

**DE LA FENOMENOLOGÍA A LOS PROCESOS DE FORMALIZACIÓN DEL
MOVIMIENTO NATURAL GALILEANO: UN APOORTE A LA FORMACIÓN DE
PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES DESDE LA HISTORIA DE LAS
CIENCIAS.**

LICENCIADO JHON HARRINSON MUÑOZ PALACIOS

Codigo:1903842

MAESTRÍA EN EDUCACION ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Código:7414

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGÍA

ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2021

**DE LA FENOMENOLOGÍA A LOS PROCESOS DE FORMALIZACIÓN DEL
MOVIMIENTO NATURAL GALILEANO: UN APORTE A LA FORMACIÓN DE
PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES DESDE LA HISTORIA DE LAS
CIENCIAS.**

Trabajo de investigación realizado por:

LICENCIADO JHON HARRINSON MUÑOZ PALACIOS.

Para optar por el título académico de Magister en Educación de la Universidad del Valle

Director de tesis:

TUTOR: EDWIN GERMAN GARCIA. PhD

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGÍA

ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

2021

CONTENIDO

1	RESUMEN.....	8
2	INTRODUCCIÓN	9
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
4	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
5	OBJETIVOS	15
5.1	Objetivo general	15
5.1.1	Objetivos específicos.	15
6	JUSTIFICACIÓN	17
7	ANTECEDENTES.....	21
7.1	Investigaciones al respecto de los procesos de formalización	21
7.2	Con respecto a los razonamientos y del sentido común.....	23
7.3	Con relación a la historia de las ciencias y la formación docente.....	24
8	MARCO TEÓRICO.....	27
8.1	Formación de profesores	27
8.1.1	Enseñanza de las ciencias.	27
8.1.2	Comprensión de la física para su enseñanza en la formación de profesores.	29
8.2	Sentido común y su relación con los procesos de formalización.....	31

8.2.1	Consideraciones sobre el Sentido común	32
8.2.2	Conceptualización de los Procesos de formalización	33
8.2.3	Relación física-matemáticas.	36
8.3	Historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza	37
8.3.1	Historia de las ciencias en la enseñanza de la física	40
8.3.2	El análisis Histórico-crítico.....	42
9	METODOLOGÍA	43
9.1	Aspectos metodológicos.....	43
9.2	Orientaciones teóricas de la metodología.....	44
9.2.1	Metodología de enfoque cualitativo interpretativo.	44
9.3	Contexto de la investigación	45
9.4	Selección de participantes en la resolución del cuestionario.	46
9.4.1	criterios para la selección de los estudiantes.....	47
9.5	Etapas del proceso investigativo.	47
9.6	Fases de la investigación	48
9.6.1	Fase 1: Análisis histórico-crítico del movimiento natural Galileano.....	48
9.6.2	Fase 2: Diagnóstico de los razonamientos del sentido común de los estudiantes sobre la fenomenología del movimiento natural.....	51
9.7	Fase 3: Paralelo y análisis	57
9.7.1	Análisis histórico-crítico movimiento natural.	58

9.7.2	Fenomenología y geometrización del movimiento uniforme.	64
9.8	Análisis de los razonamientos del sentido común de los estudiantes sobre los procesos de formalización en el movimiento natural.	77
9.8.1	Recolectar Datos	79
9.8.2	Revisar todos los datos.....	79
9.8.3	Descubrimiento de las unidades de análisis.....	79
9.9	Codificación abierta de las unidades de análisis: primer nivel:	89
9.10	Codificación axial de las categorías: segundo nivel.....	93
9.11	Descripción de las categorías	97
9.11.1	Categoría: Formalización de Carácter Pragmático	97
9.11.2	Categoría: Aplicación de Estructuras Formales.....	97
9.12	Razonamientos de los profesores en formación de las ciencias naturales	
(PFCN)	98	
PFCN 1		98
PFCN 2:		98
<i>PFCN 3</i>		98
<i>PFCN 4</i>		99
<i>PFCN 5</i>		99
<i>PFCN 6</i>		99
<i>PFCN 7</i>		100

