomando el masmelo con un palillo y acercándolo a la llama) por fuera del masmelo se va calcinando y tiene un cambio de color, pero cuando uno lo abre, el masmelo se pone (se complementa observando a e4) por dentro sigue normal pero se vuelve chicloso*

La siguiente es la transcripción de la exposición del modelo propuesto por el estudiante 1 del grupo 1, perteneciente a las líneas 14-17

> *Si hace bum pueden observar, (pequeño salto de la lata y apaga la vela), esta es la interacción que tienen los metales con el fuego y esto es con el aluminio y ahora vamos a hacer otra que es de la calor*

En los anteriores ejemplos se evidencia un avance en la complejidad de los aspectos ontológicos, tratando de establecer interacciones entre los componentes del sistema expuesto, ya que en el primer ejemplo, se describe el comportamiento del masmelo frente a la llama, donde aparentemente su apariencia externa cambia, pero al interior presenta un cambio en su contextura, quien se vuelve chicloso en su interior, dando a entender por medio de gestos propiedades como la elasticidad que adquiere el material. En el otro ejemplo, el estudiante relaciona el comportamiento de la lata frente al fuego, omitiendo la explicación del fenómeno ocurrido. Se percibe que los estudiantes establecen mayor relación de las características ontológicas cuando se enfrentan a un sistema físico, debido quizás a la exteriorización de la parte ontológica del modelo y la congruencia que se establece entre entidades y el mundo real por medio de la analogía, tratándolas de hacer menos abstractas y percibiéndolas como algo más real para ellos en pro de poder demostrar la validez de su modelo y hacerlo comprensible para las demás personas.

En síntesis, los estudiantes adquirieron un mayor grado de complejidad en la ontología del modelo frente al fenómeno de dilatación térmica, ya que al finalizar el proceso no establecieron únicamente descripción del fenómeno a nivel macroscópico, sino que restablecieron un acercamiento matemático, contemplando variables como: longitud, volumen, área, calor, temperatura, elasticidad y presión; además de entidades microscópicas como: átomos y moléculas, para generar sus modelos explicativos alrededor del fenómeno en cuestión.

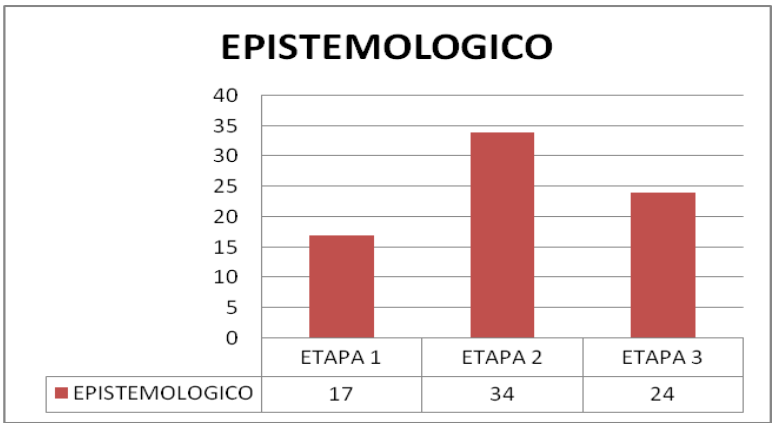
4.1.2 Elaboraciones epistemológicas elaboradas en la construcción del modelo explicativo

En la categoría epistemológica se generan explicaciones que permiten establecer causa efecto de los fenómenos y/o sistemas observados, apoyándose implícitamente en los modelos históricos propuestos por la ciencia (Flogisto, calórico y cinético molecular) o modelos propios permitiendo establecer predicciones.

4.1.2.1 Resultados de la Categoría Epistemológica

En esta categoría se evidenciaron en total 75 unidades de contexto a partir del material elaborado por los estudiantes durante el proceso de modelación del fenómeno de dilatación térmica, distribuidos en las diferentes etapas (1,2 y 3). Estos valores se expresan en porcentaje de la siguiente manera 23% en la etapa 1, un 45% en la etapa 2 y un 32% evidenciado en la etapa 3.

***Figura 19*. Aspectos Constituyentes de la categoría Epistemológica**



Fuente: Autor

Tabla 8. *Porcentajes de los aspectos constituyentes en la categoría epistemológica*

Instrumentos	Etapa	Frecuencia	Porcentaje
(I1a-I1b)	Etapa 1	17	23
(I3)	Etapa 2	34	45
(I4)	Etapa 3	24	32

Fuente: Autor

Al evidenciar los aspectos constitutivos epistemológicos, encontramos anexos vinculados dentro de las tres subcategorías planteadas en la investigación, estimados de la siguiente manera: en la subcategoría EPI1 9 anexos, en la EPI2 6 y en EPI3 2.

En la subcategoría EPI 1, donde se intenta dar explicación a la causa del efecto observado, dicha caracterización se realiza de forma macroscópica, como se evidencia en el ejemplo de la evidencia I1A2G4b, perteneciente al grupo 4, cuando se solicita a los estudiantes que describan las observaciones dadas en el instrumento 1

> *Cuando se sumerge el recipiente en agua con hielo el huevo se absorbe esto pasa porque la presión disminuye y el aire absorbe el huevo y hace que baje. Evidencia I1A2G4b*

De igual manera al solicitar la descripcion del montaje 3 del instrumento 1 relacionada con el erlenmeyer y la bomba de latex obtenemos una codificacion EPI1, como se muestra a continuación:

> *Al hervir el agua el vapor que sale genera una presión la cual hace que el globo se infle. Evidencia* A1A3G4

En la subcategoría EPI2 donde no solo tratan de establecer las causas del fenómeno observado de forma macroscópica, sino además de ello vincula factores microscópicos a su explicación como se evidencia en los siguientes ejemplos:

> *Porque sucedió por que el huevo en el frio se unde por que las partículas de aire se unen y en el calor las partículas de aire se paran y hacen que el huevo quiera salir. Transcripción Evidencia I1A3G2*

> *Cuando se pone el mechero en la punta superior de la pipeta y hace que las partículas de aire se dispercen y el nivel del agua de la pipeta baje hasta que quede sin agua y empiece a sacar burbujas. Transcripción de la Evidencia I1A1G2a*

En la categoría EPI3 se requería realizar simulaciones mentales de situaciones análogas a la experiencia planteada, que les permitieran predecir los posibles resultados evidenciándolo en los siguientes ejemplos:

Al explicar el modelo matemático propuesto por el grupo 3, el estudiante expone lo siguiente:

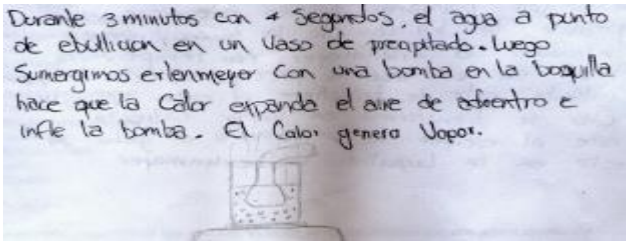
> *Para hacer la expresión matemática ehh nos vasamos en la temperatura y en la forma (señalando la gráfica realizada en el tablero),estas vienen siendo los tamaños pues primarios no cierto?. Pensamos en como la barra de hierro iba cambiando mediante el calor… Evidencia I4A1G3E1L3-6*

El estudiante dos del mismo grupo realiza la siguiente aclaración

> *Entonces estas escalas, las creamos principalmente para saber en qué estado se encuentra el elemento de acuerdo a su temperatura. Si esta de 0 a 5 esta sólido, si esta de 5-10 está blando, de 11 a 15 líquido y de 16 a 20 gaseoso… Evidencia* I4A1G3E2L10-12

4.1.2.2 Análisis de la categoría epistemológica

En los resultados obtenidos de la primera fase de la intervención se identificaron aspectos relacionados con el ámbito epistemológico del modelo como se observa en los siguientes ejemplos:



Evidencia I1A3G1

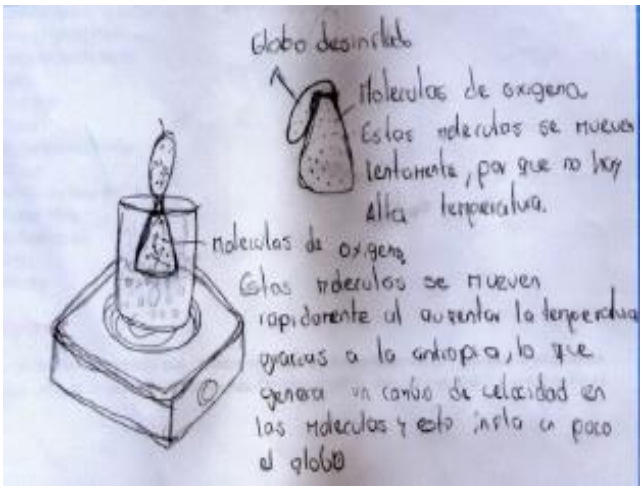
Durante 3 minutos con 4 segundos, el agua a punto de ebullición en un vaso de precipitado. Con una bomba en la boquilla hace que la calor expanda el aire de adentro e infle la bomba. El calor genera vapor.

Transcripción evidencia I1A3G1

El ejemplo muestra una representación gráfica, en ella se pueden observar pequeños círculos donde contemplan partículas en el proceso y su incidencia en el fenómeno (recayendo también en el modelo cinético-molecular), por esta razón se podría inferir que su modelo de origen estaría ubicado en un hibrido entre el calórico- y el cinético molecular. Adicionalmente presentan una explicación escrita, donde en el segmento “hace que la calor expanda el aire de adentro e infle la bomba. El calor genera vapor” atribuyeron al calor el efecto de expansión del aire, además de afirmar que el calor causa la producción de vapor, lo cual lleva a pensar en el origen de su modelo conforme a su argumentación de recaería en un modelo calórico (calor entendido como un fluido).

> *Por qué sucedió por que el huevo en el frio se unde por que las partículas de aire se unen y en el calor las partículas de aire se separan y hacen que el huevo quiera salir. Transcripción Evidencia I1A3G2*

Podemos observar que los estudiantes tratan de dar una explicación a nivel microscópico al fenómeno observado, donde demuestran claramente el origen de su modelo mental, ya que continuamente relacionan el comportamiento de las partículas frente al calor en las situaciones experimentales observadas (calor y frio), el cual termina en un modelo compatible con el cinético molecular.



Evidencia I1A3G3

Globo desinflado
Moléculas de oxigeno. Estas moléculas se mueven lentamente, porque no hay alta temperatura.

Moléculas de oxigeno
Estas moléculas se mueven rápidamente al aumentar la temperatura gracias a la entropía, lo que genera un cambio de velocidad en las moléculas y esto infla un poco el globo.

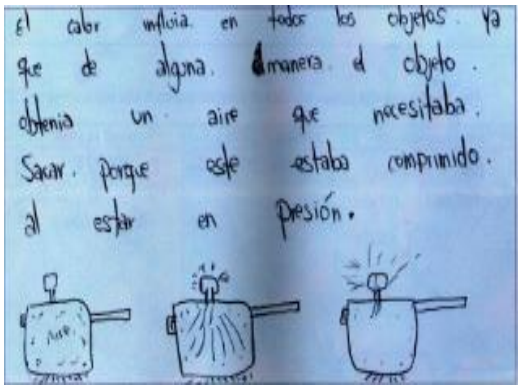
Transcripción Evidencia I1A3G3

Existe un grado de complejidad estructurado en esta explicación, presentando una representación gráfica y una explicación escrita, donde no solo atribuyen al cambio de temperatura el fenómeno, sino tratan de ir más allá y exponen una hipótesis de la velocidad de las moléculas. Como aspecto complementario se evidencia el rodaje de un modelo mental, el cual permite visualizar el movimiento de las moléculas y que este hecho hace que el globo se infle, ya que claramente las moléculas son entidades abstractas y ellos las ubican en sus representaciones como esferas.

En la segunda etapa, se mostraron mayoritariamente la categoría epistemológica, sobre las otras dos, a continuación, se muestran algunos ejemplos con su respectivo análisis:

> *La interacción del calor hizo que el vapor extendiera los materiales utilizados, al no tener espacio para poder salir, la presión hace que el globo se infle causando una presión producida por los gases que al convinarse causan presión atmosférica, el calor hace que los elementos cambien su forma y su tamaño, o altera el ambiente para que cambie su forma o tamaño. Evidencia I3A1G3*

Se observa que los estudiantes plantean una causa del fenómeno observado, estableciendo una relación entre el calor y el tamaño de los cuerpos, ubicando a la presión como un producto del calor y haciendo que el gas tenga un comportamiento característico en la experiencia el cual busca salir.



Evidencia I3A1G4

El calor influia en todos los objetos ya que de alguna manera el objeto obtenia un aire que necesitaba sacar porque este estaba comprimido al estar en presión.

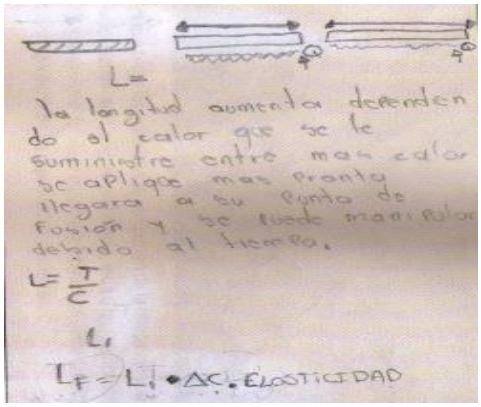
Transcripción Evidencia I3A1G4

En el ejemplo anterior se observa que los estudiantes pueden presentar determinada dificultad a la hora de establecer una relación directa entre sus explicaciones escritas y representaciones gráficas, ya que aparentemente se puede observar en la parte escrita ubican su modelo de origen en el calórico, afirmando que a través del calor se obtenía un aire atribuyéndole una característica de fluido y por otro lado la representación gráfica, donde ubican lo que para ellos constituye al aire (esferas), entregando una explicación coherente con el modelo histórico cinético-molecular, lo que permite inferir que cuando se establecen conjunto de explicaciones tanto graficas como escritas, si este es un modelo hibrido (como en el caso de este grupo), cada representación podría ser empleada para representar características emergentes del modelo planteado y caracterizar aspectos constituyentes del modelo hibrido en cuestión.



Evidencia I3A4aG1

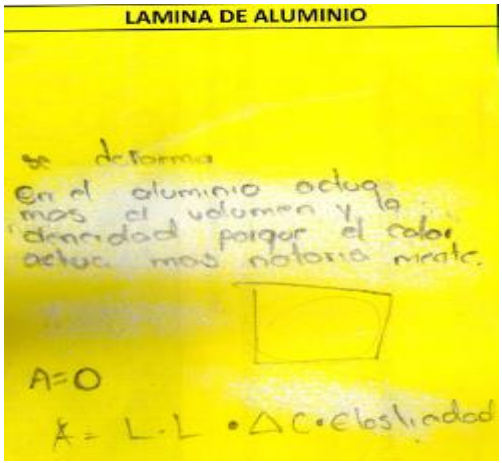
En el ejemplo anterior, los estudiantes expresan un algoritmo para predecir el comportamiento de los materiales frente al cambo de temperatura. Obsérvese en la gráfica representada por ellos, donde se muestra la proporcionalidad directa expresada por los estudiantes entre de las variables temperatura y calor .En cuanto a los factores del algoritmo establecen que el tamaño de la barra de hierro es igual a lo que ellos definen como tamaño real de la barra multiplicado aparentemente por una diferencia entre temperaturas inicial y final (la cual representaron con una llama), atribuyéndole a esta representación un gran poder explicativo y predictivo para ellos.



Evidencia I3A4aG2

La longitud aumenta dependiendo el calor que se le suministre entre mas calor se aplique mas pronto llegara a su punto de fusión y se puede manipular debido al tiempo.

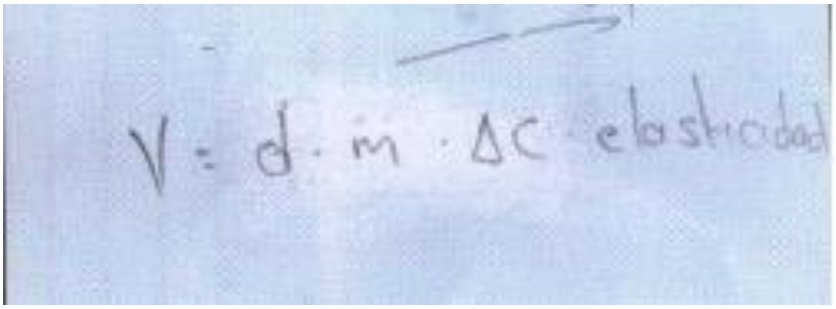
Transcripción Evidencia I3A4aG2



Evidencia I3A4aG2

Se deforma
En el aluminio actuo mas el volumen y la densidad porque el calor actua mas notoriamente.

Transcripción Evidencia I3A4aG2



Evidencia I3A4cG2

En los tres ejemplos anteriores, se evidencia los modelos matemáticos generados por un mismo grupo para los tres tipos de dilatación (lineal, superficial y volumétrica), se puede deducir que encaja dentro de la categoría epistemológica, ya que no solo explican la relación entre el calor y la longitud, sino establecen el comportamiento a través del tiempo, lo cual implica la aplicación de un modelo mental en la simulación de la situación, mostrando un grado de complejidad considerable en dicha afirmación. En cuanto a la presentación del algoritmo, establecen condiciones iniciales y finales de temperaturas, así como una variación del calor, incluyendo un factor adicional a la capacidad explicativa de su algoritmo, donde también contemplan las características del material atribuyéndole una elasticidad. De forma adicional, se evidencia la fuerte incidencia de los modelos presentados por la ciencia en sus afirmaciones ya que definen al calor con la variable Q, la cual se emplea generalmente en la ciencia.

En los últimos dos ejemplos presentados anteriormente, se observó la permanencia del modelo, el cual trataron de aplicar a diferentes clases de dilatación térmica (superficial y volumétrica), donde complementaron el modelo agregando nuevos aspectos que permitieran adaptarse a la situación presentada (la articulación de modelos presentados desde la geometría para el área) y un intento para predecir el comportamiento de una esfera de metal que correspondería a la dilatación volumétrica.



Evidencia I3A4G3

En la figura anterior, se establece un modelo propio de los estudiantes, empleando escalas determinadas para cada uno de los estados determinados por ellos, donde existe una variable a la cual definen rcto y otra HF (A la que denominan hielo fuegos), relacionando una proporcionalidad directa a medida que una varia con respecto a la otra. Se puede apreciar que los estudiantes conciben una explicación tratando de establecer una analogía a explicaciones anteriores, con su propia propuesta, la cual aparentemente es alimentada mayoritariamente por sus experiencias personales (debido al planteamiento de las escalas y las formas) presentando representaciones que obedecen al modelo y que podrían tener un poder predictivo de acuerdo al algoritmo, sin embargo es probable que pueda adquirir un mayor grado de claridad, cuando se enfrente a un sistema físico para presentar la respectiva correspondencia y así validar el modelo.

Durante la tercera etapa, también apareció la categoría epistemológica, evidenciándose por medio de los siguientes ejemplos:

> *La chocolatina sabemos que se derretirá, dependiendo de la temperatura corporal de la persona al tener contacto con ella. Transcripción Evidencia I4A7G1.*

Para la afirmación anterior, los estudiantes emplean la palabra dependiendo, la cual puede considerarse como un indicador que establece una relación de una variable con otra. Se dan luces

de la existencia de un modelo mental, el cual fue ejecutado para pronosticar el futuro resultado, con un poder explicativo aparentemente sujeto a la experiencia de los estudiantes llegando a predecir el desenlace de la situación.

El Estudiante 1, del grupo 3 en el instrumento 4, manifiesta,

> *Para hacer la expresión matemática ehh nos basamos en la temperatura y en la forma (señalando la gráfica realizada en el tablero),estas vienen siendo los tamaños pues primarios no cierto?. Pensamos en como la barra de hierro iba cambiando mediante el calor.*
>
> *Evidencia I4A1G3E1L3-6*

Esta afirmación evidencia una relación entre variables establecidas al interior del grupo, las cuales tratan de relacionarse de momento por medio de simulaciones mentales, atribuyendo un valor explicativo, permitiendo establecer predicciones de lo que sucedería en un sistema físico planteado.

El estudiante 3 del grupo 3 en el instrumento 4, expone,

> *Entonces los hielofuegos, a la cantidad de hielofuegos mas los rcto osea la forma a la que se encuentra. Entonces la forma es 8 hielofuegos, más la forma que es 6 que se encuentra en blando es igual a 14. Podemos decir que la forma ha cambiado de estado a un estado líquido.*
>
> *Evidencia I4A1G3E3L17-22*

Establecen una relación entre lo que ellos denominan RCTO (Una valoración inherente a la forma) y a lo que ellos denominan hielofuegos que está relacionado el nivel de temperatura, lo cual permitiría predecir en qué estado terminaría el material. A partir de esta argumentación los estudiantes plantean de forma hipotética el posible estado al cual podrían encontrar el material si inicialmente por su estado se encontraba en un valor 8 de la forma y el hielofuegos al que está expuesto (temperatura) lo lleva hasta un nivel de 14; lo cual lo haría cambiar de un estado blando a líquido. Se evidencia entonces que para esta fase predominan las explicaciones de carácter predictivo, donde tratan de acercarse a un sistema físico, para hacerlas menos abstractas,

ubicándolas en un plano más contextualizado y acercar su modelo al auditorio donde buscan atribuir a su modelo validez.

Con el desarrollo de la investigación se encontró que los estudiantes en este proceso de modelación alrededor del fenómeno de dilatación térmica, fueron complejizando la naturaleza de sus explicaciones, donde en un principio lo hacían en su mayoría macroscópicamente y en el avance empezaron a dimensionar el modelo a nivel molecular, permitiéndoles predecir el comportamiento de los materiales en situaciones hipotéticas por medio de simulaciones mentales, lo cual permitió evidenciar en algunos casos un cambio de paradigma en la concepción del fenómeno de dilatación térmica, trascendiendo de los modelos sustancialistas al modelo cinético molecular.

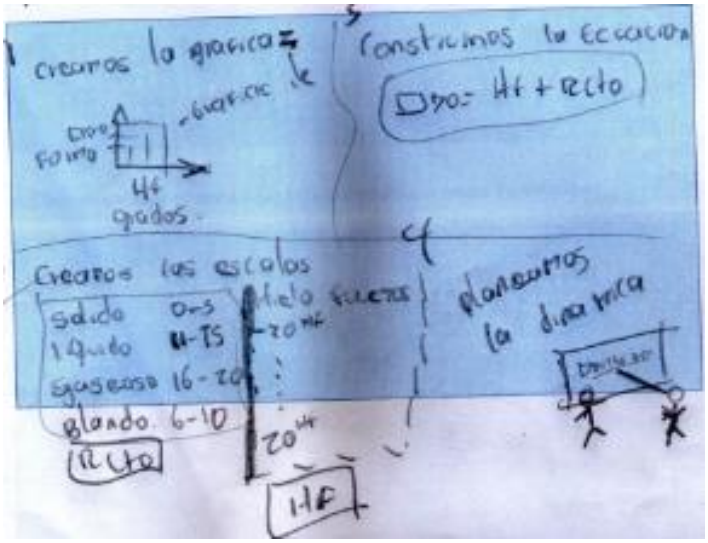
4.1.3 Búsqueda de correspondencias en los modelos explicativos

La categoría correspondencia buscaba comprobar el grado de correspondencia entre el modelo mental y el modelo físico propuesto por los estudiantes. A razón de esto no se pudo evidenciar el grado de correspondencia dentro de la etapa 1 y etapa 2, apareciendo únicamente en la etapa 3, ya que en esta última era donde los estudiantes propondrían sistemas físicos experimentales para demostrar el funcionamiento de su modelo explicativo.

4.1.3.1 Resultados de la categoría correspondencia

En ese orden de ideas en esta etapa se evidenciaron 34 anexos vinculados estimados en dos subcategorías: COR1: 2 y COR2: 32

En el indicador COR1 A pesar de realizar una planificación y ejecución de la experiencia, no se puede verificar la validez del modelo mental planteado por los estudiantes, evidenciado en el siguiente ejemplo:



Evidencia I4A6G3

En el indicador COR 2 Los estudiantes logran verificar mediante la experiencia la validez de su modelo mental evidenciado en los siguientes ejemplos:

> *La lata que da saltitos pensamos que no saltaría solo pensamos que se calentaría el aluminio pero al realizar el experimento si salto pues el aire atrapado provoco esto. Transcripción Evidencia I4A7bG1*

Argumentación del estudiante 1 del grupo 1 en la exposición del instrumento 4

> *ehhhhhhh al tener contacto el fuego con la lata produce que la presión aumente dentro de la lata*. Evidencia I4A1G1E1 L9-10

4.1.3.2 Análisis de la categoría correspondencia.

A continuación, se mostrarán ejemplos de unidades de contexto que contienen esta categoría con su respectivo análisis:

El estudiante 2 del grupo 1 en el instrumenta 1 afirma,

> *Señala la formula la expresión Tr2) se supone que este es el tamaño, ósea cuando esta derretida nos va a dar un tamaño derretida.(Luego señala la segunda expresión Tr1)Esto nos da igual que va a ser igual al tamaño normal, multiplicado por la temperatura que tiene al final(señala la expresión T2), es decir cuando esta derretida y luego lo restamos con la temperatura inicial (Señala T1), es decir con la temperatura ambiente y nos va a dar un total de la chocolatina derretida (Señala la expresión Tr2).*
>
> *Evidencia I4A1G1E2L24-28*

En el ejemplo anterior se evidencia que los estudiantes plantean una relación entre lo que es el tamaño final y el tamaño inicial (en este caso de la chocolatina) influenciados por el calor, estableciendo un algoritmo el cual contempla las variables :tamaño inicial, el tamaño final, la temperatura inicial, la temperatura final, para así poder determinar el tamaño de la chocolatina derretida, sembrando una correspondencia entre su modelo mental y el mundo real (experiencia); ya que tratan de demostrar al auditorio que en realidad existe un poder predictivo y practico del modelo planteado , adentrando a los demás estudiantes en sistemas físicos en los cuales probablemente se han visto inmersos, percibiendo el fenómeno en cuestión.

El estudiante 1 del grupo 4 en el instrumento 4, plantea:

> *"Bueno, buenos días, vamos a explicar el primer experimento que se nos ocurrió, así de improvisto, de una lata arrugada"*
>
> *Evidencia I4A1G4E1*

De acuerdo a la naturaleza de la afirmación expuesta en el ejemplo anterior, se evidencia claramente la existencia de un modelo mental, el cual fue corrido en una situación hipotética arrojando resultados. Con base a ese modelo mental proponen una actividad práctica que les permita verificar dicho modelo acercando a las personas que observaban su exposición a un sistema físico para evidenciar la aplicabilidad y validez de sus afirmaciones.

El estudiante 5 del grupo 4 en el instrumento 4, expone:

> *Ya que el aire buscaría una forma de salida y lo que hace que la lata se expanda. Nosotras planteamos pues 2 formulas, la primera que es presión que es igual a volumen sobre calor, entonces por qué presión, porque no sabemos la presión que se llegue a dar en la lata en la que se le agregue la calor, el volumen pues el volumen de la lata.*
>
> *Evidencia I4A1G4E5*

El estudiante 5 del grupo 4 en el instrumento 4, argumenta

> *Cuando tenemos determinado objeto y le agregamos calor, las partículas de este empiezan a abrirse si? Osea lo que nosotros (confuso), tiene unas pequeñas partículas el objeto (y empieza a extender sus manos en una forma característica simulando elasticidad) y es lo que hace que la lata se infle, se ella se ... infle.*
>
> Evidencia I4A1G4E4

En la argumentación presentada en los dos ejemplos anteriores, tratan de aplicar el modelo mental a un sistema físico planteado por ellas (lata arrugada), empleando una explicación sujeta al modelo cinético-molecular, vinculando contextos macroscópico y microscópico para dar razón de porque existe incidencia entre el calor y los materiales en este caso con la experiencia planteada logrando establecer un grado de correspondencia entre sus hipótesis a priori y el desarrollo de la experiencia.

El grupo 1 en el instrumento 4, plantea

> *Evidenciamos la experiencia planteada porque los dos experimentos que hicimos, implicaron operaciones matemáticas y la experimentación y al interactuar con el calor y fuego que son dos cosas distintas, y la interacción de los metales con el fuego, además también observando los demás experimentos de nuestros compañeros.*
>
> *Evidencia (I4A10G1)*

Los estudiantes argumentan la noción e importancia de la articulación de las diferentes actividades planeadas en pro de dar validez al modelo consensuado al interior del grupo.

El estudiante 2 del grupo 2 en el Instrumento 4, argumenta

> *la longitud final del objeto es igual a la longitud inicial, por la variación de calor por la elasticidad. Es decir que cuando la lámina tiene una longitud inicial que se ve sometida al calor y se estira (haciendo gesto manual cerrando el puño y abriendo los dedos) debido a que se dilatan las partículas por el calor. Esto genera elasticidad*
>
> *Evidencia I4A1G2E2L8-11COR2*

Figura 20. **Imagen de la dilatrolina**



Nota: Artefacto elaborado por los estudiantes.
Evidencia I4A1G2E1L19COR2
Fuente: Autor

En el ejemplo presentado anteriormente se puede apreciar que los estudiantes establecen un argumento de lo que posiblemente ocurriría en el material, donde atribuyen un estiramiento del material al calor que incide sobre las partículas que componen, generando algo que ellos denominan elasticidad, mostrando una correspondencia entre su modelo mental y la experiencia ejecutada por ellos. Además de ello muestran un instrumento diseñado por ellos para determinar el comportamiento de los materiales frente al calor, lo cual evidencia un grado de complejidad en el modelo construido por ellos; ya que les permite la elaboración de herramientas para demostrar no solo con un algoritmo, sino de forma tangible esta incidencia, estableciendo un nivel de correspondencia de su modelo con el sistema físico modelizado.

Partiendo de los ejemplos analizados se puede deducir que la gran mayoría de los grupos lograron establecer correspondencia por medio de la proposición de sistemas físicos experimentales que permitieran demostrar validez a su modelo, lo cual no aporto únicamente a la categoría en cuestión, sino ayudando a complejizar sus juicios emitidos en las otras categorías

(ontológica y epistemológica), haciéndolos más tangibles y cercanos a la realidad. Se evidencio también en esta fase de correspondencia, que los estudiantes acudieron de forma voluntaria a fuentes informativas para producir una indagación científica acerca del fenómeno, constituyendo el proceso de modelación en general como una herramienta poderosa para el acercamiento al conocimiento científico.

Redondeando, los estudiantes en el aspecto de correspondencia y validez del modelo explicativo frente al fenómeno de dilatación térmica, buscaron la manera de demostrar por medio de prácticas experimentales a los demás grupos que participaron en el proceso de modelación, como funcionaba su modelo explicativo, permitiéndoles comprobar si realmente el modelo funcionaba como lo habían simulado mentalmente replicándolo en un sistema físico; además de incentivar a la elaboración de herramientas para este fin como por ejemplo la dilatrolina que diseño el grupo 2 para demostrar la validez y pertinencia de su modelo.

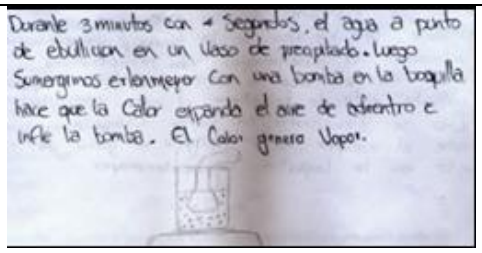
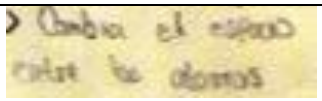
4.2 Características del modelo construido por cada grupo

A continuación, se realizará una descripción global de como evolucionaron los modelos elaborados por cada grupo dentro del fenómeno de dilatación térmica en las tres etapas propuestas en la investigación. No se tiene en cuenta las categorías de análisis, ya que se realizó un análisis exhaustivo en el apartado anterior.

4.2.1 Modelo consolidado por el Grupo 1

En este grupo se evidencio la transición del modelo calórico al modelo cinético molecular a través de la experiencia del fenómeno de dilatación térmica; en un primer momento calificaban el calor como un fluido el cual le proporcionaba propiedades que permitía la expansión de los materiales; en un segundo momento establecen que el calor genera un comportamiento en las moléculas, cambiando el espacio entre ellas y por último se percibe la permanencia del modelo de forma implícita en donde se refleja el entendimiento del efecto de la temperatura en un gas.

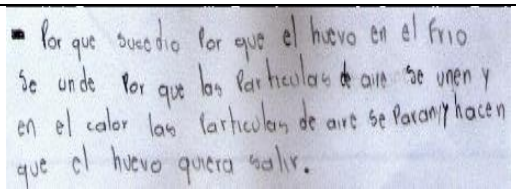
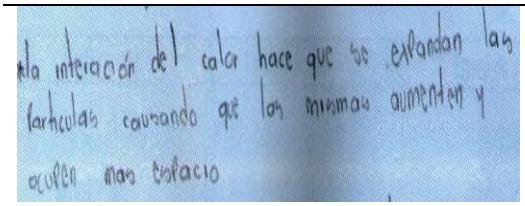
Tabla 9 *Desarrollo del Modelo Grupo 1*

Etapa	Evidencia	Codificación Evidencia	Modelo
1		I1A3G1	Calórico
2		I3A3aG1	Cinético Molecular
3	"ehhhhhhh al tener contacto el fuego con la lata produce que la presión aumente dentro de la lata."	I4A1G1E1 L9-10	Cinético Molecular

Fuente: Autor

4.2.2 Modelo consolidado por el Grupo 2

Tabla 10 *Desarrollo del Modelo Grupo 2*

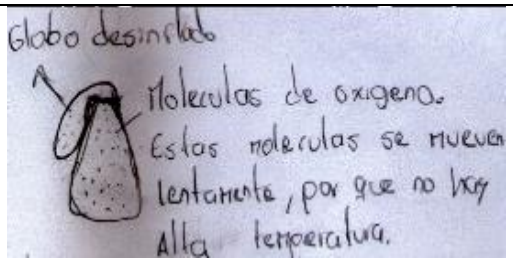
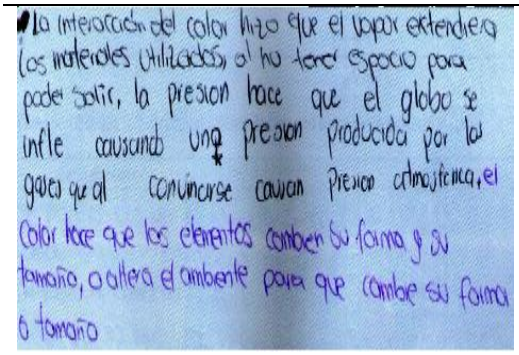
Etapa	Evidencia	Codificación Evidencia	Modelo
1		I1A3G2	Cinético Molecular
2		I3A1G2	Cinético Molecular
3	"Es decir que cuando la lámina tiene una longitud inicial que se ve sometida al calor y se estira (haciendo gesto manual cerrando el puño y abriendo los dedos) debido a que se dilatan las partículas por el calor. Esto genera elasticidad."	I4A1G2E2L8-11	Cinético Molecular

Fuente: Autor

4.2.3 Modelo consolidado por el Grupo 3

Este grupo evidencia una perspectiva contundente hacia el modelo cinético molecular, a medida que avanzo la modelación se evidencio una consolidación, mostrando un método deductivo, desde un primer momento donde identificaron el comportamiento de las moléculas frente a la temperatura, pasando por una transición con la identificación del comportamiento de un gas a partir de las variables temperatura vs presión, para llegar finalmente a una mirada macroscópica del comportamiento molecular y su manifestación en los diferentes estados de la materia.

Tabla 11 D*esarrollo del Modelo Grupo 3*

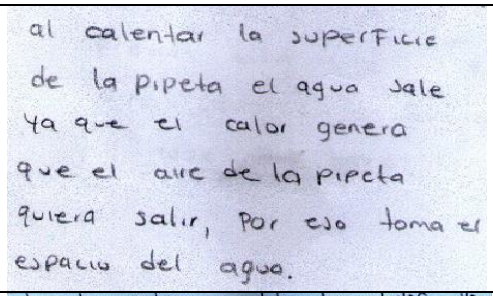
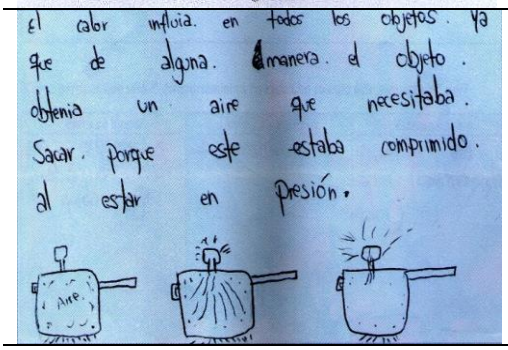
Etapa	Evidencia	Codificación Evidencia	Modelo
1		I1A3G3	Cinético Molecular
2		I3A1G3	Cinético Molecular
3	"Entonces estas escalas, las creamos principalmente para saber en qué estado se encuentra el elemento de acuerdo a su temperatura. Si esta de 0 a 5 esta sólido, si esta de 5-10 está blando, de 11 a 15 líquido y de 16 a 20 gaseoso"	I4A1G3E2L10-12	Cinético Molecular

Fuente: Autor

4.2.4 Modelo consolidado por el Grupo 4

Este grupo mostro una evolución más clara del modelo inicial. Al inicio mostraron un paradigma sustancialista enmarcado dentro del modelo del calórico, atribuyendo que el calor ocupa un espacio que desplaza al agua, en un segundo momento, se evidencia un punto de inflexión, donde el discurso escrito hace alusión a un modelo calórico pero la representación gráfica muestra una transición al modelo cinético molecular, reconociendo la existencia de partículas dentro de un gas; por último se observa la preferencia del modelo cinético molecular lo cual se percibe a través de la argumentación presentada por el grupo.

Tabla 12 *Desarrollo del Modelo Grupo 4*

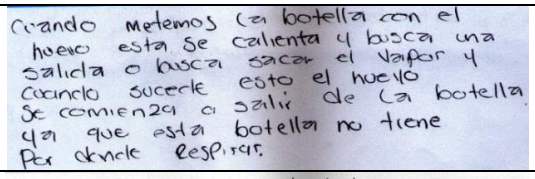
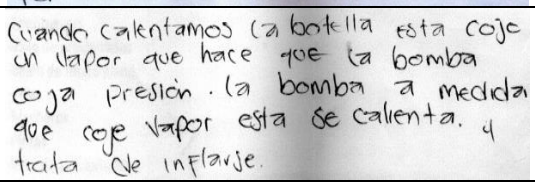
Etapa	Evidencia	Codificación Evidencia	Modelo
1		I1A1G4	Calórico
2		I3A1G4	Calórico → Cinético Molecular
3	"Entonces la partícula que están dentro de ellas que sería el aire, entonces al calentarse lo que pasa es que las partículas empiezan a buscar un lado por donde salir, entonces empezarían a moverse rápido, y se empezarían a expandir por todo el recipiente, por toda esa lata, (señalando la lata), lo que hace que se expandiría. Entonces al agregar el calor, se expandiría toda la lata de aquí"	I4A1G4E5L25 -28	Cinético Molecular

Fuente: Autor

4.2.5 Modelo consolidado por el Grupo 5

Este grupo se le dificulto avanzar en el proceso de modelación, ya que casi no consignaron datos para su análisis, además de presentar un discurso confuso que no permitía examinarlo con facilidad, no obstante se logró percibir una transición del modelo sustancialista flogisto en una primera etapa afirmando que el calor hace que salga un vapor de la botella hablando en consonancia con Stahl en su modelo, en una segunda etapa realizan una transición a un modelo sustancialista calórico afirmando que con el calor la bomba coge un vapor. En la etapa final no participaron de la actividad imposibilitando la evolución de su modelo en esta etapa

Tabla 13 *Desarrollo del Modelo Grupo 5*

Etapa	Evidencia	Codificación Evidencia	Modelo
1		I1A2G5	Flogisto
2		I3A1G5	Calórico
3	No presento		

Fuente: Autor

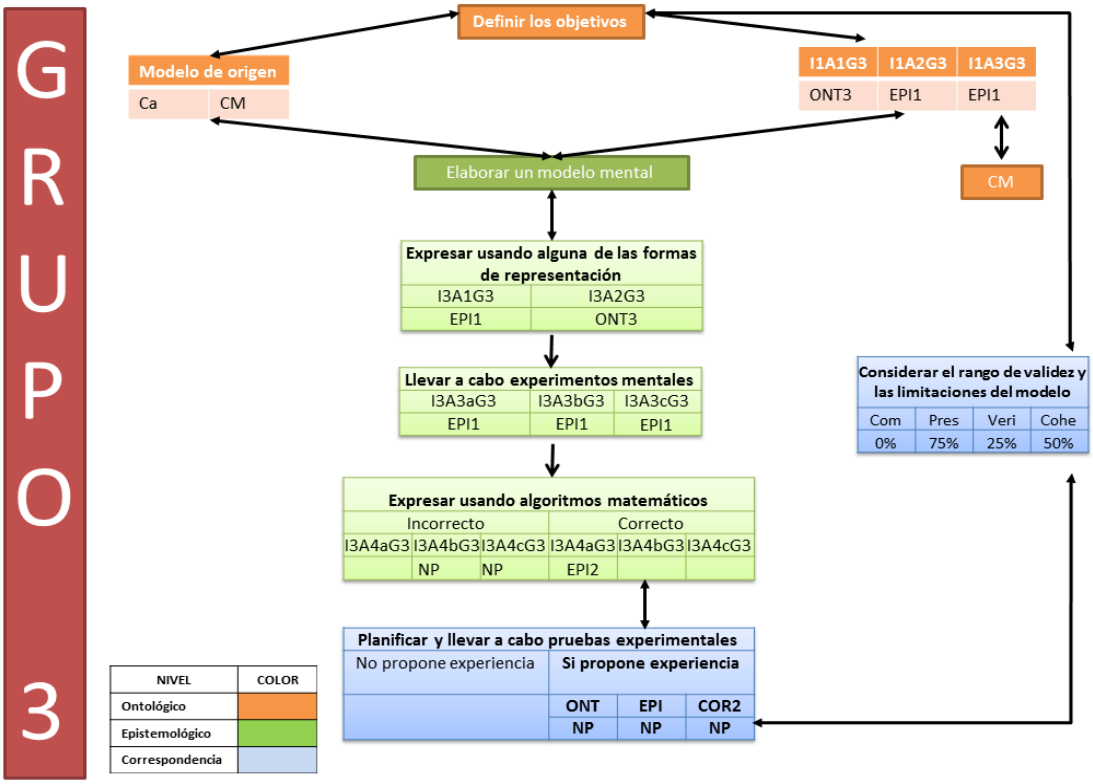
4.3 Procesos de Modelación desarrollados por los grupos

Dentro del desarrollo de la investigación se encontró que los estudiantes son capaces de desarrollar conocimiento científico escolar dentro del aula a través del proceso de modelación. A continuación, se presenta la interpretación del proceso de modelación generada por cada grupo con los respetivos alcances.

En el primer momento en la aplicación de la secuencia de intervención se esperaba que los estudiantes mostraran características ontológicas del modelo, donde los aspectos ontológicos se desarrollan en una primera fase, no obstante los resultados y su correspondiente análisis muestran que durante esta etapa en los grupos emergieron componentes del modelo de carácter epistemológico, permitiendo generar diferentes interpretaciones al proceso de modelación,

consolidándolo no como una operación netamente lineal , sino más heurística en la construcción del conocimiento. En el segundo momento, se recogieron mayoritariamente aspectos epistemológicos del modelo como se había presupuestado, no obstante, se evidenció que los estudiantes requirieron contemplar aspectos ontológicos del modelo para generar el espacio propicio para sus explicaciones, los cuales se fundamentaron en su conocimiento cotidiano y en conocimiento científico escolar.