<i>PFCN 8</i>	100
<i>PFCN 9</i>	100
10 FASE 4: PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA.....	102
10.1 Finalidades educativas	105
10.2 Los núcleos temáticos.....	107
10.3 Procesos de justificación	108
10.3.1 Dificultades o limitaciones relacionadas con la enseñanza del movimiento natural.	108
10.4 Procedimientos de enseñanza y sus razones.....	109
10.4.1 Establecer un lenguaje común.	111
11 CONCLUSIONES	113
11.1 Galileo: Una mirada histórico-crítica sus trabajos	113
11.2 Una mirada desde los procesos.....	116
11.3 Una mirada desde lo conceptual.....	120
11.4 Sobre el análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural.	120
11.5 Sobre los razonamientos del sentido común de los profesores en formación inicial.	121
11.6 Sobre la propuesta	122
12 BIBLIOGRAFÍA.....	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de las preguntas de acuerdo con su función	54
Tabla 2 Codificación abierta de las unidades de análisis: primer nivel	90
Tabla 3 Las cuantificaciones a partir de las cualificaciones extraídas de las rubricas	94
Tabla 4 Estructura de los Resultados de Aprendizaje Esperado	94
Tabla 5 Cuantificación de los resultados de los PFCN por cada pregunta	96
Tabla 6 Construcción de Relaciones entre Variables	112

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Respuestas a Pregunta 1	80
Gráfica 2 Respuestas a Pregunta 2	81
Gráfica 3 Respuestas a Pregunta 3	82
Gráfica 4 Respuestas a Pregunta 4	84
Gráfica 5 Respuestas a Pregunta 5	85
Gráfica 6 Respuestas a Pregunta 6	86
Gráfica 7 Respuestas a Pregunta 7	87
Gráfica 8 Respuestas a Pregunta 8	89

1 RESUMEN

Esta tesis presenta elementos para una propuesta de enseñanza de la física en la formación de profesores de ciencias naturales, desde la fenomenología del movimiento natural de Galileo (en las refutaciones a Aristóteles). Aquí se exponen tres aspectos que articulan el trabajo investigativo, estos son: la formación del docente de ciencias naturales para la enseñanza de la física, el análisis histórico-crítico del movimiento natural galileano desde su fenomenología y los procesos de formalización a partir de los razonamientos del sentido común de los profesores en formación.

Inicialmente se realiza una revisión bibliográfica acerca de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural de caída de los cuerpos con y sin obstáculos, en los originales de Galileo y Aristóteles, ello con el fin de realizar posteriormente un análisis histórico-crítico de las fenomenologías asociadas a los planos inclinados, péndulos, caída libre y movimientos uniformes y variados con sus respectivas variantes.

Como segundo momento, los elementos encontrados en el análisis histórico-crítico permiten construir un cuestionario semiestructurado para conocer cuáles son las fenomenologías y los procesos de formalización del movimiento natural a partir de los razonamientos del sentido común en los profesores en formación de ciencias naturales, los cuales sirven como insumo para reconocer los razonamientos del sentido común con miras a avanzar hacia procesos de formalización.

Como tercer momento, partiendo de los resultados encontrados en el análisis del cuestionario, se proponen elementos que permiten consolidar una propuesta para la enseñanza de la física del movimiento natural en la formación de profesores de ciencias naturales, desde las fenomenologías a los procesos de formalización.

PALABRAS CLAVES

Procesos de formalización, Fenomenología, Movimiento natural, caída libre, Galileo, historia de las ciencias, sentido común.

2 INTRODUCCIÓN

La enseñanza y aprendizaje de la física en el aula, a pesar de todos los esfuerzos realizados por una mejora significativa, sigue siendo insuficiente. La poca comprensión que tienen los estudiantes sobre los fenómenos, así como las dificultades para establecer la relación que existe entre la física y las matemáticas, aún sigue siendo objeto de estudio con miras a encontrar una salida a estos problemas. En el presente trabajo, se plantean elementos que permitan la formación del profesor de ciencias naturales para la enseñanza de la física a partir de la fenomenología hacia procesos de formalización en el movimiento natural galileano.