Figura 21. **Proceso de Modelación Grupo 3**

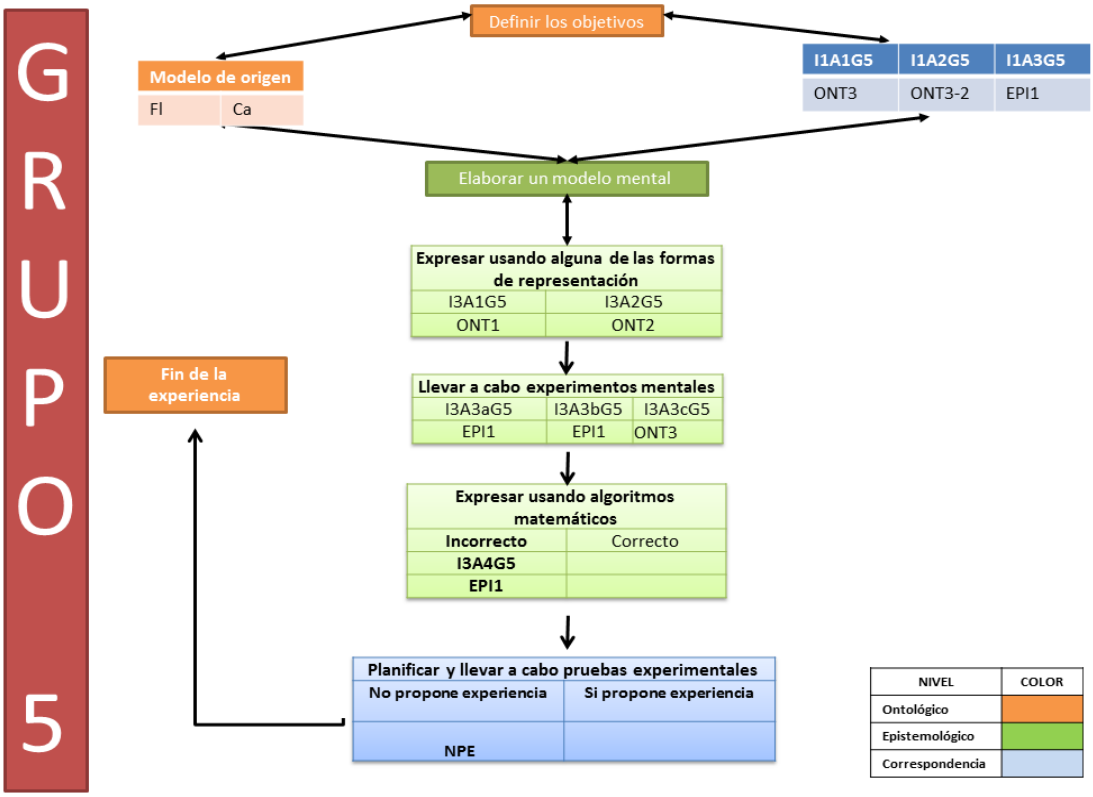


Fuente: Autor

Se constituye entonces al componente epistemológico como factor fundamental en el establecimiento de directrices claras en la elaboración y validación de los modelos mentales, ya que en una primera representación del modelo, los grupos que presentaron mayoritariamente componentes ontológicos del modelo y no epistemológicos, además de contemplar modelos de origen menos abstractos (flogisto y calórico) , presentaron dificultad para consolidar el modelo matemático para la dilatación superficial, volumétrica y por ende no alcanzaron a trazar correspondencia con el mundo físico para mostrar validez en su modelo, este es el caso de los

grupos 3 y 5, cuyo proceso de modelación se muestra a groso modo a continuación en el que se resalta la ruta del proceso ajustado a la propuesta de Justi y Boulter (2002), contemplando las diferentes categorías de análisis:

Figura 22 Proceso de Modelación Grupo 5

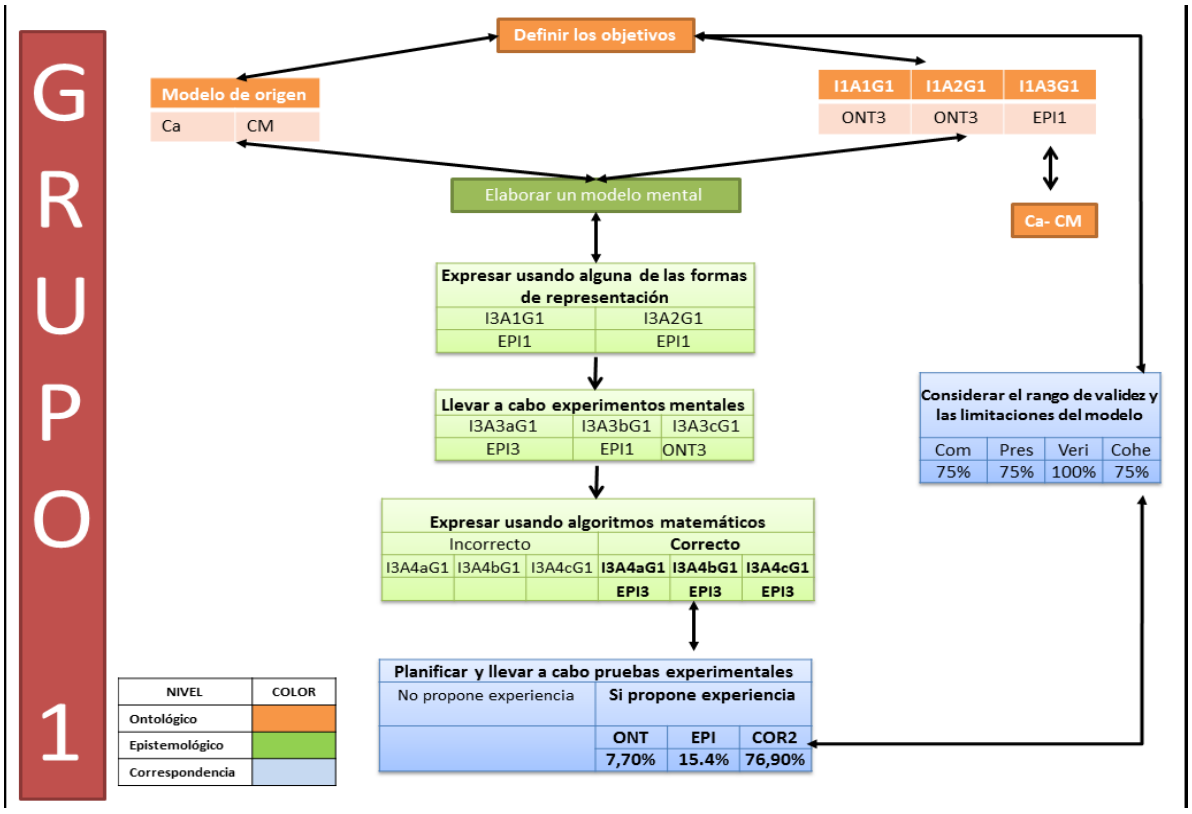


Fuente: Autor

En el tercer momento se esperaba que los grupos expusieran el modelo constituido y lo presentaran en conjunto con un sistema físico (experiencia) para atribuir el tercer componente del modelo, la categoría de correspondencia, nivel que alcanzaron los grupos 1, 2 y 4, ya que presentaron modelos en los cuales elaboraron una formulación del algoritmo matemático para explicar el funcionamiento del modelo en torno a las características de la composición de los materiales y la naturaleza del tipo de dilatación (lineal, superficial y volumétrica), estos grupos tuvieron una mejor corroboración del modelo en el medio físico, gracias al diseño de una actividad experimental y la aplicación del modelo sobre la misma para su validación.

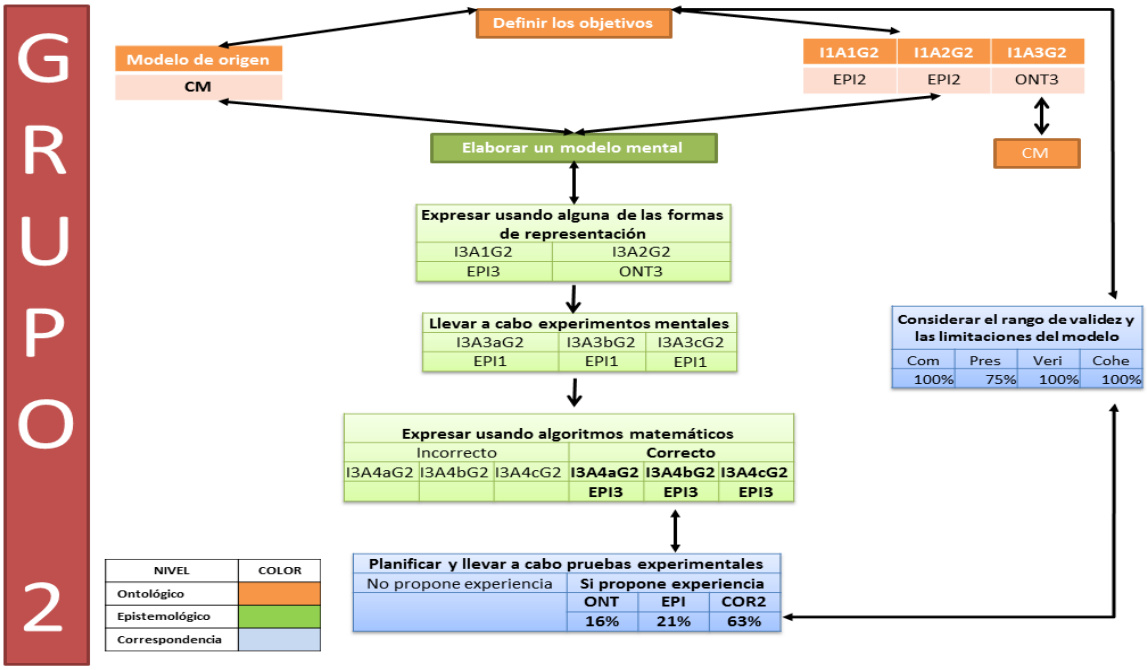
Cabe resaltar que los grupos que presentaron modelos de origen con vinculación de aspectos más complejos de estructura (modelo cinético-molecular), lograron la consolidación de modelos mentales mucho más robustos, de mayor alcance y adaptables tanto a situaciones problémicas, como a ser validados frente a un sistema físico. Este fenómeno quizás se debe a las características constitutivas tanto de los modelos mentales, como a la estructura en este caso de los materiales; ya que ambos son en realidad abstractos y ordenar las ideas en este ámbito puede representar un sistema o lenguaje mental de congruencia entre el modelo mental y el modelo de origen, lo cual facilita procesos de construcción y adaptación a un sistema físico, haciéndolos más demostrables y por ende le adjudica un mayor grado de validez.

Figura 23 Proceso de Modelación Grupo 1



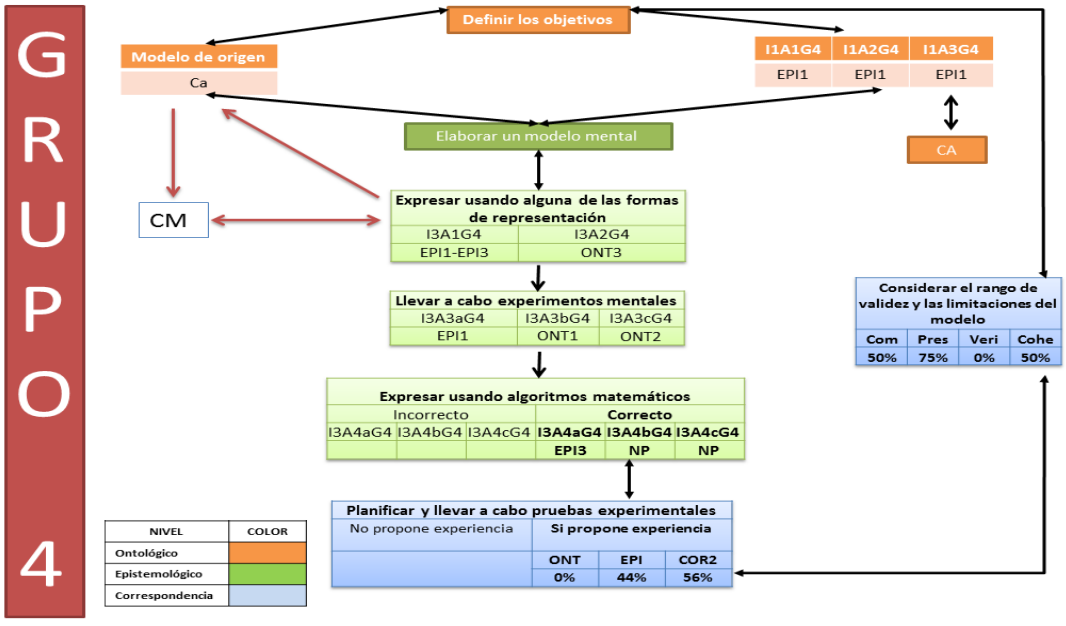
Fuente: Autor

Figura 24 . Proceso de Modelación Grupo 2



Fuente: Autor

Figura 25 **Proceso de Modelación Grupo 4**



Fuente: Autor

Otro aspecto relevante para contemplar en el proceso de validación del proceso , fue que el grupo 2 logro un mayor grado de validez y aceptación cuando fue expuesto a sus demás pares, además reportaron un mayor equilibrio entre los tres aspectos constituyentes de su modelo expuesto en afirmaciones con las siguientes proporciones (16% ontológico, 21% epistemológico y 63% de correspondencia), frente al grupo 1 y que obtuvieron en porcentaje en sus afirmaciones características del modelo , grupo 1: (7,70% ontológico, 15,4% de epistemológico y 76,90% de correspondencia) y el grupo 4 (0% ontológico, 44% de epistemológico y 56% de correspondencia) que igualmente llegaron a este nivel de correspondencia .

5. Conclusiones

A partir de esta investigación se derivaron las siguientes conclusiones:

Se obtuvo una mayor comprensión del significado de modelo explicativo, el cual es comprendido por el autor de esta investigación como la conjunción de los aspectos ontológicos, un sistema de inferencia (epistemológico) y de correspondencia con un sistema físico, donde se corrobora la funcionalidad del mismo. Dicho modelo puede ser parcial, cuando se contemplan algunos de los aspectos anteriores, pero la validación de él se da cuando, se han alcanzado a vincular estos tres ámbitos, ya que en esta instancia es cuando es sometido a evaluación por parte de sus pares en el aula. Se puede inferir que para la comprensión y validación de un modelo se hace necesario contemplar los aspectos ontológicos de este, ya que ellos ofrecen el escenario para la identificación de las entidades que participan en él y ayudan a visibilizarlo de una forma más pertinente. Finalmente, los modelos que tuvieron un mayor alcance (grupos 1 y 2), requirieron la expresión de los componentes ontológicos, epistemológicos y de correspondencia de forma equilibrada como se observó en los resultados, lo cual los hizo más explicativos, predictivos y comprensibles a las personas que se les expuso, facilitando su validación.

Se logró abordar un concepto complejo en el aula como lo es, el coeficiente de dilatación térmica en materiales, el cual los estudiantes en su mayoría lo interpretaron como una elasticidad propia de cada material, evidenciado en los modelos matemáticos propuestos por ellos, dichos modelos están muy cercanos a los algoritmos planteados por el conocimiento científico.

Se diseño una propuesta, bajo los lineamientos de un autor de referencia Justi & Boulter (2002) que condujo a que los estudiantes expresaran los modelos explicativos alrededor del comportamiento de la materia frente al calor, sobre el fenómeno de dilatación térmica. Se demuestra que la modelación es una herramienta muy poderosa para acercar a los estudiantes al conocimiento científico, evidenciándose por ejemplo en el grupo 2, donde se mostró un interés especial que los llevo a una indagación voluntaria en diferentes fuentes de información para adquirir herramientas poli funciónales, que permitieran tanto enriquecer su modelo mental, como admitir demostraciones que aportaran validez al mismo. Se resalta que la fase de exposición de

los modelos fue fundamental para que los grupos tomaran aspectos relevantes, permitiendo el enriquecimiento de los modelos propios, remitiéndolos a fases anteriores del proceso de modelación lo cual permitiría pensar que este proceso de modelación no es lineal sino cíclico.

Se encontró que para articular un modelo los estudiantes requieren de diferentes entidades ontológicas, las cuales pueden provenir no solo del conocimiento científico escolar sino también del conocimiento cotidiano, el cual aporta elementos relevantes en la vida de los estudiantes y su interacción con el entorno. Adicionalmente, los estudiantes adquirieron un mayor grado de complejidad en la ontología del modelo frente al fenómeno de dilatación térmica, ya que al finalizar el proceso no establecieron únicamente descripción del fenómeno a nivel macroscópico, sino que restablecieron un acercamiento matemático, contemplando variables como: longitud, volumen, área, calor, temperatura, elasticidad y presión; además de entidades microscópicas como: átomos y moléculas, para generar sus modelos explicativos alrededor del fenómeno en cuestión.

Adicionalmente los estudiantes generan gran diversidad de representaciones para apoyar el aspecto epistemológico (explicativo) de sus modelos empleando gráficos, producción escrita, discurso, algoritmos matemáticos, entre otros. Sin embargo, se evidencia en algunos estudiantes la dificultad de presentar una congruencia entre los diferentes tipos de representación para una misma explicación, así mismo se les facilita presentar el componente epistemológico en un tipo determinado de representación, por ejemplo el grupo 4 cuando se solicitó realizar una demostración de la interacción del calor frente al tamaño de los materiales, realizaron un modelo con dos tipos de representación, una escrita enmarcada en el modelo calórico y una gráfica que mostraba una situación analógica, fundamentada en el modelo cinético molecular, logrando evolucionar a un modelo más complejo presentando un cambio de paradigma.

Es de resaltar que esta experiencia no solo logro desarrollar en los estudiantes habilidades explicativas, sino también entender desde una perspectiva molecular el comportamiento de los materiales frente al calor mediante las manifestaciones de algunas propiedades de la materia como: la extensión, volumen, los estados físicos, y propiedades de los gases a partir de la variación de la presión y la temperatura, donde concibieron el concepto de calor como una manifestación de energía y a la dilatación térmica le atribuyeron el comportamiento que

desarrollan los materiales a nivel microscópico al ser expuestos al calor o a su ausencia. De esta manera se evidencio que los estudiantes a través de esta experiencia fueron complejizando la naturaleza de sus explicaciones, donde en un principio lo hacían en su mayoría macroscópicamente y en el avance empezaron a dimensionar el modelo a nivel molecular, permitiéndoles predecir el comportamiento de los materiales en situaciones hipotéticas por medio de simulaciones mentales, lo cual permitió evidenciar que la comprensión del fenómeno de dilatación térmica es una piedra angular en el cambio de paradigma desde el modelo sustancialista al cinético-molecular, lo cual sucedió de forma similar a la evolución que se tuvo históricamente.

Para el aspecto de correspondencia se denota un interés en presentar su modelo por medio de experiencias creativas que permiten visibilizar y corroborar el modelo generado, propendiendo la innovación de instrumentos o elementos que pueden ser útiles para la humanidad en la explicación y comprensión de fenómenos presentados en la vida cotidiana y en la ciencia, como se evidencio en el grupo 2 con la creación de la dilatrolina (instrumento para medir la dilatación de un sólido). De esta manera se puede deducir que la gran mayoría de los grupos lograron establecer correspondencia por medio de la proposición de sistemas físicos experimentales que permitieran demostrar validez a su modelo, lo cual no aporto únicamente a la categoría en cuestión, sino ayudando a complejizar sus juicios emitidos en las otras categorías (ontológica y epistemológica), haciéndolos más tangibles y cercanos a la realidad. Se evidencio también en esta fase que los estudiantes acudieron a fuentes informativas para producir una indagación científica acerca del fenómeno, constituyendo el proceso de modelación en general como una herramienta poderosa para el acercamiento al conocimiento científico.

A manera de sugerencia, se establece que, para trabajos a futuro en este ámbito, se planifiquen actividades que permitan mostrar continuamente la emergencia de las categorías ontológica, epistemológica y correspondencia; ya que pudo establecer algún tipo de interferencia el hecho de obtener correspondencia únicamente en el tercer momento. El realizar este ajuste podría conllevar a obtener resultados de esta categoría a través del desarrollo de la intervención, lo cual, enriquecería enormemente los datos y los análisis que deriven de él.

Se espera que los aportes de esta investigación tengan algún precedente a futuro para fortalecer la aplicación de la estrategia didáctica de la modelación en ciencias, encontrando en la modelación una alternativa amena para incentivar a los estudiantes a la construcción de conocimiento científico escolar y en alguna área específica considerar a la modelación como una estrategia para generar cambios de paradigmas en la concepción de la comprensión acerca de distintos fenómenos

6. Referencias Bibliográficas

Adúriz-Bravo, A., y Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de física-consideraciones epistemológicas, didácticas y retoricas.*Caderno catariense de Ensino de Fisica* ,(19), 1, 76-89.

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, A.M. (2009). A model of scientific model for science teaching. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, (esp), 40-49. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662009000100004&lng=es&tlng=en

Adúriz-Bravo, A. (2013). Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias.IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 22-26.

Barbosa Soto, S., & Escalante Morales, D. M. (2015). Efecto de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), en el aprendizaje de los conceptos calor y temperatura en dos colegios de Barranquilla (Master's thesis, Universidad del Norte).

Bardin, L. (1986). Análisis de contenido. Ediciones Akal.

Bardin, L. (1991). Análisis de contenido (Vol. 89). Ediciones Akal.

Barquero, B. (1995). La representación de estados mentales en la comprensión de textos desde el enfoque teórico de los modelos mentales. Tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid. España. Recuperado de https://repositorio.uam.es/handle/10486/3233

Bruner, JS (2001). El proceso mental en el aprendizaje (Vol. 88). Narcea Ediciones.

Camelo, F y Rodríguez, S. (2008). Una revisión histórica del concepto de calor: algunas implicaciones para su aprendizaje. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis,* 23, 67-77.

Castiblanco, O & Nardi, R, (2014) (a). Interpretando la estructura curricular de programas brasileños de Licenciatura en Física, a partir de una perspectiva epistemológica de la Didáctica de la Física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, *9*(1), 54-69. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662014000100004&lng=es&tlng=es.

Castiblanco, O., & Nardi, R. (2014) (b). Una caracterización de la didáctica de la física. Memorias del Segundo y Tercer Foro de Experiencias Didácticas sobre CSC y Primer Encuentro de grupo Alternaciencias.*MaDoQuim:* Maestría en Docencia de la Química, (3).

Chamizo, J.A. (2010). Los modelos en la enseñanza de las ciencias. En F. Martínez (Ed), Modelos y Modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales (13-18). México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Chamizo, J.A. & García, A. (2014). Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias: una experiencia de formación con profesores mexicanos en servicio. En C. Merino, M. Arellano y A. Adúriz-Bravo (Ed). Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes (79-92). Valparaíso, Chile. Ediciones Universitarias Valparaíso Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Chevallard, Y. (1997). La transposición Didáctica del Saber Sabio al Saber Enseñado. Grupo Aique. Paris, Francia.

Chizzotti, A. (2003). Pesquisa em ciencias humanas e sociais. 6.ed.-Sao Paulo:Cortez, 2003.-(Biblioteca da educación.Serie1.Escola;v.16.

Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciencias y Educación.* 7(1), 85-94

Córdova, N. (2011). Razonamiento basado en modelos: desde las ciencias cognitivas hacia su aplicación en educación (Tesis de Maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Flick, U. (2008). Flick, U. (2008). Diseñando investigación cualitativa. Sabio.

Flores, M. G. (2007). Ven y Vamos a Conocer el Mundo del Calor y del Frío. *Acta Universitaria*, *16*(1), 16-18.

Galagovsky, L., Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (2), 231 -242. Disponible en: http://ensciencias.uab.es/revistes/19-2/231-242.pdf

García, A. (2010). Los modelos en la enseñanza de las ciencias. En: F. Martínez (Ed), Modelos y Modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales (13-18). México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 301-319. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC_3_3_4.pdf.

Gilbert, J.K. y Boukter, C.J. (1995). Stretching models too far. Comunicación Presentada en Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Francisco.

Greca, I.M. (1996). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, V1 (1), 95-108.

Greca, I.M., y Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo.*Revista enseñanza de las cienc*ias, 16(2), 289-303.

Guevara, M. & Valdez, R. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje. *Educaicon Quimica*, 15(3), 243-247.

Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza aprendizaje. *Revista Alambique*. 42. 8-18.

Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "Modelo Mental" consecuencias para la investigación didáctica. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (2), 209-226.

Halloun, I. A. (2007). *Modeling theory in science education* (Vol. 24). Springer Science & Business Media.

Izquierdo, L.R. Galán, J.I., SANTOS, J y Del Olmo, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *Empiria. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 16, 85-112.

Johnson-Laird, P.N. (1983), Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers, *International Journal of Science Education*, 24, 369-387.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Revista enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.

Justi, R., Chamizo, J., García, A. y Figueredo, K. (2011). Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 413-426

Justi, R. Ferreira, P. Queiroz, A. & Mendonça, P. (2012), Contribuciones de la enseñanza fundamentada en modelación para el desarrollo de la capacidad de visualización. En A.A. Molina. (Ed.), Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las ciencias naturales en América Latina, 155-174. Bogotá, Comité Editorial-CADE.

Krapas, S., Queiroz, G., Conlinvaux, D. y Franco, C. (1997). Modelos: Un análisis de significados en la literatura sobre investigación en educación científica. *Investigacion en la Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 185-205.

Kuhn, S. T. (2011). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica.

Lakatos, I. W., Currie, J., Zapatero, G., & Carlos, J. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica* (No. 001.42 L35).

Lecaille, C. (1994). El Flogisto. Ascenso y caída de la primera gran teoría química. *Ciencias*, (034)

Martínez, O. & Méndez, M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.

Merino, R.C., & Izquierdo, A. M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación química*, 22(3), 212-223.

Moreira, M.A. (1996). Modelos Mentales. *Revista Investigación en Enseñanza de las Ciencia*, 1(3), 193-232

Nappa, N. Insustí, M. & Siguenza, A. (2006). Caracteristicas en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las disoluciones. *Eureka*, 3(1), 2-22.

Nersessian, N. J. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. *Cognitive models of science*, *15*, 3-44.

Norman, D.A. (1983). Some observations on mental models, Mental models, 7(112), 7-14. Recuperado de https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=G8iYAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7

&dq=norman+1983&ots=aMoNWSCFds&sig=tGzt3yBEa5PHnGNnExIPtIewojI#v=onepage&q=norman%201983&f=false

Núñez. M. (2010). Investigación Educativa. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Perú

Otero, M.R. (1999). Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias, 4(2), 99-119.

Perea, M.A, y Buteler, L.M. (2016). El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física: una aplicación para el electromagnetismo. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(1), 12-25. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla. 2016.v11n1.a1

Pérez-Echeverría. P, Marti. E, Pozo. J. (2010). Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente. Dialnet, 22(2), p 133-147. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3226846.

Porras, Y. (2014). Una propuesta de aprendizaje de "la estructura de la materia" desde la perspectiva ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (ctsa). Gondola, Enseñ Aprend Ciencias, 9 (1), 89-97.

Raviolo, A., Ramírez, P. y López, A. (2010). Enseñanza y Aprendizaje del concepto de Modelo Científico a través de analogías. Eureka, 7(3), p 581-612.

Rius de Repien, M. y Castro, C. (1995). Calor y movimiento. México: Fondo de Cultura Económica.

Rodríguez, M.L. Marrero, J. & Moreira, M. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. Investigación en enseñanza de las ciencias. 6(3), 243-268.

Rodríguez, M.L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo en Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping (A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González, Eds.). Pamplona, España. Recuperado de http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf

Rodríguez, M. L. (2008). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird. En M. L. Rodríguez. (Ed.), La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva (pp. 46-87). Barcelona, España: Editorial Octaedro.

Santamaria, C. (1989). Modelos mentales y razonamiento semántico: el silogismo. Cognitiva, 2 (2), 21- 36.

Sigüenza, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. Enseñanza de las ciencias, 18 (3), 439-450.

Strauss, A. L., Corbin, J., & Zimmerman, E. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Tamayo, O. (2006). Representaciones Semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Revista Educación y Pedagogía, XVIII (45), 37-49.

Vielma, E. y Salas, M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. Educere, 3(9), 30-37.

Vizcaíno, D. F., & Terrazzan, E. A. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (38), 95-111.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change, Learning and Instruction, 4, 45-69.

ANEXOS

ANEXO I: ESTRUCTURA DE LA INTERVENCIÓN EN EL AULA

¿COMO PODEMOS EXPLICAR LA INFLUENCIA DEL CALOR SOBRE LOS MATERIALES?

Procesos de modelación en estudiantes de educación media alrededor de la dilatación térmica.

Este instrumento de intervención didáctica, busca potenciar habilidades en los estudiantes que les permitan generar modelos explicativos alrededor del fenómeno de dilatación térmica, gracias a actividades prácticas y expositivas en el aula.

¿COMO EXPLICAR LOS CAMBIOS QUE EXPERIMENTA LA MATERIA AL INTERACTUAR CON EL CALOR?

Modelos explicativos generados por los estudiantes en torno al fenómeno de dilatación térmica.

PRESENTACION

La enseñanza de las ciencias por lo general ha sido trasmitida como un conocimiento terminado ,el cual fue elaborado por eruditos, donde los estudiantes simplemente se dedican a replicar los diferentes modelos presentados a través de la historia, desconociendo sus creencias frente a los fenómenos que se encuentran expuestos a diario conllevando a un aprendizaje descontextualizado y sin aplicaciones prácticas.

Por ende nuestra labor como educadores debe ser la de propender esquemas en el proceso enseñanza y aprendizaje que valoren las ideas de los estudiantes para lograr que ellos generen conocimiento haciéndolo mucho más significativo, ayudándole a interpretar y explicar de una forma más sencilla los fenómenos de su entorno. Aquí radica la importancia de esta propuesta, la cual pretende ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades para generar modelos explicativos en las ciencias naturales, tratando de emular los procesos llevados a cabo en la comunidad científica, atribuyendo a los estudiantes una importancia real en la construcción de nuevo conocimiento, conllevándolos a generar un interés frente a la indagación y a explicación en ciencias naturales aportándole una mayor relevancia al conocimiento científico-escolar.

INTRODUCCION

Con esta propuesta se busca desarrollar habilidades de construcción de modelos explicativos en los estudiantes, durante su proceso de interacción y experimentación con el fenómeno de dilatación térmica, partiendo de la indagación y la generación de modelos mentales que serán expresados por medio de representaciones de forma continua en cada una de las etapas de la secuencia didáctica. Cada una de las actividades esta propuesta de tal manera que los estudiantes traten de establecer relaciones e incidencias del calor sobre los materiales; permitiendo no solamente la adquisición de conocimientos, sino el desarrollo de habilidades comunicativas que se manifestaran dentro de la práctica.

OBJETIVOSGENERAL

-Generar una propuesta de intervención didáctica que facilite el planteamiento de modelos explicativos en torno al fenómeno de dilatación térmica.

ESPECIFICOS

-Facilitar el desarrollo de habilidades en los estudiantes para generar modelos explicativos en ciencias naturales.

-Promover espacios de indagación y discusión, que permitan orientar a los estudiantes hacia la construcción de un modelo explicativo.

CONTEXTO

La aplicación de la intervención se realizara en una institución de educación pública ubicada en la localidad 4 (San Cristóbal). La investigación se llevara a cabo con estudiantes de educación media cuyas edades oscilan entre los 15-20 años de ambos sexos.

GUIA DE ACTIVIDADES

EL CALOR Y LOS MATERIALES

El objetivo de esta unidad es inducir a los estudiantes a modelizar, en torno al fenómeno de dilatación térmica y las incidencias del calor sobre los materiales, donde los estudiantes indagaran sobre el fenómeno y generaran sus propias explicaciones.

SESION	DURACION	PREGUNTAS GUIA	DESCRIPCION ACTIVIDAD	PRODUCTO ESPERADO	INSTRUMENTOS
1	100 minutos	¿Cómo cambian los materiales con la influencia del calor?	Indagación a partir de experiencias con la dilatación térmica.	Explicación del fenómeno observado, empleando algún tipo de representación.	Anexo sesión 1
2	80 minutos	¿Cómo se ha explicado la interacción del calor y la materia a través de la historia?	Exploración de los diferentes modelos explicativos generados en la historia acerca del calor y su incidencia en la materia.	Generación de un discurso explicativo del fenómeno a partir de una de las diferentes ideas.	Anexo sesión 2
3	100 minutos	¿Qué características poseen los modelos generados por los estudiantes de la interacción entre el calor y la materia?	Se incentivara a los estudiantes a la representación del modelo mental explicativo, generado a partir de su experiencia con la dilatación térmica.	Representación realizada por los estudiantes, a partir del modelo mental construido por ellos.	Anexo sesión 3
4	60 minutos	¿Cuáles son los modelos que generaron mis compañeros?	Se realizara una plenaria de cada uno de los modelos generados por cada grupo al aula.	Discurso emitido en la exposición del modelo.	Anexo sesión 4
5	30 minutos	Prueba de coherencia del modelo construido Capacidad de comunicación de los argumentos que sustentan el modelo.	Cada grupo preparara una prueba experimental que permita validar su modelo.	Informe de resultados de prueba experimental.	Anexo actividad 5

ANEXO II INSTRUMENTO DE INTERVENCION

SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL

I.E.D. Juana Escobar

Jornada Mañana

Área: Ciencias Naturales

Nombres:_____

_____

Fecha:_____

SESION 1

¿Cómo cambian los materiales con la influencia del calor?

MATERIALES:

-Soporte metálico
-Nueces de soporte
-Pipetas
-Erlenmeyers
-Vaso de precipitados
-Balón de fondo plano
-Velas
-Mecheros
-Pinzas
-Vaso de precipitados
-Pipeta
-Botella de boca ancha
-Huevo tibio
-Bomba (latex)
-Hielo
-Sharpie

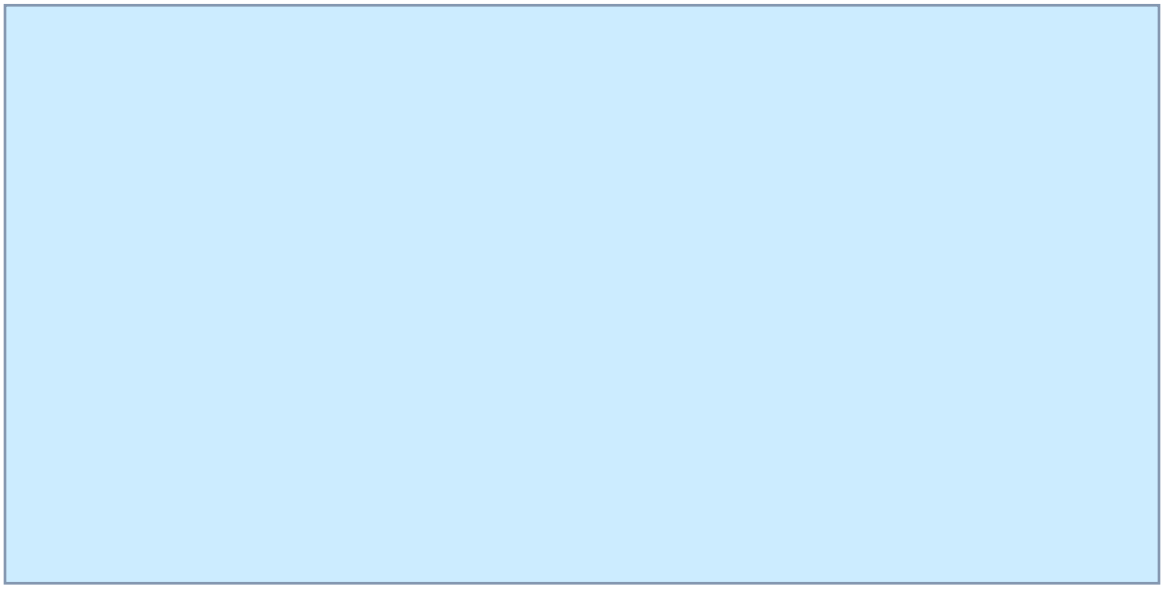
Montaje 1:

Se presentan un montaje que sostiene un balón de fondo redondo con una pipeta apuntando hacia un vaso de precipitados con agua. Calienta el balón. ¿Qué preguntas te surgieron a partir de la observación de este fenómeno?



Montaje 2:

Pela el huevo tibio, colócala sobre el pico de la botella ancha (desocupada) y marca justo el punto donde el huevo tiene contacto con la botella. Toma la botella, ubícala en el hielo y espera alrededor de 2 minutos.



Después toma la botella, y colócala al baño de maría y observa lo sucedido. Una vez finalizada la observación al l interior de tu grupo supongan que deberían explicar este fenómeno a un familiar ¿Cómo lo harían empleando una caricatura?



Montaje 3

Toma una botella de vidrio desocupada y ubica en la parte superior una bomba de látex, asegurándote que no haya posibilidad de que existan escapes por el pico de la botella.

Calienta la botella al baño de maría durante 4 minutos y anota las observaciones.



INSTRUMENTO 2
SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL
I.E.D. Juana Escobar
Jornada Mañana
Área: Ciencias Naturales

Nombres:_____

_____

Fecha:_____

OBJETIVOS

-Evaluar el nivel de acercamiento o distanciamiento de los modelos construidos por los estudiantes , a otros modelos presentados alrededor del calor.

-Identificar aspectos significativos de los modelos históricos y de los modelos construidos por los estudiantes

SESION 2

¿En que se parecen o diferencian los modelos históricos con el modelo construido por nosotros?

Actividad:

1-¿Qué cuestionamientos te surgen a partir de las situaciones presentadas en cada una de las caricaturas?

SITUACION 1	SITUACION 2	SITUACION 3	SITUACION 4	SITUACION 5

2-A partir de las caricaturas expuestas, analicen que aspectos de cada modelo son similares y/o diferentes a su explicación

.

SITUACION 1	SITUACION 2	SITUACION 3	SITUACION 4	SITUACION 5

Similitudes:	Similitudes:	Similitudes:	Similitudes:	Similitudes:
Diferencias:	Diferencias:	Diferencias:	Diferencias:	Diferencias:

3-¿Cuál situación se acerca más a la explicación que brindaron? Expliquen porque.

Material de Apoyo: Fichas sobre los modelos Históricos del Calor


MI PAPA DÍCE QUE EL FUEGO ES EL ORIGEN DE TODA MATERIA
! JA JA JA JA !
¡JAJAJA! EL MÍO CREE QUE TODA MATERIA ESTÁ COMPUESTA POR AIRE, TIERRA, AGUA Y FUEGO
¡MI ABUELO CONSTRUYÓ UN APARATO QUE FUNCIONA CON EL VAPOR DEL AGUA!
DICEN QUE ES LA PRIMER MAQUINA TÉRMICA
PLANTA + AGUA = ÁRBOL
¡¡¡ AHH !!! SI EL AGUA SE CONVIERTE EN MADERA, LOS ELEMENTOS TRANSMUTAN
COMO LOS ELEMENTOS BASICOS SON: AIRE TIERRA FUEGO Y AGUA ! PUEDO CONVERTIR UNO DE ELLOS EN OTRO !, POR EJEMPLO CONVERTIR EL FUEGO EN AIRE
AL RECIBIR CALOR EL CUERPO SE INFLAMA
Y AUMENTA SU TAMAÑO
LUEGO EL CUERPO EMPIEZA A CALCINARSE
MI GOLOSINA SE HA VUELTO MAS PEQUEÑA POR QUE SE HA CALCINADO UN ELEMENTO QUE HACÍA PARTE DE ELLA, ASÍ QUE HA QUEDADO SOLO CON SUS COMPUESTOS MAS PESADOS.
SÍ PONGO A HERVIR LECHE SU CUERPO...
¡SE EXPANDE!
ES DECIR QUE SI SUMINISTRO CIERTO ELEMENTO A DICHO CUERPO... ¡NO SOLO SE CALIENTA! TAMBIÉN AUMENTA SU TAMAÑO
AL TALADRAR UN CUERPO DE HIERRO
LAS MOLÉCULAS DE LA BROCA DEL TALADRO CHOCAN CON LAS MOLÉCULAS DEL MURO DE HIERRO
ASÍ LA BROCA SE CALIENTA
¡Y EXPANDE SU TAMAÑO!
EL CALOR DE UN CUERPO ESTÁ DIRECTAMENTE RELACIONADO CON LA ENERGÍA CINÉTICA O DE MOVIMIENTO DE LAS MOLÉCULAS QUE LO COMPONEN... CUANTO MAYOR ES LA ENERGÍA CINETICA MÁS CALIENTE ESTÁ EL CUERPO

INTRUMENTO 3
SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL
I.E.D. Juana escobar
Jornada Mañana
Area: Cien cias Naturales

Nombres:_____

_____

_____

_____

Fecha:_____

OBJETIVO

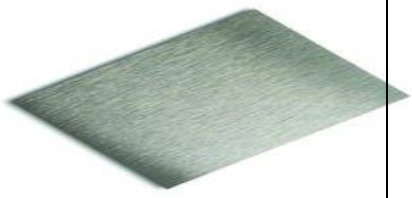
-Evidenciar los modelos explicativos expresados por los estudiantes,frente a diferentes clases de dilatación térmica.

SESION 3

1-Al interior del grupo, ¿cómo percibieron la interacción del calor frente al tamaño de los materiales? ¿Cómo demostrarían esa interacción?

2- ¿Creen ustedes que todos los materiales se comportan de la misma manera ante el calor? A partir de las variables identificadas, asignen un símbolo, letra o representación para cada una de ellas y presenten un mecanismo donde se muestre la interacción entre las diferentes variables en el fenómeno observado a partir de las experiencias presentadas.

3-Supongamos que tenemos los siguientes tres elementos:

Una barra de Hierro	Una lámina de Aluminio	Una esfera de acero
		

¿Cómo percibes que será el comportamiento de cada uno cuando este expuesto al calor?

Barra de hierro	Lamina de aluminio	Esfera de acero

4-¿Cómo explicarías este comportamiento en cada uno de esos tres objetos empleando una expresión matemática?

BARRA DE HIERRO	**LAMINA DE ALUMINIO**	**ESFERA DE ACERO**

5-Prueben la creatividad de tu grupo, preparando una estrategia para presentar las explicaciones y expresiones matemáticas a los demás grupos en la siguiente sesión.

I.E.D. Juana escobar
Jornada Mañana
Area: Ciencias Naturales

Nombres:_____

_____

_____

_____

Fecha:_____

OBJETIVOS

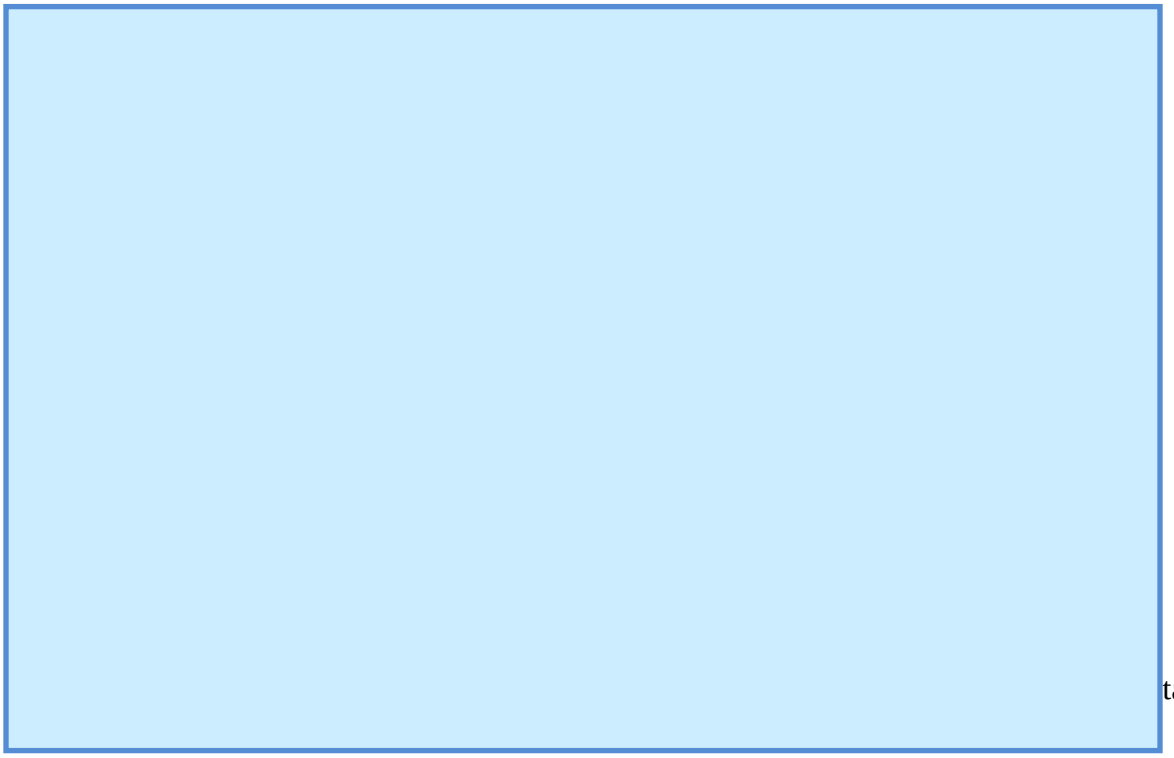
-. Divulgar el modelo explicativo a los demas integrantes del aula,por medio de una exposicion.

-Validar el modelo explicativo construido al interior del grupo,por medio de la aplicación a una practica experimental planteada por sus integrantes.

SESION 4

Actividad:

1-Realicen la exposición preparada previamente del modelo construido al interior de tu grupo.



tas que

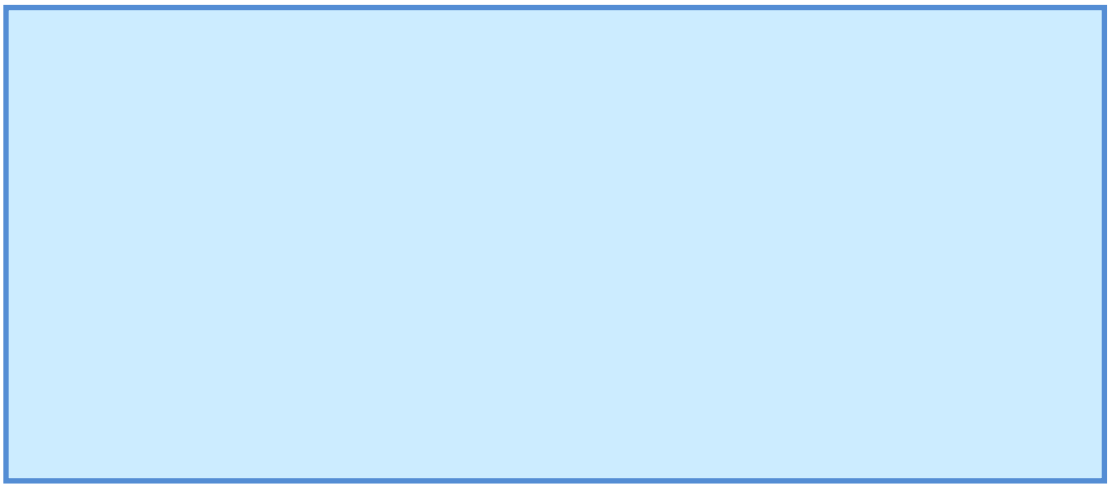
3-Evalua la naturaleza de los modelos de tus compañeros, marcando con una x en si o no ,cada una de las características que se enumeran en la siguiente tabla:

Característica	G.1		G.2		G.3		G.4		G-5	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
¿Lo comprendieron ?										
¿La presentación es sencilla?										
¿Consideran ustedes que podría verificarse el modelo en una práctica experimental?										
¿Es coherente con el fenómeno en estudio?										

4-¿Qué aspectos del modelo de tus compañeros consideran que complementaria su modelo propio? ¿Por qué lo consideran así?

5-¿De qué manera crees que tu modelo podría enriquecer el modelo de tus compañeros?

6-Expliquen como planificaron la practica experimental para evidenciar el modelo construido por ustedes y especifiquen los materiales y los procedimientos empleando un dibujo, un diagrama de flujo u otro mecanismo de representación.



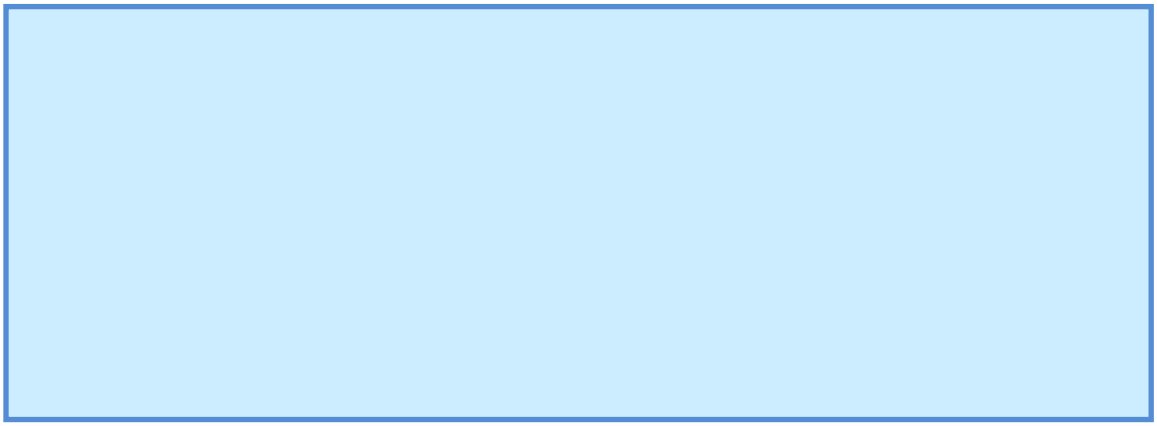
7-Plantea una hipótesis relacionada con la experiencia y el modelo que elaboraron a nivel grupal de máximo 10 renglones:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

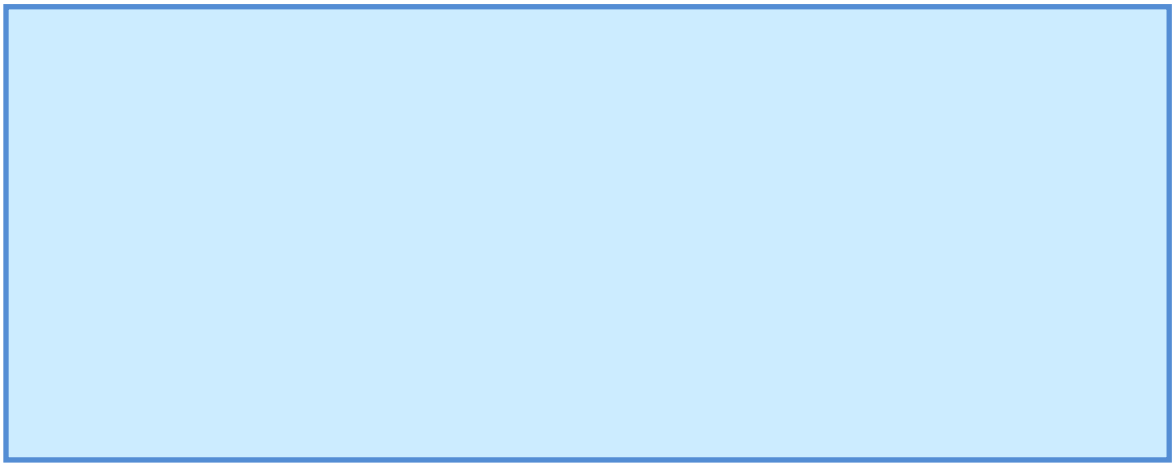
8-A partir del desarrollo de la experiencia planificada por el grupo, que preguntas adicionales te surgieron?