La línea de investigación en historia de las ciencias ha permitido el desarrollo de diferentes propuestas encaminadas a la construcción de materiales didácticos, la realización de estudios histórico-críticos elaborados desde la luz del investigador, conocer el desarrollo de los conocimientos que se han organizado a través del estudio de la ciencia, entre otros. De ahí que, existe la necesidad de realizar propuestas que permitan la formación de profesores de ciencias desde estos elementos.

Esta investigación acude al análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural galileano. Esto que permite, desde una recontextualización de esas organizaciones de conocimiento, la elaboración de un cuestionario para conocer los razonamientos del sentido común y los procesos de formalización presentes en los profesores en formación de ciencias naturales, además se derivan elementos que permitan plantear una propuesta de formación.

Este estudio se realiza porque nace de una preocupación cotidiana en las clases de física en donde se da prioridad a los conceptos, teorías y a la realización de ejercicios estructurados de manera cuantitativa. De ahí que, se planteen elementos que permitan realizar propuestas para el acercamiento desde la fenomenología y los procesos de formalización a los profesores en formación de ciencias, para que estos mediante preguntas contraintuitivas y problematizadoras logren un cambio significativo en la enseñanza de la física escolar.

Esta investigación tiene 3 ejes fundamentales que son: I. El análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural. II. La identificación de procesos de formalización a partir del sentido común en los profesores en formación de licenciatura en ciencias naturales (PFCN). III. El planteamiento de elementos que aporten a la formación de futuros profesores de física en los procesos de formalización del movimiento natural. Estos ejes se llevan a cabo de manera consecuente con el objetivo general, el cual es; contribuir a la formación de futuros profesores de física en los procesos de formalización derivados del análisis histórico-crítico del movimiento natural, esta investigación se divide en 4 grandes fases.

La fase 1, se refiere al análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización a partir de textos originales de Galileo y Aristóteles, haciendo énfasis y mayor esfuerzo en el libro “Diálogos Sobre dos Nuevas Ciencias” de Galileo, en el cual, se encuentra un desarrollo de la física del movimiento natural desde la fenomenología recurriendo a las refutaciones a Aristóteles.

En la fase 2, diagnóstica de los razonamientos del sentido común en los estudiantes sobre la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural. Como primera medida se organiza la forma como Galileo formaliza el conocimiento del movimiento natural desde la

fenomenología, para luego procurar por una interpretación que permita una recontextualización de cada uno de los problemas y planteamientos propuestos por Aristóteles y refutados por Galileo, esto ayuda a construir un cuestionario semiestructurado con esos conocimientos que, finalmente, sería aplicado a profesores en formación de ciencias naturales.

En la fase 3, partiendo de lo anterior, se realiza una indagación sobre los razonamientos del sentido común de los estudiantes, a partir del cuestionario semiestructurado y, por último, se describe un paralelo entre lo encontrado en el análisis histórico-crítico de la fenomenología del movimiento natural y las explicaciones de los estudiantes.

Finalmente, se plantean elementos para una propuesta de enseñanza del movimiento natural, que contribuya a la formación de profesores en donde se contemplen las fenomenologías y los procesos de formalización, teniendo en cuenta el razonamiento de los estudiantes.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el aula se encuentran dos agentes que participan en el proceso enseñanza-aprendizaje, uno de ellos es el profesor de física, quien se caracteriza porque su saber sobre el mundo está fundado en su formación que en gran medida es adquirida por el paso de la universidad y por las construcciones e interacciones sociales cotidianas; estos saberes son, el conocimiento didáctico, el científico y las interacciones sociales. El otro es el estudiante, quien tiene un saber que en su gran mayoría es elaborado a partir del conocimiento aportado por el maestro y el contacto con su mundo.

Es importante reconocer que estos conocimientos de los profesores, por lo general no suplen por completo las necesidades que tienen los estudiantes para resolver los problemas cotidianos relacionados con la física y en particular la física del movimiento natural (caída libre con y sin obstáculos), la cual es importante por sus aportes en la comprensión de situaciones cotidianas que se van presentando en sus quehaceres y demás interacciones con el mundo. Además, en investigaciones como las de Baena (2000) se ha mostrado que los docentes presentan una marcada diferencia entre su pensamiento y la acción, es decir, expresan trabajar de manera constructivista, pero reflejan todo lo contrario al ser observados.