9.¿Cómo presentarías de forma organizada y sistemática los resultados obtenidos?



10-¿El modelo planteado por ustedes si pudo aplicarse a la experiencia planteada? Expliquen por medio de un cuento como relacionaron el modelo construido por ustedes con la experiencia.



ANEXO III: CONSENTIMIENTO LIBRE Y CLARO

1) Información sobre el investigador
Hector Stiven Rocha Forero
Universidad Distrital ¨Francisco José de Caldas¨
doratobuffet@hotmail.com

El investigador se compromete a cumplirestrictamentecon las normas éticasdestinadas agarantizarlosderechos e intereses delos participantes enla investigación sobre sereshumanos.

_____

Hector Stiven Rocha Forero

2) Información sobre la Investigación

2.1. Título de la investigación:**Procesos de modelación generados por estudiantes de educación media alrededor del fenómeno de dilatación térmica.**

2.2. Finalidad y justificación de la investigación:

Las habilidades científicas involucran elementos de explicación del contexto en el cual se esté inmerso .Uno de estos elementos es la formulación de modelos explicativos, basada en las evidencias disponibles que se tengan alrededor de un fenómeno. Esto es de gran ayuda para la comprensión del mundo que les rodea y para etapas posteriores de su vida, no solo en la formación profesional; sino en su vida cotidiana.

El objetivo principal es estudiar metodologías que permitan estimular el desarrollo de la habilidad para la modelación a partir de la interacción directa con el fenómeno en una práctica de laboratorio. La realización de este estudio dará aportes en el proceso enseñanza y aprendizaje, donde el estudiante identifique y defina variables, interprete, transforme y analice datos observaciones formulando modelos explicativos de los fenómenos.

2.3. Los métodos de recolección de datos:
Los datos de la investigación serán recolectados a través de los siguientes métodos:

- Videos

- Análisis de documentos producidos por los estudiantes.

Se espera que la recopilación de datos sea realizada y concluidos en un plazo de dos semanas.

Debido a que se determinará colectivamente el desarrollo de los modelos explicativos es necesario la aplicación de los instrumentos anteriormente mencionados.

2.4. Beneficios y riesgos de participar en la investigación

Esta investigación se llevó a cabo con el propósito principal de generar beneficios para la sociedad y para los individuos. Entre los beneficios que se espera se pueden resaltar

- La participación de los profesores de la escuela en los procesos de reflexión sobre cuestiones didácticas y pedagógicas.
- La formación continúa de los estudiantes participantes.
- Las innovaciones de estudio para la mejora de los procesos educativos desarrollados por la escuela.
- La mejora de los procesos educativos desarrollados por la escuela.
- Mejorar nivel de comprensión y explicación de los estudiantes en torno a la interpretación de evidencias, datos y observaciones necesarios para afrontarse a las distintas pruebas de estado.
- Diseño de estrategias didácticas que promuevan un acercamiento del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.
- Los investigadores se comprometen a llevar a cabo el cuidado y garantías y confidencialidad de los resultados arrojados en la investigación.

2.5. Garantías del participante de la investigación

(A) El participante tiene la libertad de aceptar o negarse a participar en el estudio, sin ninguna consecuencia.
(B) El participante tiene la plena libertad de retirar su consentimiento (renunciar a su participación) en cualquier etapa de la investigación, sin consecuencia alguna.
(B) Los datos recogidos serán utilizados sólo con fines de investigación.
(C) la identidad de las instituciones y la gente consultada durante la investigación serán mantenidos en estricta confidencialidad.
(D) se observará con cuidado razonable de manera que los resultados de los diferentes instrumentos representen beneficios para los participantes y la sociedad, y no producirá dolor, sufrimiento, cultural o de cualquier otra naturaleza.
(E) La participación en la **investigación** no generará costos, ya que el trabajo de indagación se llevará a cabo con los mismos participantes del estudio, en los momentos que sean convenientes y no implican, por lo tanto, cambios y otros gastos asociados.
(F) el participante en la investigación recibirá una copia de estos Términos de Consentimiento.

Consentimiento de datos y de los participantes

Sr (a). Se invita (a) a participar en el proyecto de investigación "**Procesos de modelación generados por estudiantes de educación media en torno al fenómeno de dilatación térmica".**

", la responsabilidad de Hector Stiven Rocha Forero investigador

El (la)estudiante _____, está invitado (a) a participar en el proyecto de investigación **Procesos de modelación generados por estudiantes de educación media alrededor del fenómeno de dilatación térmica** el investigador responsable de Hector Stiven Rocha Forero

Yo, _____, C.C _____, mayor de edad, después de haber sido debidamente informado, del consentimiento, en calidad de tutor o representante legal, de _____, T.I _____, menor de edad, permito que participe como voluntario, del proyecto de investigación descrito en este documento .

_____

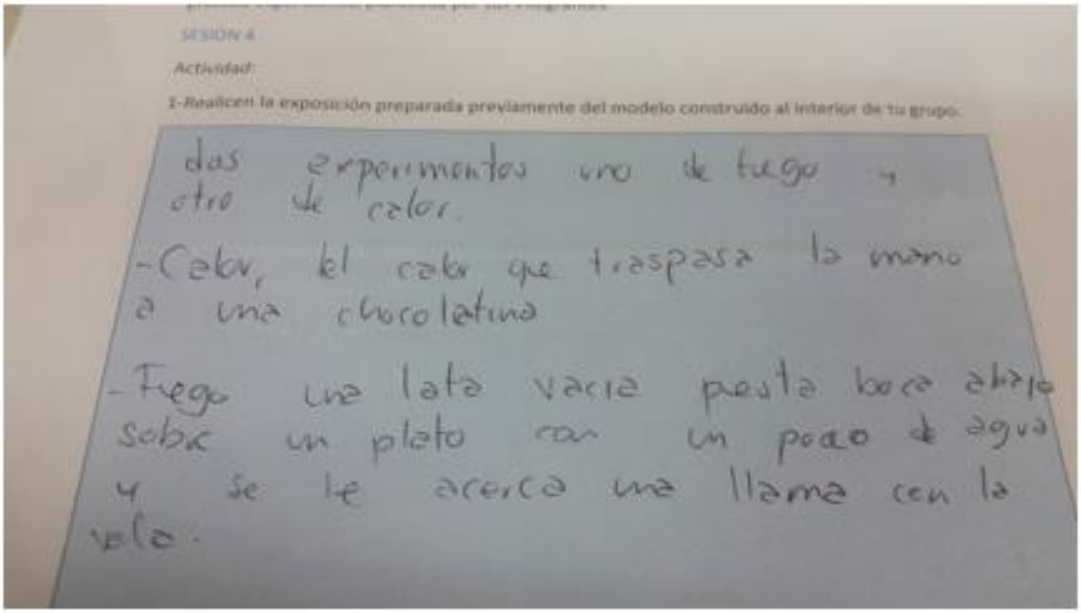
Firma del representante legal

Bogotá, _____ _____ de 2015.

ANEXO IV. Transcripción Videos Exposiciones

Grupo 1

1-Realicen la exposición preparada previamente del modelo construido al interior de tu grupo.



EXPOSICION

G=1 E.1 Buenos días, hoy vamos a hacer un experimento para mirar la diferencia entre fuego y calor. Presentamos este experimento que se llama la lata que salta, entonces vamos a colocar un plato ondo, un poco de agua y vamos a colocar una lata totalmente vacía en la parte de debajo de esta forma, vamos a encender una vela con el mechero (sonrisa a encender el fosforo) se prende la vela ,ehhhhhhh al tener contacto el fuego con la lata produce que la presión aumente dentro de la lata. Se acerca la vela a la lata

E.2= Como la lata es tan ligera, va a hacer que la lata salte (gesto con la mano ascendente) de saltitos pequeños (Señala la lata mientras esta asciende un poco) y que el calor que esta comprimido hace que baje y salte (señal con las manos)

E=1 si hace bum pueden observar (pequeño salto de la lata y apaga la vela),esta es la interacción que tienen los metales con el fuego y esto es con el aluminio y ahora vamos a hacer otra que es de la calor. Tenemos una chocolatina que está a temperatura ambiente y vamos a colocar (sonríe y se la pasa a la compañera E=2), y vamos a cogerla y vamos a ver como nuestro calor se va pasando, se transmite a la chocolatina y va a cambiar su tamaño (sonrisas)

E=2 Se supone que al momento en que uno, si han visto cuando uno la mete aquí en el pantalón, o uno la tiene así en la mano (tiene la chocolatina entre sus dos manos) se va derritiendo poco a poco con la temperatura, bueno (deja la chocolatina fundida sobre la mesa y vuelve la mirada hacia el tablero donde hay unas formulas escritas) y estas son las fórmulas de los experimentos. La chocolatina sacamos de ahí que tenía el calor, la temperatura y el tamaño.(Señala la formula la expresión Tr2) se supone que este es el tamaño, ósea cuando esta derretida nos va a dar un

tamaño derretida.(Luego señala la segunda expresión Tr1)Esto nos da igual que va a ser igual al tamaño normal, multiplicado por la temperatura que tiene al final(señala la expresión T2), es decir cuando esta derretida y luego lo restamos con la temperatura inicial (Señala T1), es decir con la temperatura ambiente y nos va a dar un total de la chocolatina derretida (Señala la expresión Tr2).

E=2La lata que da saltitos: Señalando el título del experimento (señala la primera representación) aquí la lata y eso lo pusimos por igual a la temperatura que nos dio al momento que estábamos calentando y empezó a saltar y lo restamos por la temperatura ambiente, claro que estaba a la lata inicial(gesto con su mano izquierda girando sus dedos) y eso nos va a dar la temperatura final, que es a lo que estaba (gesto con sus manos recogiendo los dedos y luego extendiéndolos).

E.1=Pues lo que pasa es la temperatura de la lata no es (apunta y toca continuamente con el dedo índice la lata) dirección de fuego.

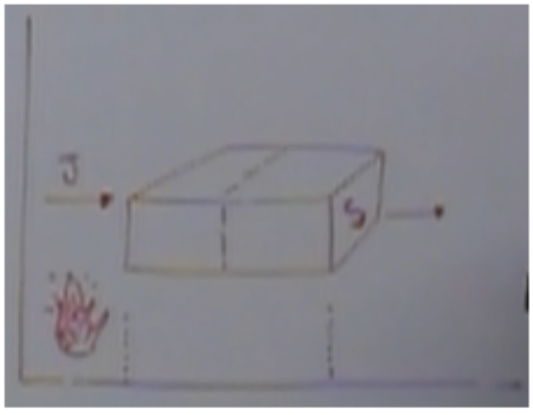
GRUPO 2

TRANSCRIPCION EXPOSICION GRUPO 2

E1= Buenos días, vamos a explicar mediante la experiencia que tuvimos en las guías y los experimentos, con relación al calor y a los materiales.

E2; Vamos a mostrar una fórmula de la dilatrolina, el objeto que en este caso es una lámina metálica (señalando el objeto que esta sobre la mesa) que está sometida al calor. (Se dirige hacia el tablero donde tienen unas anotaciones) afirmando: la longitud final del objeto es igual a la longitud inicial, por la variación de calor por la elasticidad. Es decir que cuando la lámina tiene una longitud inicial que se ve sometida al calor y se estira (haciendo gesto manual cerrando el puño y abriendo los dedos) debido a que se dilatan las partículas por el calor. Esto genera elasticidad.

E3: Acá vemos que lo que hicimos con este dibujo fue como aquel experimento que solo la punta se calienta (señalando dibujo en el tablero), entonces el bota s, el volumen y la temperatura que aquí varían. Entonces por decir que acero está en la punta van a pensar que esto no se va a calentar a fondo y no es así, ósea, se va a calentar todo el objeto (señalando con los dedos todo el entorno del dibujo) lo único que va a cambiar es que aquí en la punta va a cambiar el color.



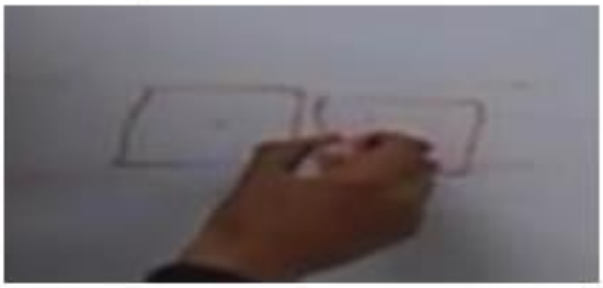
E1=Como podemos ver acá (mostrando el instrumento que el grupo diseño para la experiencia)



ES= Bueno en el siguiente experimento, vamos a mostrar como un objeto puede cambiar la temperatura de otro (Ubican el instrumento de tal manera que la lámina metálica este expuesta a la llama directa de una vela)



Por ejemplo tenemos un objeto a tal temperatura, y acercamos otro con puede ser menor temperatura, (escribiendo y dibujando en el tablero).Cuando están unidos, entonces este con mayor temperatura, va a pasar energia a este (señalando a uno de los dos cuadrados que dibujo en el tablero)



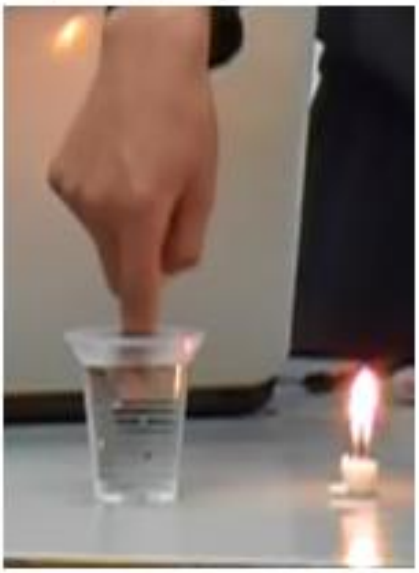
Hasta que ambos (haciendo trazos entre uno y otro cuadrado)hasta que ambos queden en un punto cero (dibujando el cero debajo de los cuadrados) ósea que queden a la misma temperatura. De ahí ya dependerá el tiempo ya comenzara a bajar su temperatura. Y aquí les vamos a....como

un objeto a alta temperatura, puede cambiar la temperatura de otro cuerpo, por ejemplo el agua.
(Toma el instrumento elaborado por ellos con la lámina caliente y lo sumerge en un vaso de agua)



E1=El primer efecto que podemos ver es la evaporación del agua. El segundo ya será que el la temperatura del agua va a cambiar.

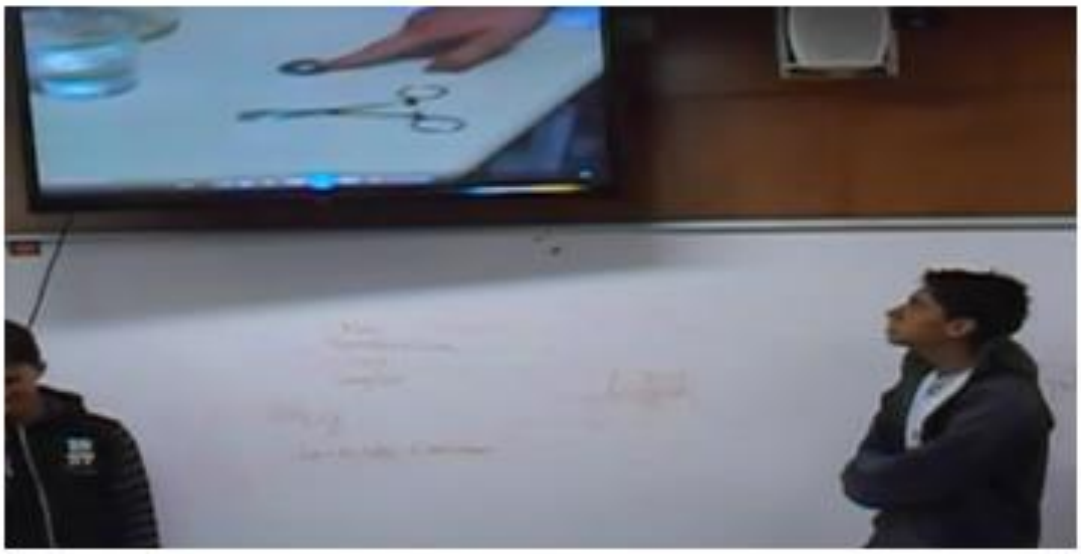
E=4 y ahora la (sumerge el dedo en el vaso)



Placa de el objeto que le dio la temperatura al agua fue la lámina y hizo que su temperatura aumentara (señales ascendentes con la mano).Si la dejamos más tiempo llegara un momento en el que ambos queden a la misma temperatura, lo cual seria alcanzado el punto de cero absoluto.

E1= El siguiente video vana explicar casi lo mismo, pero (sonrisas al interior del grupo)

VIDEO: La contracción y la dilatación de los metales: entre los materiales que tenemos aquí tenemos un ara metálica, que es la que vamos a dilatar y contraer





Y..... (Confuso) el calor (señalando la estufa) y luego el frio(señalando un vaso con agua).Vamos a hacer una prueba inicialmente en el pote haciendo una banda (introduciendo la argolla)que se mete como podemos ver. Ahora a continuación (abre el frasco y retira la argolla que había sido depositada dentro de el) vamos a hacer es vamos..... Confuso..... A dilatar el metal (tomando la argolla con una pinza y colocándola a la llama) vamos a dejarlo alrededor de un minuto.....confuso--.....a continuación vamos a poner la argolla (quedando esta trabajada en la ranura)



Como vemos, no pasa, en este caso la echamos al frio (depositándola en el agua fría)



Al decir que ya no está caliente, y con nada pico (introduciéndola en el recipiente con la ranura con mucha facilidad. Ahora en el experimento de hoy vamos a comprobar la dilatación térmica.

E1= Otra experiencia que también podemos ver es el masmelo por:

E5= Por ejemplo cuando el masmelo se somete al calor (tomando el masmelo con un palillo y acercándolo a la llama)



Por fuera del masmelo se va calcinando y tiene un cambio de color, pero cuando uno lo abre, el masmelo se pone (se complementa observando a e4) por dentro sigue normal pero se vuelve chicloso (haciendo movimientos expansivos con los dedos de su mano izquierda

e5=Se quema la capa exterior.

E=1=Gracias

Pregunta que surge de un estudiante:

¿Y qué pasaría si ósea, meten el masmelo así como está dentro del agua fría y al mismo tiempo le pasa a la vela si se quema.

E1=Se quema pero se dobla más por el agua y mira que hacemos, pregunta no tienen otro masmelo?

E1=Vamos a ver qué pasaría si primero mojamos el masmelo (destapan otro masmelo)



79

80 Lo sumerge en el vaso con agua





84

85

86 E1=Se pone negro pero no se quema! ES= Ahora si huele a quemado,

87 E1= se vuelve más.....

88 E4= tiende a tener....

89 E1=Se expande, (Signo gestual con las manos) y tiende a tener un color más brillante. Si lo
90 ponemos más se queda.

91

92 Miembro del auditorio: No , porque eso es como cuando toma una olla lo que hace es ...

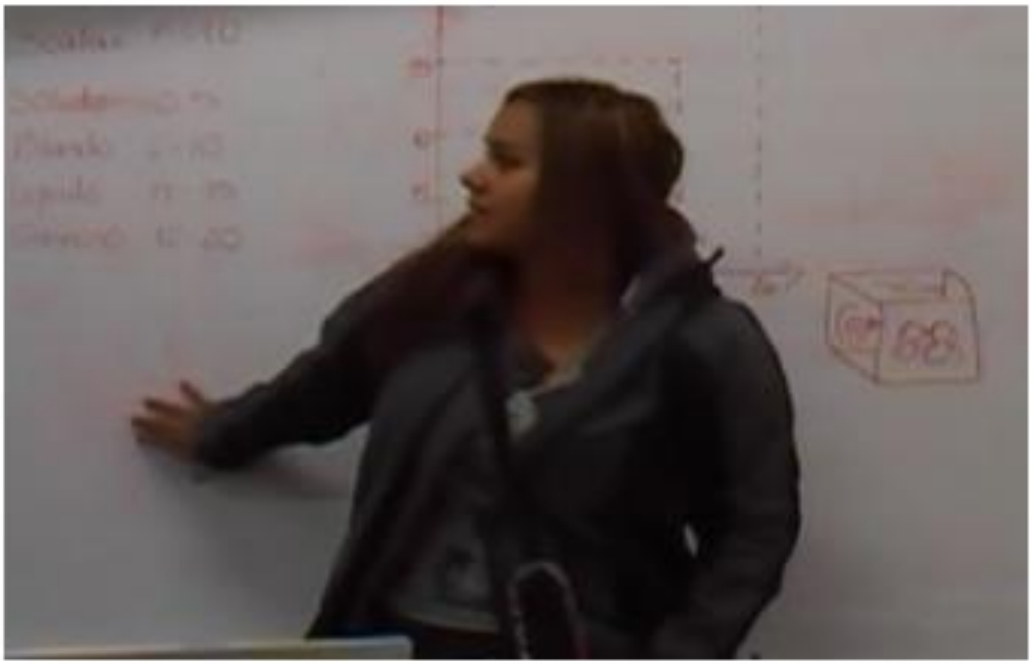
93 E=1 Si se quema (moviendo afirmativamente la cabeza) Gracias. Por la parte de más afuera.

94 E1=No se quema, moviendo negativamente la cabeza, pues depende del tiempo que lo
95 pongámosla fuego se va a quemar o si no no se quema, gracias

GRUPO 3

TRANSCRIPCION EXPOSICION GRUPO 3

G3= E=1 Hola, muy buenos dias, mi compañero Duván Ortiz, Y Jonathan y yo venimos a explicarles el comportamiento de la barra de hierro. Para hacer la expresión matemática ehh nos basamos en la temperatura y en la forma (señalando la gráfica realizada en el tablero), estas vienen siendo los tamaños pues primarios no cierto? Pensamos en como la barra de hierro iba cambiando mediante el calor. Entonces mi compañero Jonathan les va a explicar las escalas (señalando una escala representada en el tablero:



Y mi compañero Duván les va a explicar las partes.

E=2 Entonces estas escalas, las creamos principalmente para saber en qué estado se encuentra el elemento de acuerdo a su temperatura. Si esta de 0 a 5 esta sólido, si esta de 5-10 está blando, de 11 a 15 liquido y de 16 a 20 gaseoso:



E=2 Ya del resultado que nos de la formula, pues de ahí sabemos en qué estado se encuentra la materia.