El profesor, al tomar decisiones de corte didáctico opta por aplicar la forma de enseñar como le enseñaron en la universidad Baena (2000). Pues según Castiblanco & Nardi (2013), tanto los físicos (que en su gran mayoría encuentran su desarrollo profesional en el aula escolar) como los licenciados en física y licenciados en ciencias naturales, han sido formados desde la disciplina, de manera que, al llegar al aula, enseñan la física de manera algorítmica, centrándose en los contenidos y productos, mas no en el estudio de la fenomenología del movimiento, que implica formas de representarlo y formalizarlo (Ayala, Garzón, & Malagón, 2007). De ahí que,

para Valdés & Valdés (1999), la enseñanza del movimiento en física se está basando en la aplicación de fórmulas y definiciones conceptuales para dar respuesta a problemas estructurados de resolución cuantitativa.

Además, en la enseñanza del movimiento no se ha tenido en cuenta la historia para las propuestas de enseñanza de este. Algunos autores manifiestan en sus investigaciones que en el aula de física esto conlleva a problemas que están planteados desde tres aspectos fundamentales, que son: primero; el poco aprovechamiento del sentido común al momento de plantear y ejecutar una clase de física (Viennot, 2002), segundo; no fomento del dominio de los conceptos básicos implícitos en la fenomenología del movimiento (Valdés & Valdés, 1999) y tercero; la manera en que se formaliza o establece la relación entre la física y las matemáticas (Ayala, Garzón, & Malagón, 2007).

Con relación al primer aspecto, los maestros de física suelen centrar sus clases en el contenido propuesto por los libros sin que se parta de las consideraciones propias de los estudiantes que son construidas desde su entorno en interacción con sus pares, objetos cercanos y cotidianos, diálogos con sus padres y/o familiares o mayores y tecnologías; lo que se denomina por autores como Viennot (2002), Hernandez (2007) y Popper (1983) el sentido común.

Con relación al segundo, Valdés & Valdés (1999), en sus investigaciones, encuentran que cuando los estudiantes terminan la educación escolar y luego de los primeros años de educación universitaria, no dominan los conceptos básicos del movimiento, ni adquieren las habilidades intelectuales necesarias planteadas para su nivel de formación y mucho menos manifiestan una actitud crítica frente al análisis de las cuestiones sobre la fenomenología del movimiento.

En cuanto al tercero, Ayala (2007), plantea que, por lo general, no se comprende cual es la relación existente entre la física y las matemáticas al momento de ser enseñadas, pues se

tiende a trabajar la definición y posteriormente la aplicación de fórmulas matemáticas. Además, advierte, que la forma en que se aborda la formalización en el aula se centra en definiciones, algoritmos y enunciados, lo que no permite que los estudiantes elaboren los procesos de formalización, puesto que al manejar algoritmos no se permite establecer relaciones entre variables, ni el reconocimiento organizacional de las fenomenologías abordadas.

Por último, el problema se centra en que los estudiantes de la educación media no comprenden el movimiento natural debido a que en la formación inicial de profesores a pesar de que se tienen cursos relacionados con la historia de las ciencias y otros que abordan los problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la física, no se logra por completo una comprensión de esta, pues poco se logra enriquecer los procesos de formalización de las fenomenologías.

Se considera que existe la necesidad de que la física se enseñe en contexto, desde la cotidianidad, a partir de lo esencial, desde el estudio de situaciones fenomenológicas y orientados por preguntas contraintuitivas y problematizadoras, es decir, que aprendan con tal fortaleza que logren plantear y proponer soluciones, a problemas relacionados con la caída libre en donde se puedan atribuir cualidades, magnitudes y cambiar variables para dar cuenta del fenómeno de manera formal.

4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Como se sustenta en la justificación, para enfrentar el problema que se ha planteado, en esta investigación se levanta sobre tres pilares fundamentales, que son; I. El análisis histórico-crítico del movimiento natural desde la fenomenología y los procesos de formalización. II. La identificación de procesos de formalización a partir del razonamiento del sentido común de los profesores en formación de licenciatura en ciencias naturales. III. El planteamiento de elementos que aporten a la formación de futuros profesores de física en la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural.

Por lo cual, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo el análisis histórico-crítico del movimiento natural contribuye en la formación de profesores desde la fenomenología y los procesos de formalización?

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Contribuir a la formación de futuros profesores de física desde la fenomenología y los procesos de formalización derivados del análisis histórico-crítico del movimiento natural.

5.1.1 Objetivos específicos.

Identificar la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural galileano desde un análisis histórico-crítico.

Identificar los razonamientos del sentido común de los profesores en formación sobre la fenomenología del movimiento natural y sus variaciones; caída libre, planos inclinados y movimiento pendular.

Plantear elementos que aporten a la formación de futuros profesores de ciencias naturales en los procesos de formalización del movimiento natural

6 JUSTIFICACIÓN

Para afrontar el problema que se ha planteado, esta investigación se levanta sobre tres pilares fundamentales, que son: el uso de la historia de la ciencia del movimiento natural desde los aspectos de los procesos de formalización, la identificación de procesos de formalización a partir del sentido común en los futuros profesores, el planteamiento de elementos que aporten a la formación de futuros profesores de física en los procesos de formalización.

Inicialmente se plantea que en la formación de profesores ciencias se debe hacer uso de la historia de las ciencias y de los procesos de formalización. De allí que, sea necesario responder al siguiente interrogante ¿Por qué es importante la historia de las ciencias para la comprensión de la fenomenología del movimiento y cómo esta contribuye a suplir las necesidades de aprendizaje de los estudiantes? Dando una respuesta a ello, se considera que al acudir a los textos originales se pueden encontrar elementos teóricos y metodológicos que permitieron a los autores organizar y dar significados, además, las preguntas que en su momento se hicieron al dialogar con el fenómeno, se pueden recontextualizar para iniciar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de manera contextualizada.

Según Cabrera & García (2014), en la historia de las ciencias se encuentran elementos para la enseñanza de las ciencias, tales como, preguntas problematizadoras y formas de experimentar, las cuales, contribuyen entre varios aspectos, a comprender las maneras en que fue construido el conocimiento científico, el cual se puede usar con fines didácticos. Por lo que respecta a este trabajo, se busca que las refutaciones de Galileo a Aristóteles sobre la fenomenología del movimiento natural abordados desde la caída libre con y sin obstáculos, permitan dilucidar la manera en que se construye el conocimiento y cuáles son esas preguntas orientadoras que hacen que el estudio de este fenómeno se vuelva relevante.

Asimismo, las afirmaciones de Aristóteles frente a la imposibilidad del movimiento en condiciones de vacío puesto que advierte sobre la inexistencia de este, permiten realizar asociaciones de los razonamientos de los profesores en formación con estas ideas (si en ellos existen). Además, las refutaciones mediante preguntas contraintuitivas de Galileo frente a estas aseveraciones también ayudan a dilucidar y recontextualizar formas de cuestionar a los estudiantes frente a lo que están pensando sobre el fenómeno.

Por otra parte, en la enseñanza de la física en el nivel de secundaria y universitario, por lo general no se tiene en cuenta la fenomenología del movimiento natural para su enseñanza, lo cual hace que se la física se vea desde una perspectiva conceptual y algorítmica. Comúnmente se parte de las expresiones formulares para encontrar el tiempo, la velocidad, aceleración y espacios recorridos, pero poco se pone a pensar al estudiante sobre lo que pueda estar ocurriendo dentro del fenómeno mismo, para que a partir de ahí se logre construir el conocimiento. De ahí la importancia de formar a los profesores teniendo en cuenta las fenomenologías, pues estas obligan a desaprender la física algorítmica para poder dialogar con el fenómeno y darle nuevos significados.