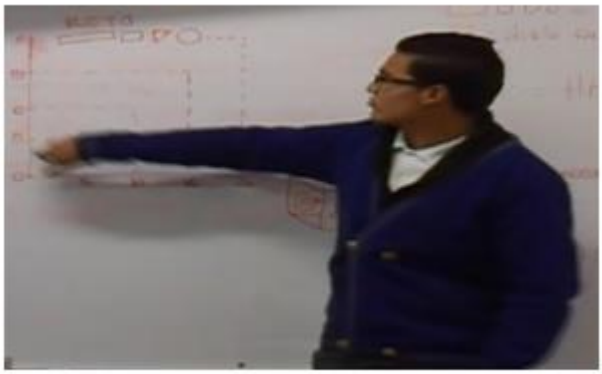
E=3 Esto lo podemos comprobar pues con una formula, la formula vendria así, que consiste en

A 8 hielo fuegos es el grado de temperatura más 6 ah este 6 se refiere al material, osea voy a hacer aquí la formula, esta forma es igual al hielo fuegos más la escala rcto, le dimos como nombre a g la escala de la forma, la escala el grado de (confuso). Entonces los hielofuegos, a la cantidad de hielofuegos mas los rcto osean la forma a la que se encuentra. Entonces la forma es 8 hielofuegos, más la forma que es 6 que se encuentra en blando es igual a 14. Podemos decir que la forma ha cambiado de estado a un estado liquido. Entonces ehhhh para ósea este numerito siempre se pone:



El menor de la escala, osea no se puede porque digamos, si es de 6 a 10 se puede decir que coloco un 9, un ocho o un 7, No, solo se toma el menor, o es 6 o es 11 o es 16 o es cero.

Entonces acá también lo podemos comprobar con de 5 de forma, osea a 5 hielo fuegos ,mas cero que está en sólido, nos da 5, es decir que aún se encuentra en sólido, para que subiera y cambiara su estado. Eso es todo gracias.



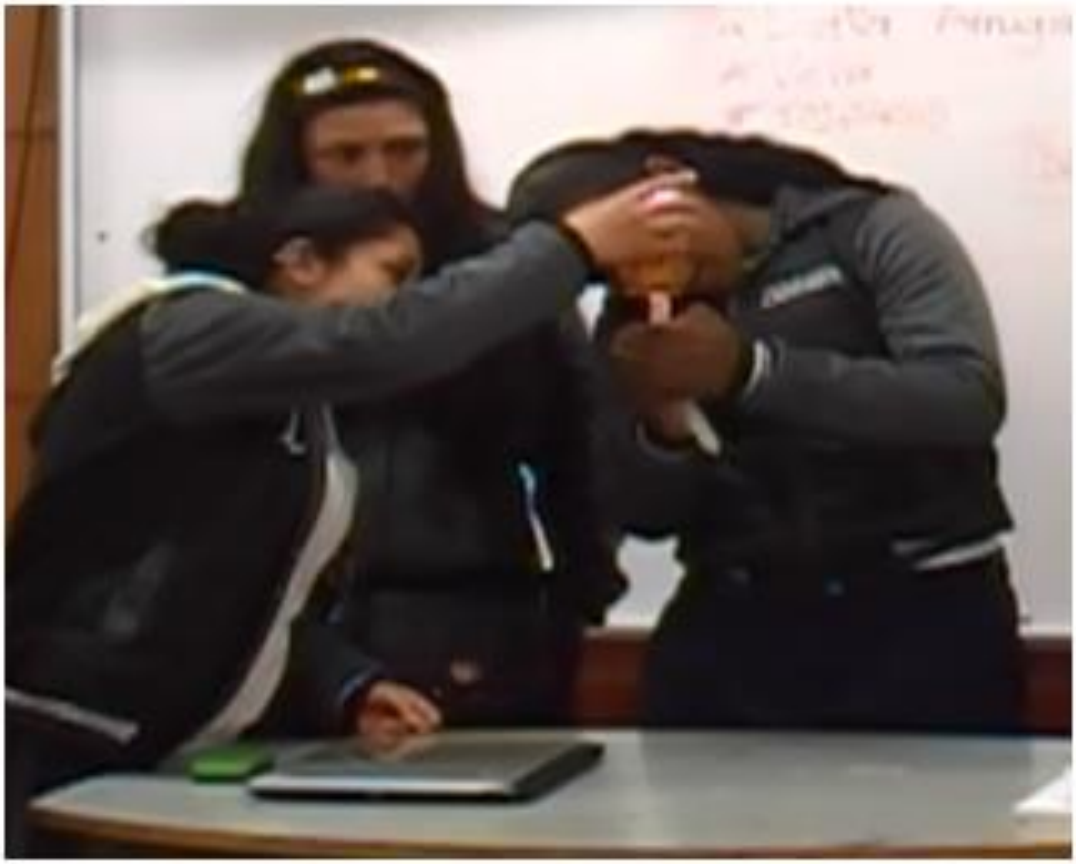
GRUPO 4

1-Realicen la exposición preparada previamente del modelo construido al interior de tu grupo.

TRANSCRIPCION EXPOSICION GRUPO 4

G=4

E=1 Bueno, buenos días, vamos a explicar el primer experimento que se nos ocurrió, así de improvisto, de una lata arrugada, que se puede inflar por el calor, entonces vamos a (una compañera le pasa una vela, la prenden y colocan la lata sobre la vela a calentarse):



E=2 Pero no se infla

E=3 Espere que se siga calentando, (la vela se apaga y vuelve a la) ensayemos como se puede prender (y vuelven a colocar la vela debajo de la lata) y se apagara.

E=2Toca sacarle la punta al pabilo Esperamos que la lata se expanda como estaba, (la enciende una vez más y la coloca debajo de la lata),



E4= Mientras ellas van haciendo el experimento, pues yo voy a explicar la teoria, ehhh para llegar a las conclusiones E=1 interrumpe afirmando (eso está caliente mano, me estoy quemando con la lata)

E4= Cuando tenemos determinado objeto y le agregamos calor, las partículas de este empiezan a abrirse si? Osea lo que nosotros (confuso), tiene unas pequeñas partículas el objeto (y empieza a extender sus manos en una forma caracteristica simulando elasticidad)



Y es lo que hace que la lata se infle, se ella se ˬ Infle.

E5=Osea, aqui vamos a mostrarle porque creemos que la lata se infla, entonces digamos que tenemos la lata y la dibuja:



Entonces la particula que están dentro de ellas que sería el aire, entonces al calentarse lo que pasa es que las particulas empiezan a buscar un lado por donde salir, entonces empezarían a moverse rápido, y se empezarían a expandir por todo el recipiente, por toda esa lata,(señalando la lata), lo que hace que se expandiría. Entonces al agregar el calor, se expandiría toda la lata de aqui (realizando un gráfico)



Ya que el aire buscaría una forma de salida y lo que hace que la lata se expanda

E3= Nosotras planteamos pues 2 formulas, la primera que es presión que es igual a volumen sobre calor, entonces por qué presión, porque no sabemos la presión que se llegue a dar en la lata en la que se le agregue la calor, el volumen pues el volumen de la lata y las calorías que se le agregan.

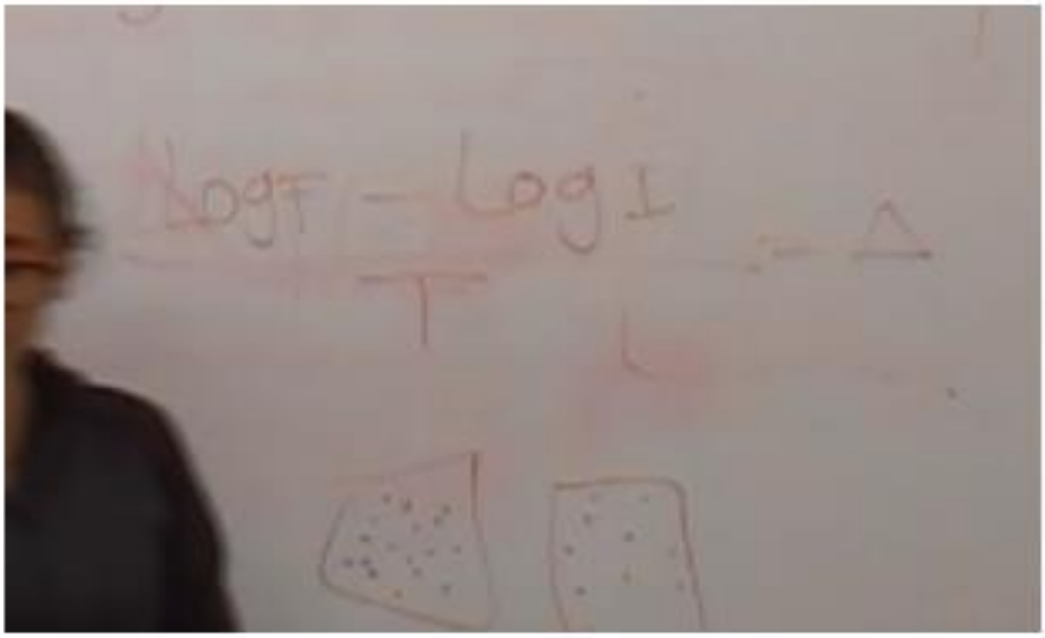
También habíamos planteado la de la longitud

E=4 La longitud final y la longitud inicial, entonces a medida que un objeto, al calentarse, ósea, miramos la medida inicial primero que tiene, y entonces al aplicarle una temperatura exacta vemos que su longitud cambia, entonces sería la longitud final.



Porque como un objeto, digamos un material metálico al calentarse, las partículas, ósea pasa lo mismo que acá (señalando la representación del fenómeno de la lata), las partículas empiezan a moverse rápidamente, lo que hace que el material se vuelva elástico, entonces se expande, entonces lo que necesitábamos saber aquí era que cantidad de calor se le aplicaba al objeto

Para que llegara a expandirse, entonces aquí está la longitud final menos la longitud inicial, estariamos obteniendo cuanto fue el cambio que tuvo, sobre la temperatura, para saber que calor se le agrego al material



47

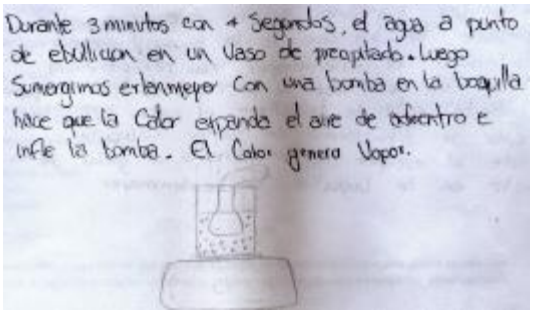
48

49 E1=Esperamos que la lata se expanda como estaba, inténtenlo en casa por favor (se rie).

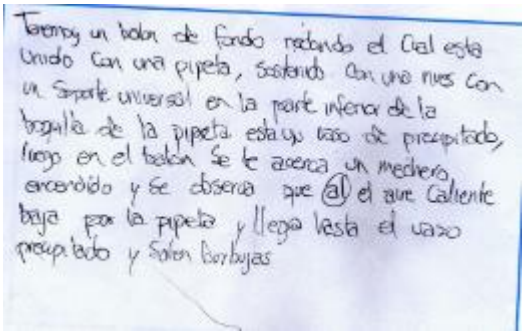
50

ANEXO V: RESULTADOS CLASIFICADOS

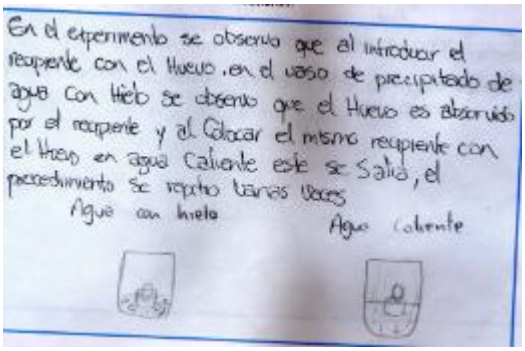
Evidencias Instrumento 1 (I1)
Grupo 1



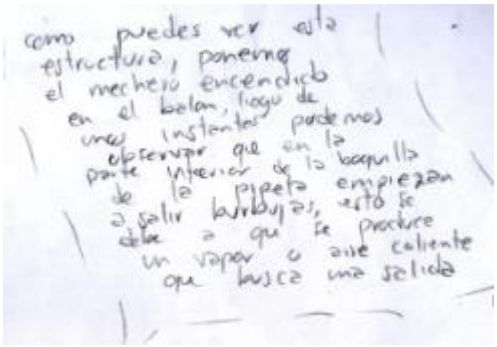
I1A2aG1 EPI1



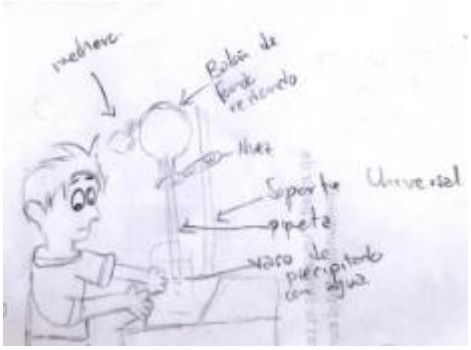
I1A1G1 ONT 3



I1A2bG1 ONT3

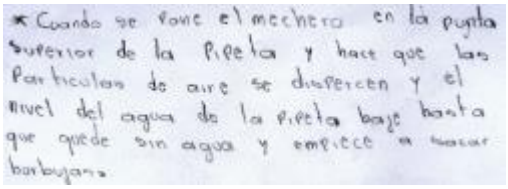


I1A2cG1 ONT 3



I1A2dG1 ONT 3

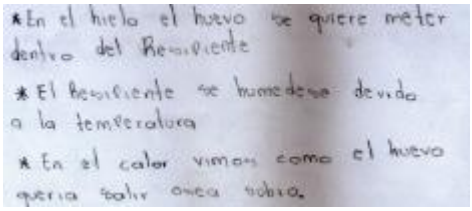
Evidencias Instrumento 1 (I1)
Grupo 2


* Cuando se pone el mechero en la punta superior de la Pipeta y hace que las Particulas de aire se dispercen y el nivel del agua de la pipeta baje hasta que quede sin agua y empiece a hacer burbujas.

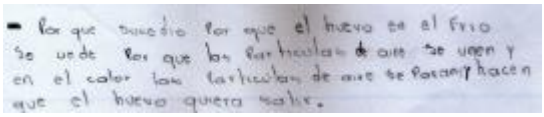
I1A1aG2 EPI 2



I1A1bG2 EPI 2

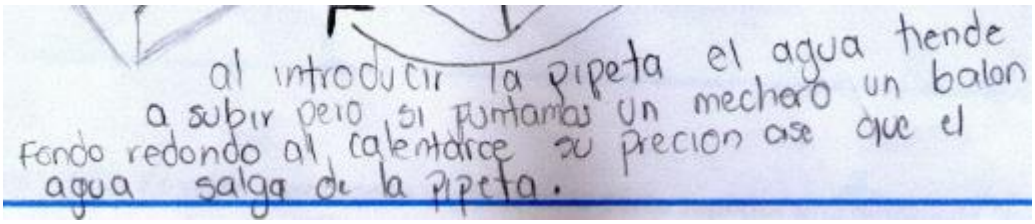

* En el hielo el huevo se quiere meter dentro del Recipiente
* El Recipiente se humedese devido a la temperatura
* En el calor vimos como el huevo queria salir otra vez.