El uso de la historia del movimiento en la enseñanza de la física permite, a través de los análisis histórico-críticos, conocer y dialogar con los autores originales sobre la construcción de los conceptos físicos, se puedan encontrar las dificultades que se tuvieron en contexto, los aciertos en las formulaciones que lograban dar respuesta en momento histórico y también las refutaciones a esos aciertos, lo cual, concibe que la mirada que se le da al fenómeno cambia y con ello la fenomenología se hace visiblemente cambiante tal como lo expone la filosofía husserliana de principios de siglo XX, en la cual se invita a “ir a las cosas mismas” partiendo desde el sentido común, lo que es llamado por Husserl una epoché.

El análisis histórico-crítico que se aborda en la investigación permite que se hagan estudios fenomenológicos de las ciencias, como lo exponen Cabrera y Garcia (2014) y Ayala et al., (2007) este se despliega en tres dimensiones; desde la física misma, aportes desde los elementos históricos y los elementos didácticos. Por ejemplo, en la ciencia del movimiento natural de perspectiva galileana, se puede encontrar la forma en que Galileo, a través de la experimentación, formalizaba el movimiento haciendo uso del sentido común, el lenguaje expresado en imágenes y gráficos geométricos, relaciones de proporciones geométrico-matemáticas, generalizaciones y teorizaciones.

En esta investigación se propone analizar la fenomenología movimiento natural propuesto por Galileo desde los procesos de formalización que exponen Ayala y Malagón (2007), que son; la formalización de carácter pragmático y la aplicación de estructuras formales, pero ¿Por qué y para qué usar los procesos de formalización? Pues bien, como lo expone Ayala y Malagón (2013), los procesos de formalización llevados a cabo en la actividad científica permiten que los fenómenos sean comprendidos desde su naturaleza propia; desde que se habla de estos, pasando por la identificación y establecimientos de variables, aplicación de relaciones geométrico-matemáticas, posteriores representaciones y generalizaciones, están formalizando el conocimiento desde su fenomenología, en otras palabras, posibilita el enriquecimiento del sentido común

Dada la forma de interpretar la actividad científica como un proceso formal, no secuencial ni acumulativo, se buscan específicamente los procesos de formalización llevados a cabo por Aristóteles y Galileo a través de la interpretación de los fenómenos para la formulación de los teoremas sobre el movimiento natural desde la caída libre, los péndulos y los planos

inclinados. Esto permite, conocer esas formas de razonar galileanas o aristotélicas que posiblemente no son lejanas a las de los profesores en formación inicial.

Finamente, al conocer los procesos de formalización que ayudaron a Galileo a generalizar el movimiento natural a través de teoremas y partiendo de la fenomenología, favorece en primera medida a tener un lineamiento para analizar las formas en que son llevados los procesos de formalización por parte de los profesores en formación inicial, para luego hacer un paralelo entre sentido común del PFCN y los procesos de formalización del movimiento natural recuperados desde la historia, lo que se utilizaría para que se planteen elementos que aporten a la formación de futuros profesores de física en los procesos de formalización del movimiento natural.

7 ANTECEDENTES

Un punto fundamental en este trabajo es conocer el panorama de las actuales investigaciones que se han venido adelantando en sus formas de intervención a la problemática y su respectiva metodología, no solo en los procesos de formalización y la historia de la ciencia si no también en la influencia de estos en la formación inicial de profesores de física. A continuación, se exponen los antecedentes que se reconocen como importantes en esta investigación y que de alguna manera posibilitan una orientación.

7.1 Investigaciones al respecto de los procesos de formalización

Romero & Rodríguez (2013) en su investigación buscan superar algunas dificultades encontradas en la forma como le han dado significado los docentes desde la enseñanza al concepto de velocidad instantánea, para ello examina la manera en que la enseñanza tradicional ha venido asumiendo la relación entre la física y las matemáticas, fundamentándose en la historia y epistemología de la física y el enfoque de la modelización. Para ello analiza el concepto de velocidad instantánea y su formalización desde una interpretación del movimiento a partir de la perspectiva galileana. Desde esta mirada, los autores en mención resaltan el aporte cartesiano en la representación de la depreciación de variables como mediador en la formalización y comprensión del movimiento.

Este trabajo resulta significativo por los aportes que presenta desde la análisis histórico-crítico sobre algunas dificultades que tuvo Galileo para formalizar el movimiento y de esta manera identificar la relación de dichas dificultades con las encontradas tanto en el maestro en formación como en los estudiantes.

Por otra parte, Malagón y Ayala (2013) buscan en su investigación, encontrar las dificultades de los profesores en la relación filosofía – educación en el estudio de caso de las cualidades de acidez y basicidad de las sustancias y la formulación del pH. En ella plantean a través del uso del experimento desde una visión fenomenológica, propiciar en el aula la construcción de magnitudes y de sus formas de medida a través de la identificación de cualidades y de esta manera favorecer la comprensión y organización de una cierta fenomenología. Asimismo, muestran la actividad experimental en ciencias como un espacio donde se establece una relación íntima y dinámica entre la construcción de fenomenologías y el desarrollo de procesos de formalización y conceptualización.

Esta investigación es significativa porque en ella se encuentra un ejemplo de estudio de caso de formalizar un fenómeno a partir de la experimentación e identificación de sus cualidades y construcción de magnitudes, lo cual permite que se pueda dar la importancia que tiene la reflexión epistemológica en la orientación del quehacer pedagógico en la educación en ciencias.

Asimismo, Barragán & Ramírez (2013) buscan a través del proyecto de investigación *La experimentación en el aula y los procesos de formalización* superar las dificultades existentes en el quehacer pedagógico, debido a la generalización de los docentes sobre la concepción que la formalización de los fenómenos naturales es un aspecto que reviste gran dificultad en el aprendizaje de los estudiantes. En aras de hacer de la educación en ciencias un proceso que permita al estudiante convertirse en sujeto activo de su aprendizaje y en pro de favorecer la comprensión de los fenómenos, adelantan un estudio relacionado con el papel otorgado a la experimentación en el aula de ciencias, ocupándose en la construcción de las fenomenologías y en la reflexión sobre procesos de descripción, interpretación y comprensión, con el objetivo de reconocer que sus aportes contribuyen en las dinámicas de las clases de ciencias. Esto posibilita

que los estudiantes y docentes de ciencias naturales pongan en marcha propuestas específicas y contextuales de enseñanza.

7.2 Con respecto a los razonamientos y del sentido común

En estos antecedentes, se busca identificar las reflexiones y procedimientos que se han tenido en cuenta para intervenir en estudiantes y maestros en formación, desde el sentido común y su relación con la fenomenología. Esto ayuda a visibilizar y no perder de vista los razonamientos que tiene el estudiante en los procesos de formalización.

Aguirre & Jaramillo (2010) en su investigación exploran las relaciones que se establecen entre la ciencia y el sentido común con la finalidad de realizar una propuesta de enseñanza en donde se potencie el pensamiento crítico. En ella parten de la reconstrucción de las tesis de la modernidad, donde la ciencia está un peldaño por encima del sentido común. Esta la hacen partiendo de los estudios hechos por el fenomenólogo Edmund Husserl; asimismo, se hace una defensa a la tesis de que la ciencia se ancla de modo infalible al sentido común, logrando distinguir entre miradas ingenuas y la actitud crítica; aquí se consideran, las propuestas del filósofo Karl Popper para aclarar estas distinciones.

La revisión bibliográfica realizada en esta investigación permite visibilizar que entre la ciencia y el sentido común se trenzan relaciones de interdependencia y que la forma ideal de mejorar estas relaciones tendrá que pasar por un pensamiento crítico.

Sankey (2010), se plantea el interrogante de que si la ciencia otorga conocimiento a la realidad, buscando ofrecer una respuesta filosóficamente positiva y desde el cual expresa a través de sus planteamientos fundados en la metafísica un rechazo a la pretensión antirrealista desde la cual se afirma que somos incapaces de adquirir conocimiento de la realidad y, en contraste expone que la ciencia produce conocimiento del mundo externo conduciendo a la superación de

nuestra visión del mundo dada por el sentido común. Además, Sankey (2010) plantea que “la ciencia conserva y explica la experiencia del mundo dada por el sentido común, aunque ella puede llevar a la superación de creencias profundamente arraigadas, el sentido común refleja un nivel de experiencia más básico y duradero”

Se considera recuperar de aquí, que las explicaciones sobre la fenomenología a través del sentido común son reconocidas como explícitas y se justifican a por el ejercicio práctico de la vida diaria. Además, rescato que el sentido común permite una plataforma sólida que permite identificar los razonamientos de un estudiante de acuerdo con su nivel de formación.