I1A2G2 EPI2

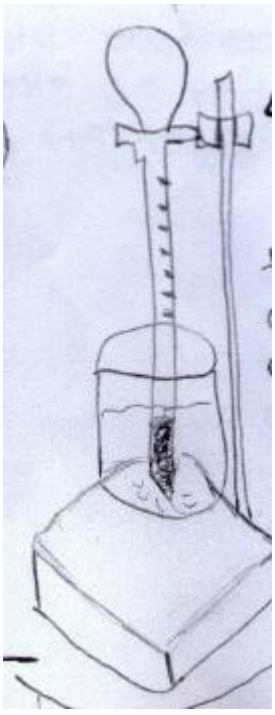


I1A3G2 EPI2

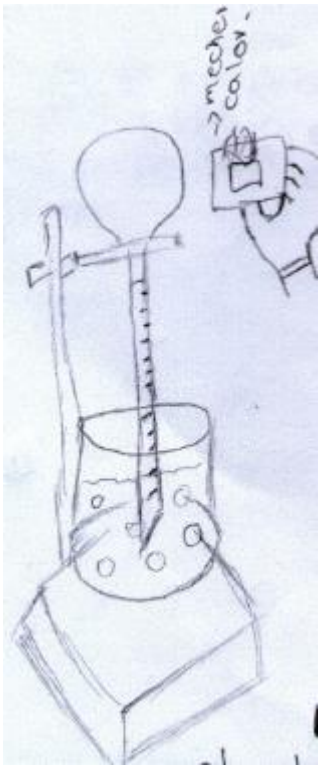
Evidencias Instrumento 1 (I1)
Grupo 3



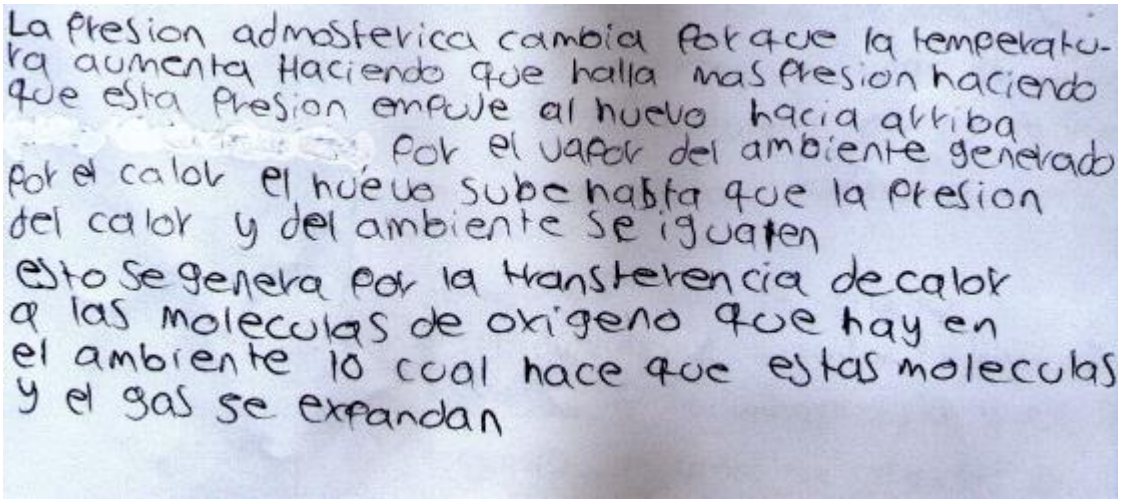
I1A1aG3 EPI1



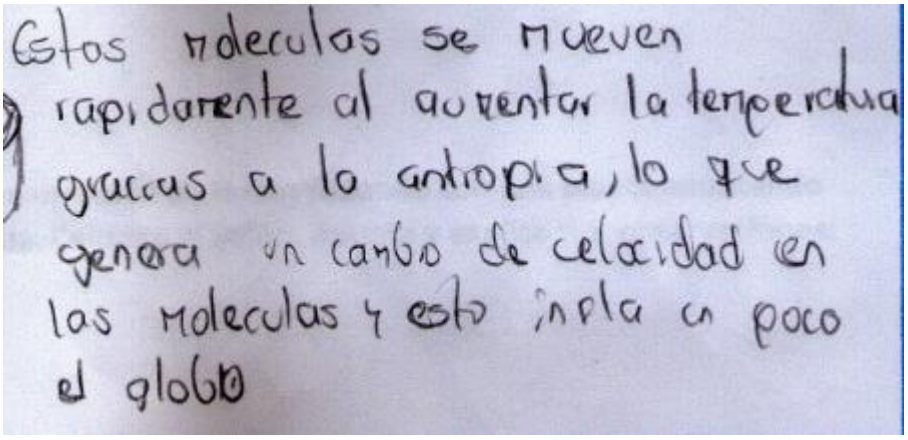
I1A1bG3 EPI1



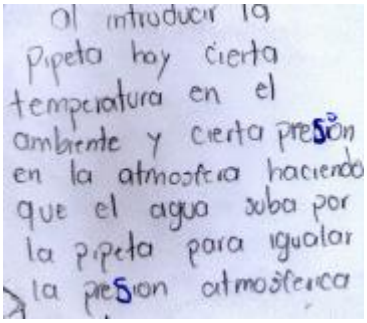
I1A3aG3 EPI1 2



I1A2G3 EPI3

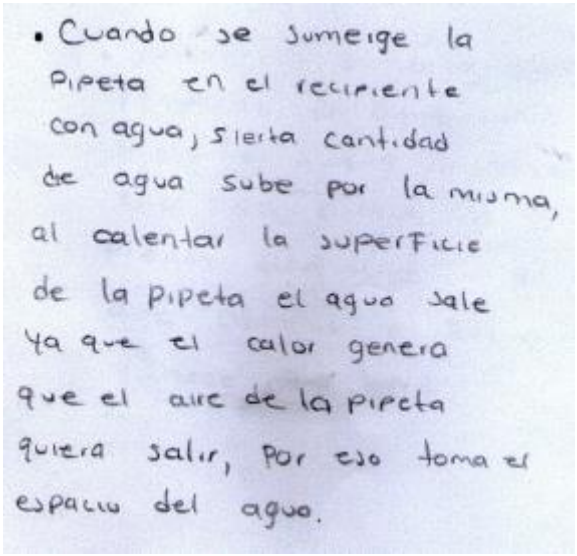


I1A3bG3 EPI3

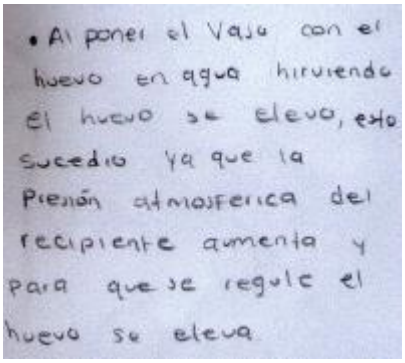


I1A1G3 ONT3

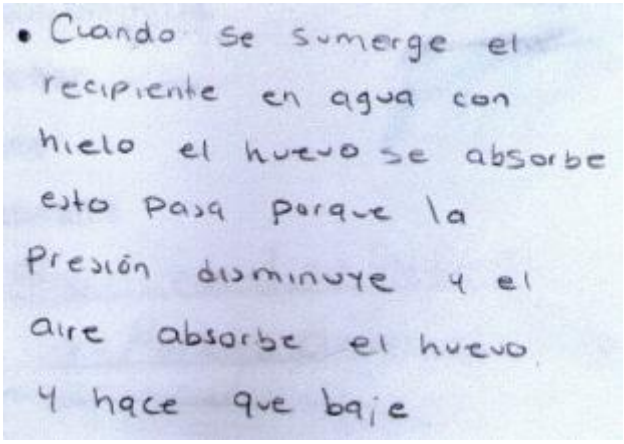
Evidencias Instrumento 1 (I1)
Grupo 4



I1A1G4 EPI1



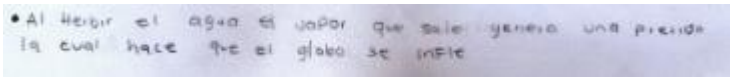
I1A2aG4 EPI1



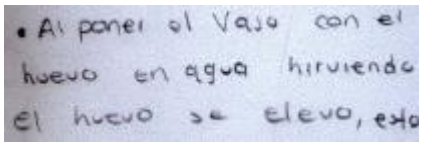
I1A2bG4 EPI1



I1A2cG4 EPI1



I1A3G4 EPI1



I1A2aG4 ONT 2

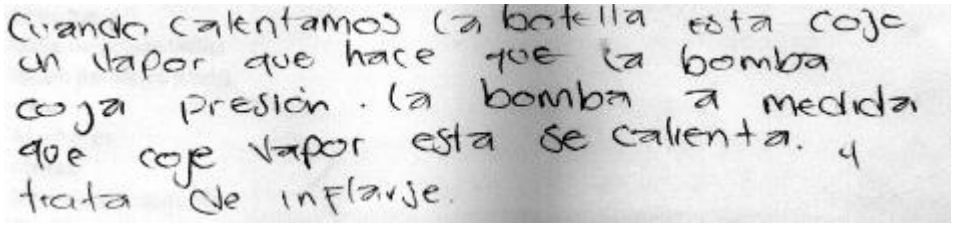


I1A3G4 ONT2

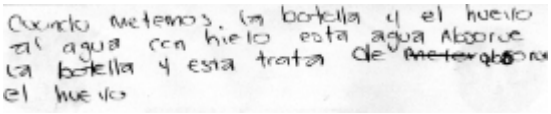


I1A2bG4 ONT 3

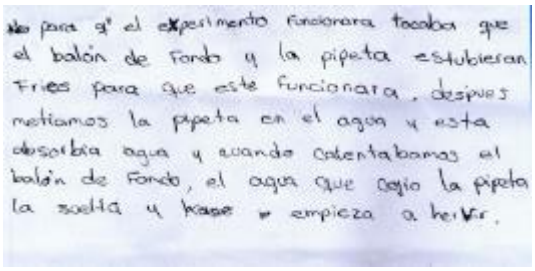
Evidencias Instrumento 1 (I1)
Grupo 5



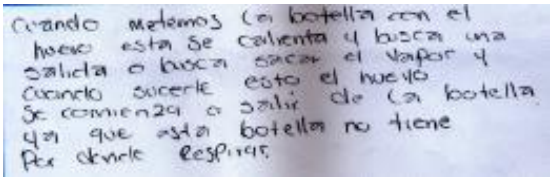
I1A3G5 EPI1



I1A2G5 ONT2

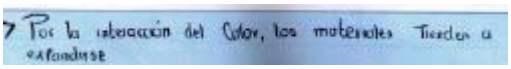


I1A1G5 ONT 3

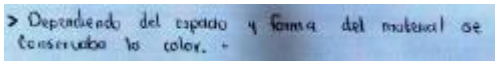


I1A2G5 ONT 3

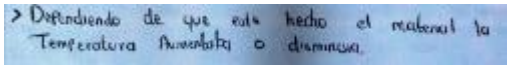
Evidencias Instrumento 3 (I3)
Grupo 1



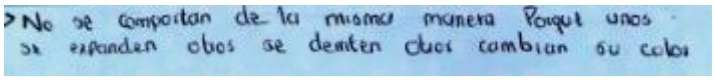
I3A1aG1 EPI1



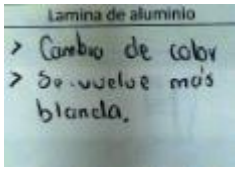
I3A1bG1 EPI1



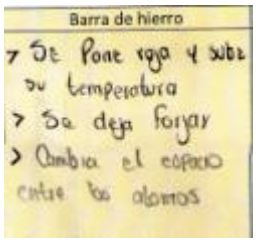
I3A1cG1 EPI1



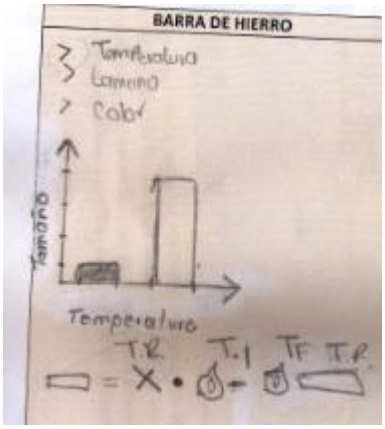
I3A2G1 EPI1



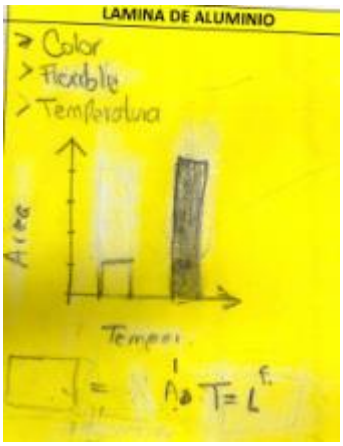
I3A3bG1 EPI1



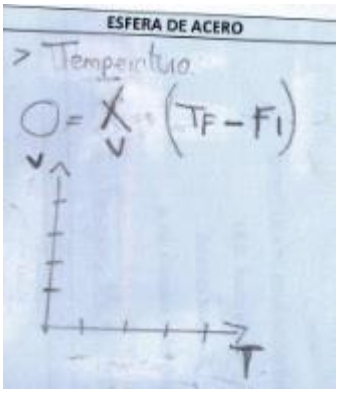
I3A3aG1 EPI3



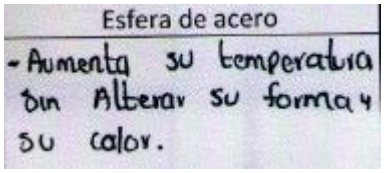
I3A4aG1 EPI3



I3A4bG1 EPI3

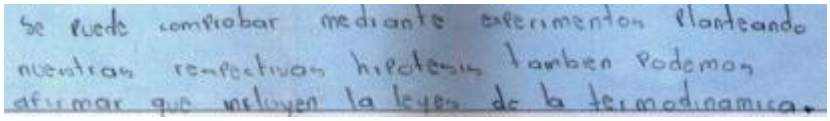


I3A4cG1 EPI3

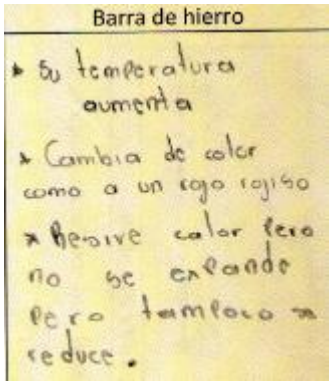


I3A3cG1 EPI1

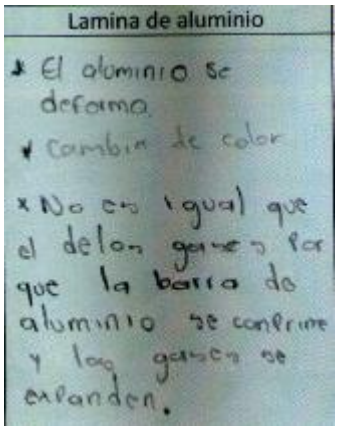
Evidencias Instrumento 3 (I3)
Grupo 2



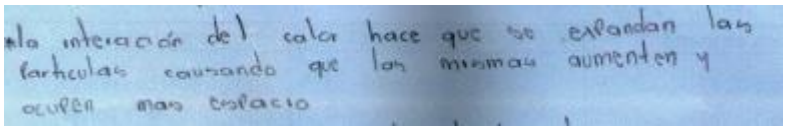
I3A1cG2 EPI1



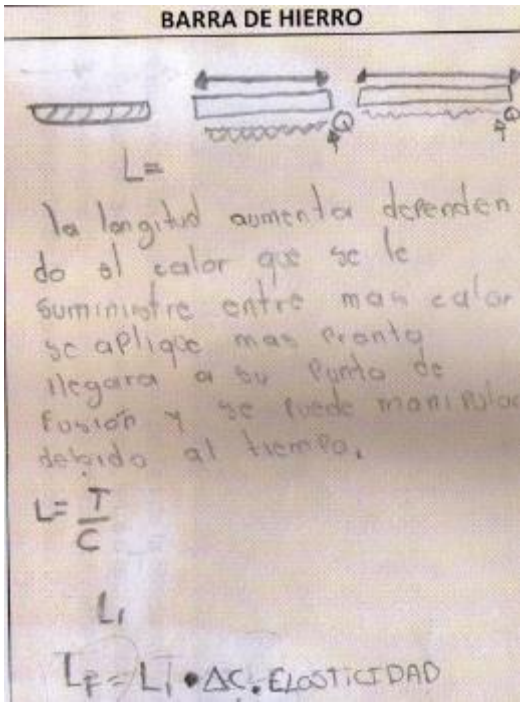
I3A3aG2 EPI1



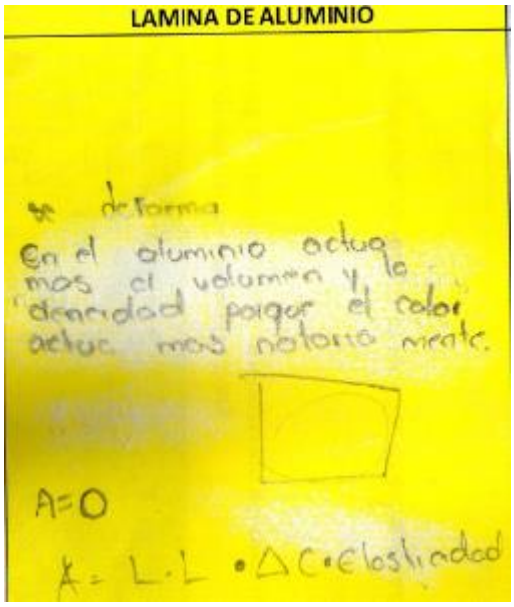
I3A3bG2 EPI1



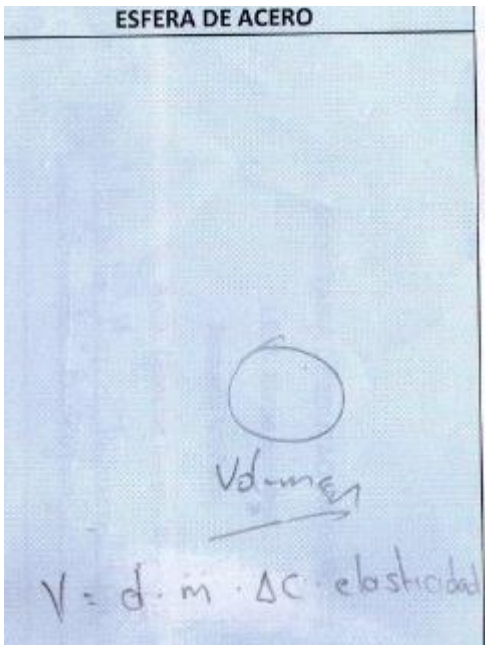
I3A1dG2 EPI3



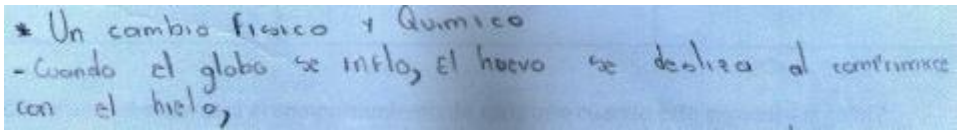
I3A4aG2 EPI3



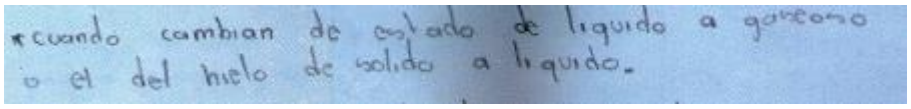
I3A4aG2 EPI3



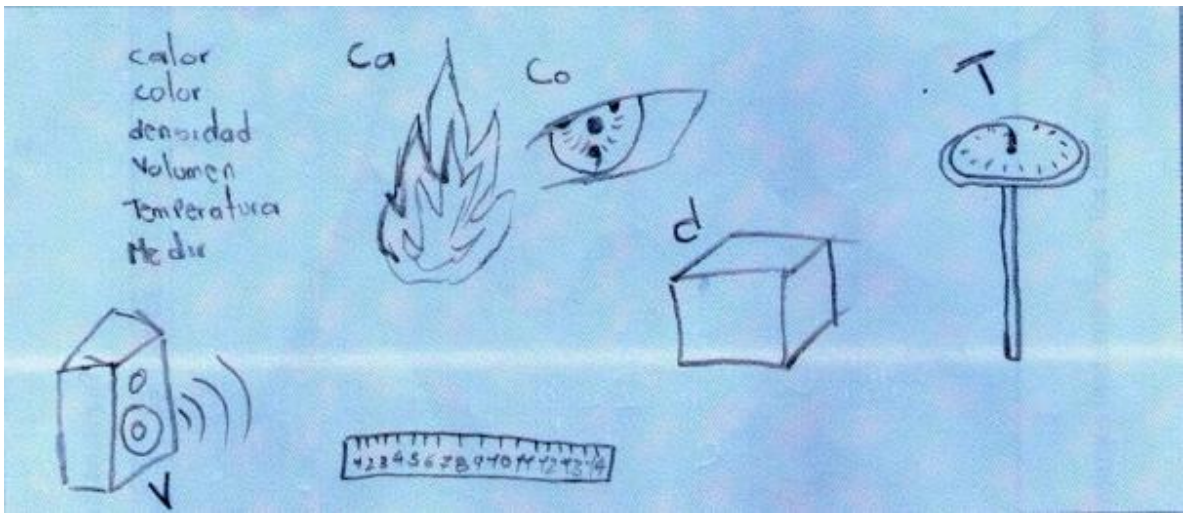
I3A4cG2 EPI3



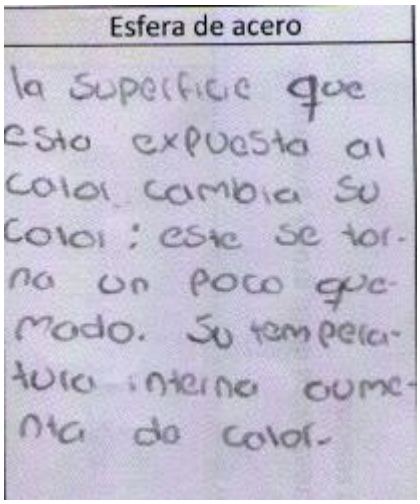
I3A1aG2 ONT3



I3A1bG2 ONT3

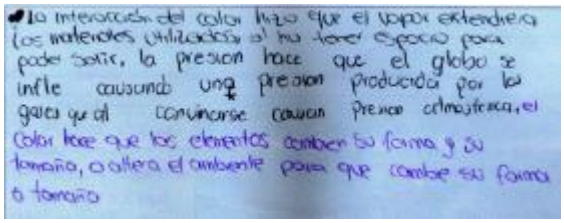


I3A2G2 ONT3



I3A3cG2 EPI1

Evidencias Instrumento 3 (I3)
Grupo 3



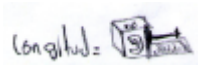
I3A1G3 EPI1



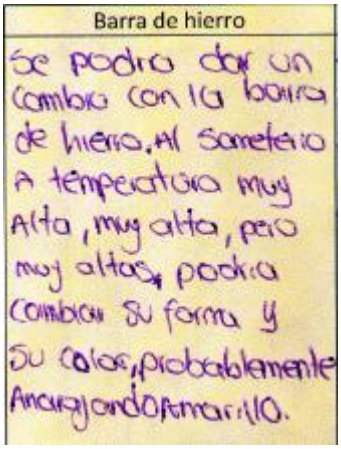
I3A2aG3 EPI1



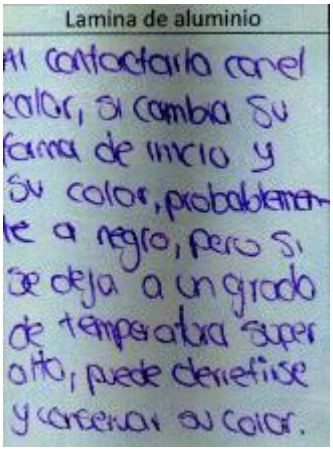
I3A2dG3 EPI1



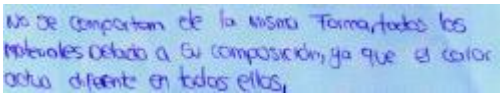
I3A2cG3 EPI1



I3A3aG3 EPI1



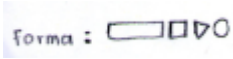
I3A3bG3 EPI1



I3A2G3 EPI2



I3A4aG3 EPI2



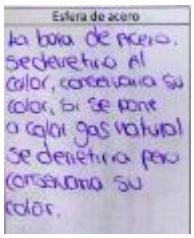
I3A2aG3 ONT1



I3A2bG3 ONT2

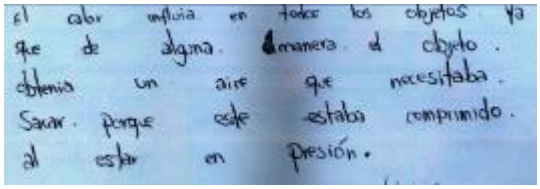


I3A2cG3 ONT3



I3A3cG3 EPI1

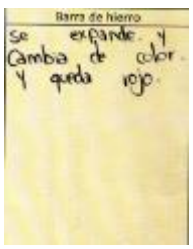
Evidencias Instrumento 3 (I3)
Grupo 4



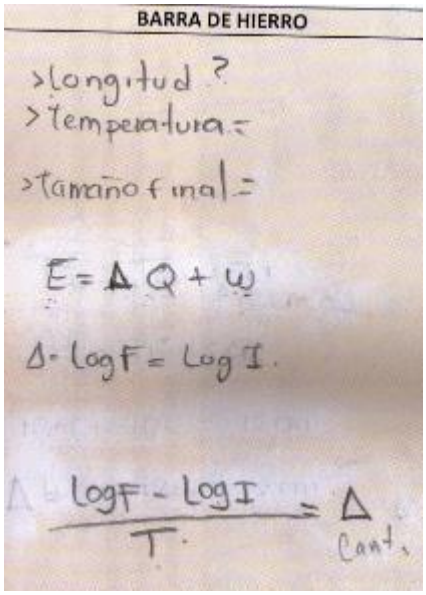
I3A1aG4 EPI1



I3A1bG4 EPI3



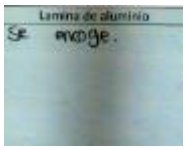
I3A3aG4 EPI1



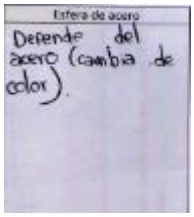
I3A4aG4 EPI2



I3A2G4 ONT1

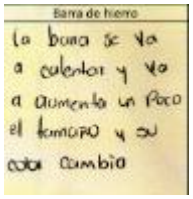


I3A3bG4 ONT3

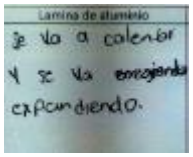


I3A3cG4 ONT3

Evidencias Instrumento 3 (I3)
Grupo 5



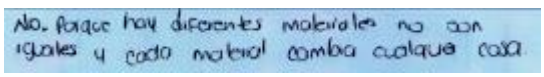
I3A3aG5 EPI1



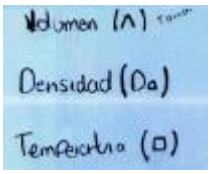
I3A3bG5 EPI1



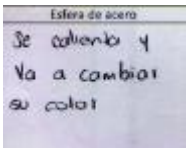
I3A1G5 ONT1



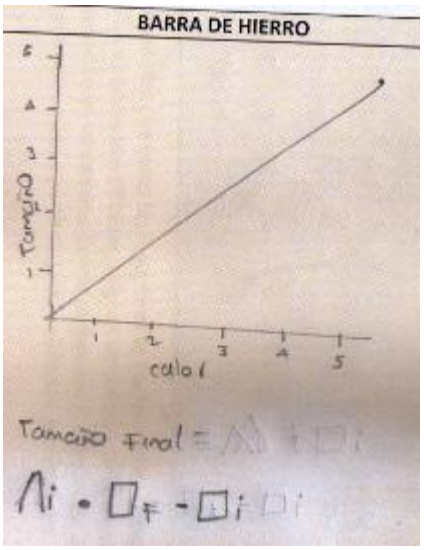
I3A2aG5 ONT2



I3A2aG5 ONT2



I3A3cG5 ONT3



I3A4G5 EPI1

Evidencias Instrumento 4 (I4)
Grupo 1

"Presentamos este experimento que se llama la lata que salta, entonces (ojlkiefgh) vamos a colocar un plato ondo, un poco de agua y vamos a colocar una lata totalmente vacía en la parte

de debajo de esta forma, vamos a encender una vela con el mechero (sonrisa a encender el fosforo)"

I4A1G1 E1L6-9 ONT3

"ehhhhhhh al tener contacto el fuego con la lata produce que la presión aumente dentro de la lata."

I4A1G1E1 L9-10 COR2

"Como la lata es tan ligera,va a hacer que la lata salte(gesto con la mano ascendente) ,de saltitos pequeños (Señanala la lata mientras esta asciende un poco) y que el calor que esta comprimido hace que baje y salte (señal con las manos)"

I4A1G1E2L11-13 COR2

"si hace bum pueden observar,(pequeño salto de la lata y apaga la vela),esta es la interaccion que tienen los metales con el fuego y esto es con el aluminio y ahora vamos a hacer otra que es de la calor."

I4A1G1E1L14-17 ONT3

"y vamos a cogerla y vamos a ver como nuestro calor se va pasando, se transmite a la chocolatina y va a cambiar su tamaño"

I4A1G1E2L17-18 COR2

“Se supone que al momento en que uno, si han visto cuando uno la mete aquí en el pantalón, o uno la tiene asi en la mano (tiene la chocolatina entre sus dos manos) se va derritiendo poco a poco con la temperatura”

I4A1G1E2L19-21 COR2

“Señala la formula la expresión Tr2) se supone que este es el tamaño, osea cuando esta derretida nos va a dar un tamaño derretida.(Luego señala la segunda expresion Tr1)Esto nos da igual que va a ser igual al tamaño normal,multiplicado por la temperatura que tiene al final(señala la expresión T2), es decir cuando esta derretida y luego lo restamos con la temperatura inicial (Señala T1), es decir con la temperatura ambiente y nos va a dar un total de la chocolatina derretida (Señala la expresión Tr2).”

I4A1G1E2L24-28 COR2

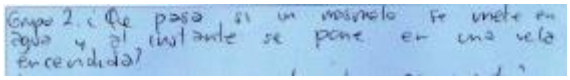
“pusimos por igual a la temperatura que nos dio al momento que estábamos calentando y empezó a saltar y lo restamos por la temperatura ambiente,claro que estaba a la lata inicial(gesto con su mano izquierda girando sus dedos) y eso nos va a dar la temperatura final, que es a lo que estaba (gesto con sus manos recogiendo los dedos y luego extendiéndolos).”

I4A1G1E2L31-33 COR2

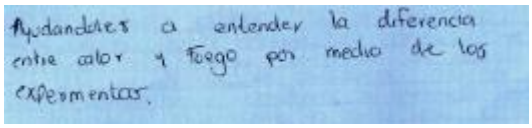
“se supone que este es el tamaño, osea cuando esta derretida nos va a dar un tamaño derretida.(Luego señala la segunda expresion Tr1)Esto nos da igual que va a ser igual al tamaño normal,multiplicado por la temperatura que tiene al final(señala la expresión T2), es decir cuando esta derretida y luego lo restamos con la temperatura inicial (Señala T1), es decir con la

temperatura ambiente y nos va a dar un total de la chocolatina derretida (Señala la expresión Tr2).”

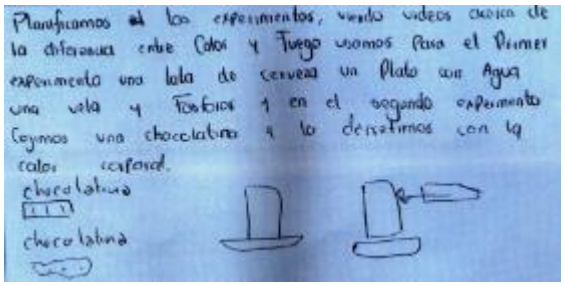
I4A1G1E2L24-26 COR2



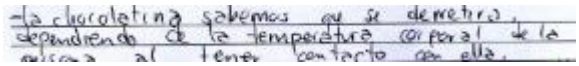
I4A2G1 EPI3



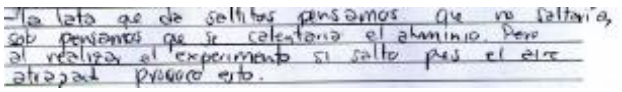
I4A5G1 COR2



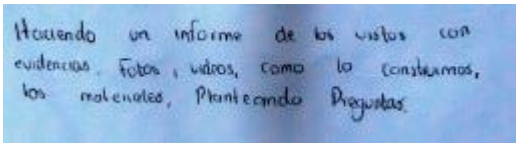
I4A6G1 COR2



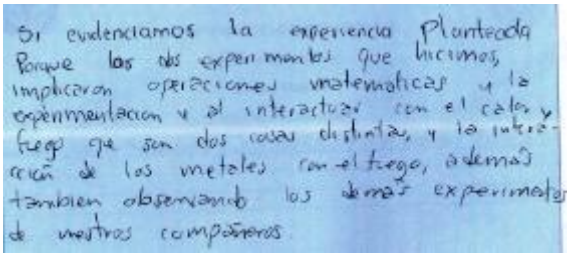
I4A7G1 EPI3



I4A7bG1 COR2

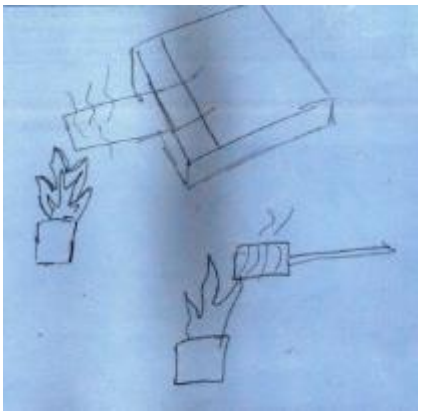


I4A10G1 ONT3



I4A10G1 COR2

Evidencias Instrumento 4 (I4)
Grupo 2



I4A1G2 ONT3

“Buenos días ,vamos a explicar mediante la experiencia que tuvimos en las guias y los experimentos,con relación al calor y a los materiales”

I4A1G2E1L4-5 COR2

“Vamos a mostrar una formula de la dilatrolina, el objeto que en este caso es una lamina metalica (señalando el objeto que esta sobre la mesa)que esta sometida al calor.”

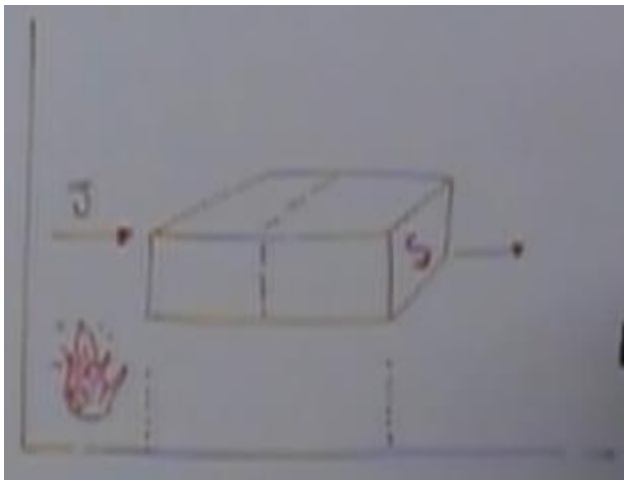
I4A1G2E2L6-7 COR2

“la longitud final del objeto es igual a la longitud inicial, por la variación de calor por la elasticidad.Es decir que cuando la lamina tiene una longitud inicial que se ve sometida al calor y se estira(haciendo gesto manual cerrando el puño y abriendo los dedos)debido a que se dilatan las partículas por el calor.Esto genera elasticidad.”

I4A1G2E2L8-11 COR2

“el volumen y la temperatura que aquí varian.Entonces por decir que acero esta en la punta van a pensar que esto no se va a calentar a fondo y no es asi, osea,se va a calentar todo el objeto(señalando con los dedos todo el entorno del dibujo)lo único que va a cambiar es que aquí en la punta va a cambiar el color.”

I4A1G2E3L13-16 COR2



I4A1G2L17 EPI3



I4A1G2E1L19 COR2

“Por ejemplo tenemos un objeto a tal temperartura, y acercamos otro con puede ser menor temperatura, (escribiendo y dibujando en el tablero).Cuando están unidos , entonces este con mayor temperatura, va a pasar energía a este (señalando auno de los dos cuadrados que dibujo en el tablero)”

I4A1G2E5L24-29 COR 2

“Hasta que ambos,(haciendo trazos entre uno y otro cuadrado)hasta que ambos queden en un punto cero (dibujando el cero debajo de los cuadrados)osea que queden a la misma temperatura.He de ahí ya dependerá el tiempo ya comenzara a bajar su temperatura. Y aquí les vamos a ….como un objeto a alta temperarura,puede cambiar la temperatura de otro cuerpo, por ejemplo el agua. (toma el instrumento elaborado por ellos con la lamina caliente y lo sumerge en un vaso de agua)”

I4A1G2E5L29-32 COR2

“El primer efecto que podemos ver es la evaporación del agua. El segundo ya será que el la temperatura del agua va a cambiar.”

I4A1G2E5L36-37 ONT3

“Placa de , el objeto que le dio la temperatura al agua fue la lamina y hizo que su temperatura aumentara (señales ascendentes con la mano).Si la dejamos mas tiempo llegara un momento en el que ambos queden a la misma temperatura,”

I4A1G2E4L40-42 COR2



I4A1G2E1L44-62 COR2

“Por ejemplo cuando el masmelo se somete al calor (tomando el masmelo con un palillo y aercandolo a la llama)por fuera del masmelos eva calcinando y tiene un cambio de color, pero cuando uno lo abre, el masmelo se pone (se complementa observando a e4) por dentro sigue normal pero se vuelve chicloso”

I4A1G2E5L67-69 ONT3

“G1 ¿Y que pasaría si osea, meten el masmelo asi como está dentro del agua fría y al mismo tiempo le pasa a la vela si se quema.”

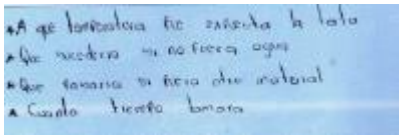
I4A1G1L74-75 EPI3

“Se quema pero se dobla mas por el agua y mira que hacemos ,”

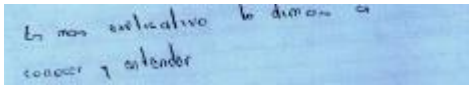
I4A1G2E1L76 EPI3

“pues depende del tiempo que lo pongamosal fuego se va a quemar o si no no se quema,gracias”

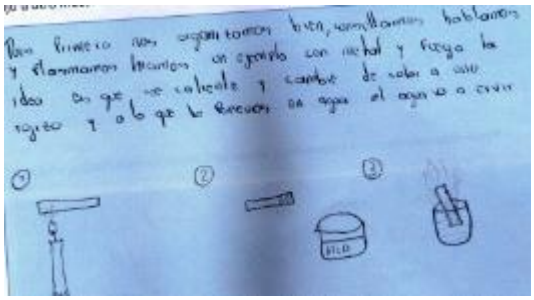
I4A1G2E1L94-95 EPI3



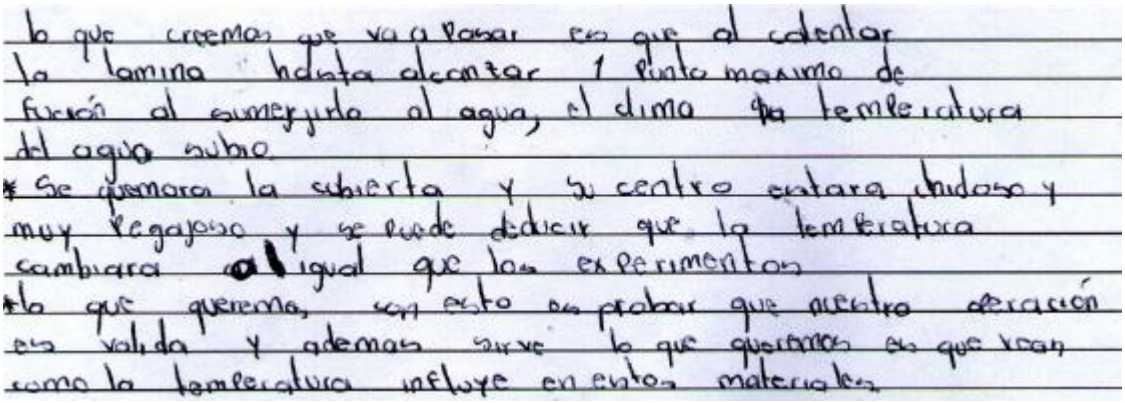
I4A2G2 EPI3



I4A5G2 COR2



I4A6G2 COR2


lo que creemos que va a pasar es que al calentar la lamina hasta alcanzar 1 punto maximo de fusión al sumergirla al agua, el dima la temperatura del agua subio.
* Se quemara la subierta y su centro estara chidoso y muy pegajoso y se puede decir que la temperatura cambiara al igual que los experimentos
*lo que queremos, con esto es probar que nuestra operación es valida y ademas sirve lo que queremos es que vean como la temperatura influye en estos materiales

I4A7G2 COR2

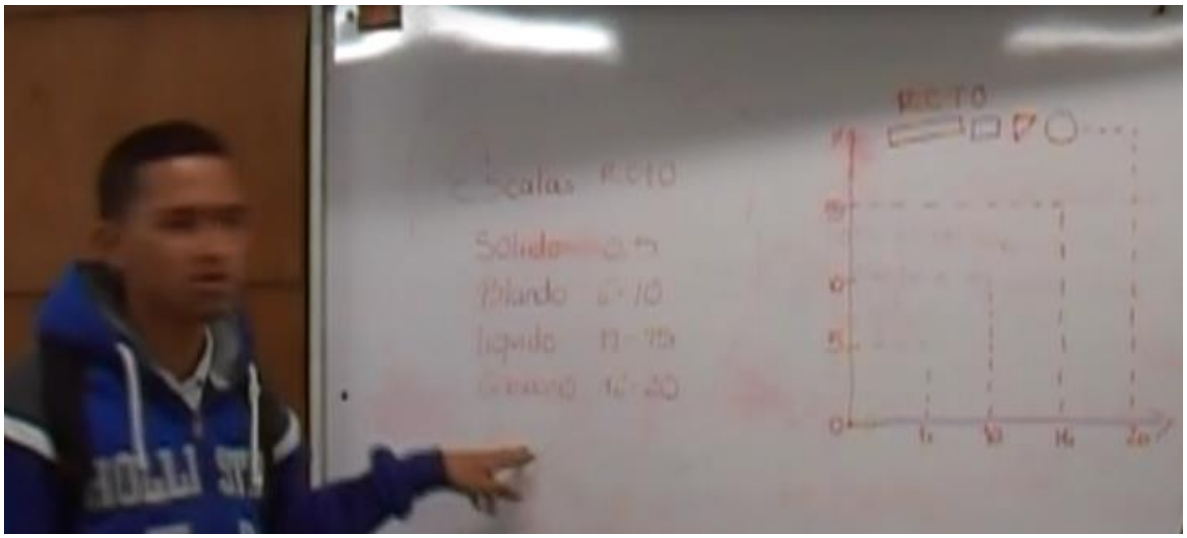
Evidencias Instrumento 4 (I4)
Grupo 3

"Para hacer la expresión matemática ehh nos vasamos en la temperatura y en la forma (señalando la grafica realizada en el tablero),estas vienen siendo los tamaños pues primarios no cierto?. Pensamos en como la barra de hierro iba cambiando mediante el calor."

I4A1G3E1L3-6 EPI3

"Entonces estas escalas , las creamos principalmente para saber en que estado se encuentra el elemento de acuerdo a su temperatura. Si esta de 0 a 5 esta solido, si esta de 5-10 esta blando, de 11 a 15 liquido y de 16 a 20 gaseoso:"

I4A1G3E2L10-12 EPI3



I4A1G3E2L13 EPI3

“Ya del resultado que nos de la formula,pues de ahí sabemos en que estado se encuentra la materia.”

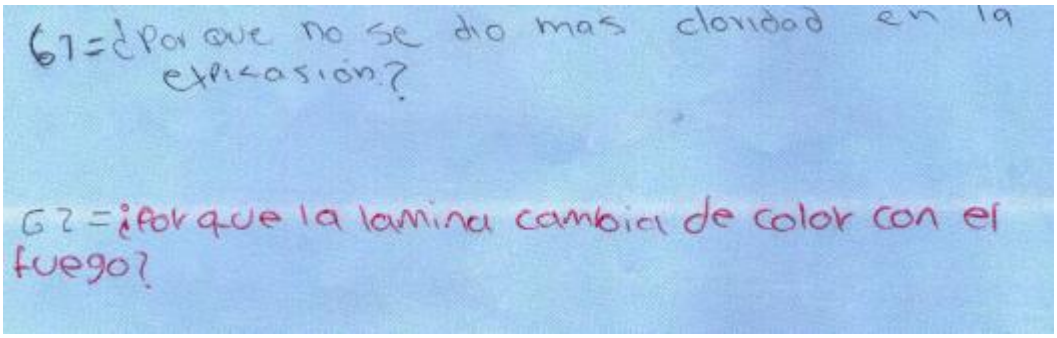
I4A1G3E2L14-15 EPI3

“A 8 hielo fuegos es el grado de temperatura mas 6 ah este 6 se refiere al material, osea voy a hacer aquí la formula, esta forma es igual al hielo fuegos mas la escala rcto, le dimos como nombre a a la escala de la forma, la escala el grado de (odkfosdif confuso). Entonces los hielofuegos, a la cantidad de hielofuegos mas los rcto osea la forma a la que se encuentra. Entonces la forma es 8 hielofuegos, mas la forma que es 6 que se encuentra en blando es igual a 14. Podemos decir que la forma ha cambiado de estado a un estado liquido.”

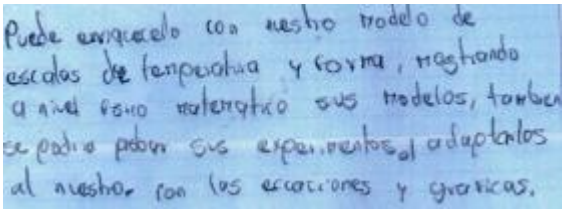
I4A1G3E3L17-22 EPI3

“El menor de la escala, osea no se puede porque digamos , si es de 6 a 10 se puede decir que coloco un 9 , un ocho o un 7, No , solo se toma el menor, o es 6 o es 11 o es 16 o es cero.Entonces aca también lo podemos comprobar con de 5 de forma, osea a 5 hielo fuegos,mas cero que esta en solido, nos da 5, es decir que aun se encuentra en solido, para que subiera y cambiara su estado.”

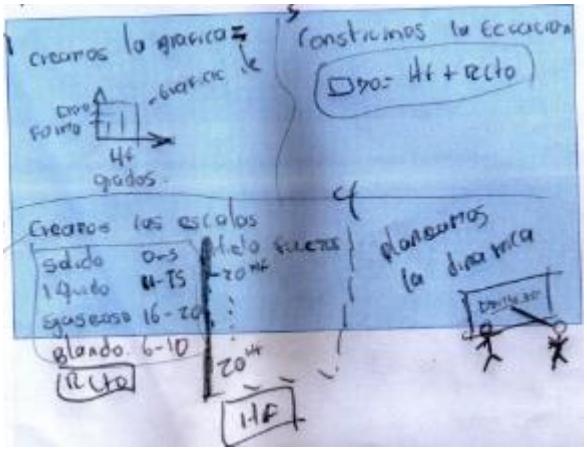
I4A1G3E3L25-29 EPI3



I4A2G3 EPI1



I4A5G3 EPI3



I4A6G3 COR1



I4A9G3 COR1

Evidencias Instrumento 4 (I4)
Grupo 4

"Bueno,buenos días,vamos a explicar el primer experimento que se nos ocurrio, asi de improvisto, de una lata arrugada , que se puede inflar por el calor,entonces vamos a (una compañera le pasa una vela,la prenden y colocan la lata sobre la vela a calentarse):"

I4A1G4E1L4- COR2

“Espere que se siga calentando, (la vela se apaga y vuelve a prenderla)ensayemos como se puede prender (y vuelven a colocar la vela debajo de la lata) y se apagara.”

I4A1G4E2 COR2

“E=2Toca sacarle la punta (el pabilo) , (la enciende una vez mas y la coloca debajo de la lata),”

I4A1G4E2L11 EPI3

“Cuando tenemos determinado objeto y le agregamos calor,las partículas de este empiezan a abrirse si? Osea lo que nosotros (confuso), tiene unas pequeñas partículas el objeto (y empieza a extender sus manos en una forma característica simulando elasticidad) y es lo que hace que la lata se infle, se ella se .. infle.”

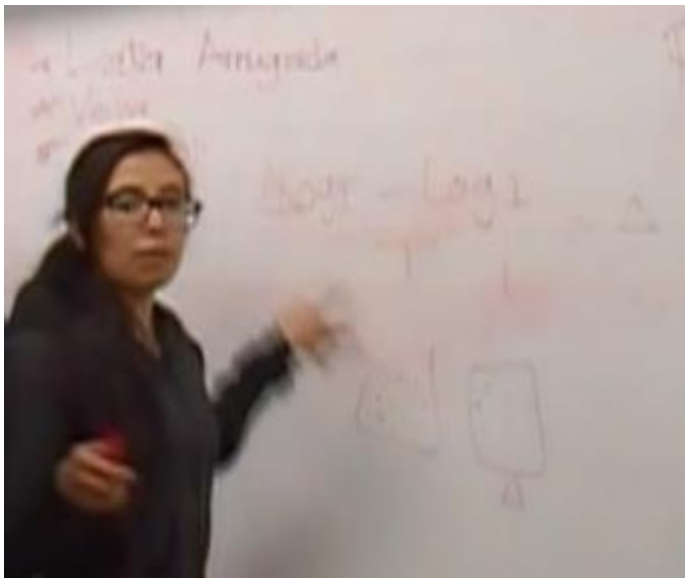
I4A1G4E4L17-19 COR2

“Y es lo que hace que la lata se infle, se ella se .. infle.E5=Osea, aquí vamos a mostrarle porque creemos que la lata se infla,entonces digamos que tenemos la lata .”

I4A1G4E5L21-22 EPI3

“Entonces la particula que están dentro de ellas que seria el aire,entonces al calentarse lo que pasa es que las partículas empiezan a buscar un lado por donde salir, entonces empezarían a moverse rápido,y se empezarían a expandir por todo el recipiente, por toda esa lata,(señalando la lata), lo que hace que se expandiría.Entonces al agregar el calor, se expandiría toda la lata de aquí”

I4A1G4E5L25-28 COR2



I4A1G4E5L39 EPI2

“Ya que el aire buscaría una forma de salida y lo que hace que la lata se expandAE3= Nosotras planteamos pues 2 formulas, la primera que es presión que es igual a volumen sobre calor,entonces por que presión, porque no sabemos la presión que se llegue a dar en la lata en la que se le agregue la calor,el volumen pues el volumen de la lata y las calorías que se le agregan.”

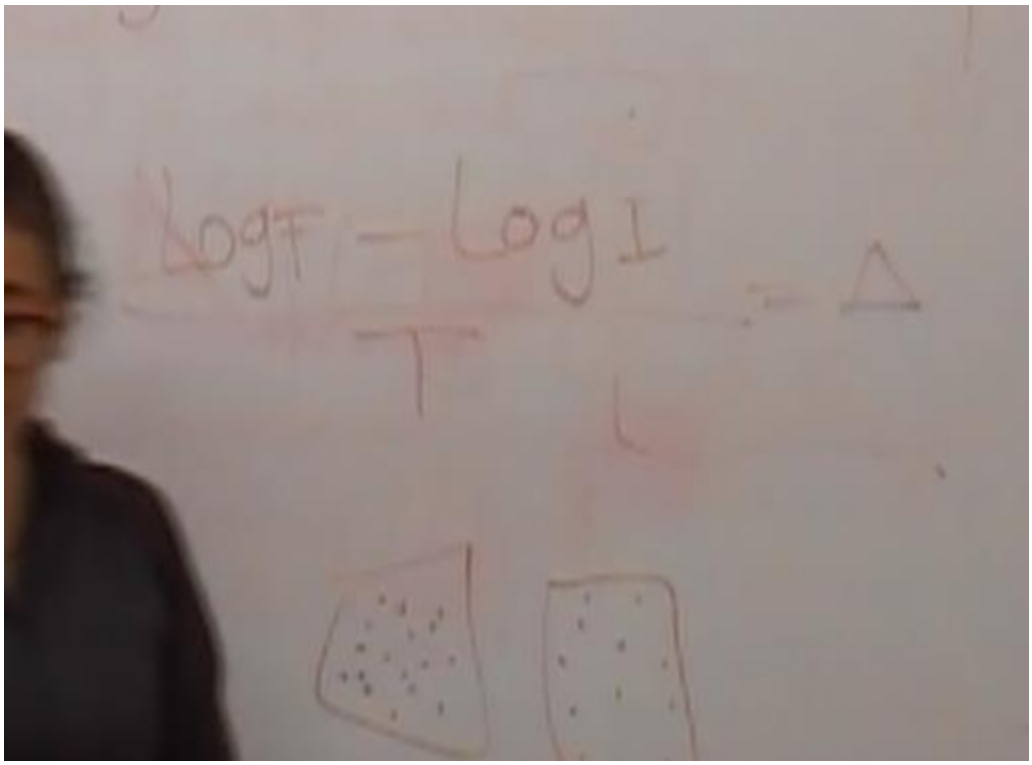
I4A1G4E5L32-34 COR2

“E=4 La longitud final y la longitud inicial,entonces a medida que un objeto, al calentarse , osea,miramos la medida inicial primero que tiene, y entonces al aplicarle una temperatura exacta vemos que su longitud cambia , entonces seria la longitud final.”

I4A1G4E5L35-37 EPI3

“Porque como un objeto, digamos un material metalico al calentarse,las partículas, osea pasa lo mismo que aca (señalando la representación del fenómeno de la lata),las partículas empiezan a moverse rápidamente, lo que hace que el material se vuelva elástico,entonces se expande,entonces lo que necesitábamos saber aquí era que cantidad de calor se le aplicaba al objeto.Para que llegara a expandirse, entonces aquí esta la longitud final menos la longitud inicial,estaríamos obteniendo cuanto fue el cambio que tuvo, sobre la temperatura, para saber que calor se le agrego al material.”

I4A1G4E4L40-47 COR2

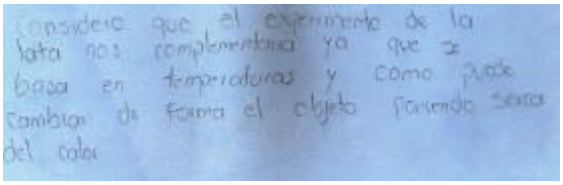


I4A1G4E5L48 EPI3

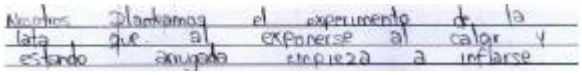
“Esperamos que la lata se expanda como estaba”

I4A1G4E5L50 EPI3

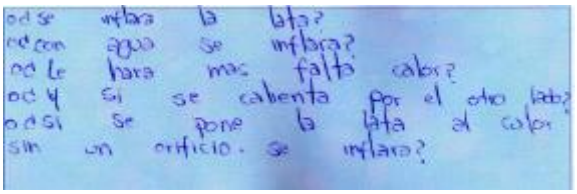
“Considero que el experimento de la lata nos complementaria ya que se basa en temperaturas y como puede cambiar de forma el objeto poniendo cerca del calor.”



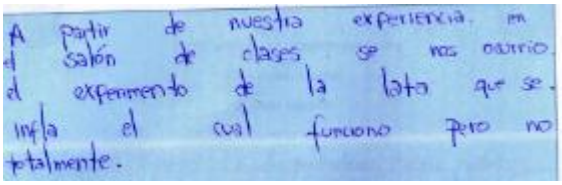
I4A4G3 EPI1



I4A7G4 COR2



I4A8G4 COR2



I4A10G4 COR2 <