7.3 Con relación a la historia de las ciencias y la formación docente

Nardi y Castiblanco (2013) muestran en su investigación, el análisis diseño y aplicación de un ejercicio en la didáctica de la física el cual está basado en el uso de la historia de las ciencias de la naturaleza de la luz como herramienta de debate, en primera medida plantean la importancia del uso de la historia y la epistemología de la ciencia en la formación de profesores con la idea de que los contenidos de la implicados en el concepto de la luz vayan más allá de la visión matemática. Otro aspecto que se considera importante el conocimiento del saber disciplinar con ejercicios de tipo metacognitivo desde los recursos ofrecidos por la historia de la ciencia.

El antecedente anterior resulta útil porque en ella se resalta la existencia de una línea de investigación que estudia el uso de la historia, la filosofía y la epistemología de las ciencias en la formación de profesores, aquí se brinda la posibilidad de trabajar los contenidos de la física de forma tal que se sobrepasen la visión estrictamente matemática y esto debe ser trabajado en la formación de profesores, y mucho más en la educación para la enseñanza, en la que se debe

hacer un reconocimiento de su conocimiento disciplinar partiendo de ejercicios metacognitivos, para lo cual la historia brinda recursos convenientes.

García & Estany (2010) hacen un llamado de atención por la reivindicación de los estudios históricos de las practicas experimentales en el libro *Representar en Intervenir*, en el cual, hace que algunos filósofos de las ciencias, historiadores e investigadores de educación en ciencias realicen propuestas con miras a usar diversos experimentos históricos para explorar el aprendizaje de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias (Cavicchi E. M., 2008) recurrir a las experimentaciones históricas permitiendo que se manifieste la curiosidad con la oportunidad de realizar variantes procedimentales usando materiales de la actualidad (Jardim y Guerra, 2017; Vera , Rivera y Núñez, 2011) y realizar réplicas de experimentos históricos con la finalidad de que los estudiantes logren entender el proceso por el cual los científicos los realizaban (Cavicchi. 2012; Hering 2007; Stinner y Metz, 2006).

En una investigación realizada por García (2017) Propone la identificación de las formas de pensar y explicar de los estudiantes sobre fenómenos electrostáticos por parte de los estudiantes, en la cual encontró dificultades conceptuales evidentes a la similitud con visiones históricas que han sido modificadas, uso de un lenguaje poco indicativo de la carga eléctrica. Lo valioso de este antecedente radica en la forma de realizar la metodología, la cual se pretende identificar las formas de pensar de los estudiantes frente al fenómeno del movimiento galileano.

De manera similar a los autores anteriores esta investigación realizara un análisis histórico crítico del movimiento natural galileano, basado en los supuestos teóricos planteados por investigadores como Ayala y Malagón (2006) y García (2018), los que sustentan que la importancia de estos estudios no radica en profundizar sobre la búsqueda de definiciones, ni rastrear el origen de un concepto científico y mucho menos identificar los obstáculos o el

rechazo hacia una u otra teoría en disputa, al contrario, lo que se busca es que se logre un dialogo entre los científicos que escribieron los textos históricos y los docentes con el fin de lograr una construcción intencionada que permita realizar nexos con el conocimiento.

8 MARCO TEÓRICO

En este apartado se hará una conceptualización a partir de los elementos fundamentales que se consideran importantes en esta propuesta, estos se inscriben desde una construcción derivada de los autores con idea afines y que se consideran articuladores de la propuesta, los cuales son: la formación de profesores de física en el movimiento natural, la ciencia a enseñar y aprender, la formación de profesores de física desde los procesos de formalización y la historia de las ciencias como elemento importante en la formación de profesores.

8.1 Formación de profesores

8.1.1 Enseñanza de las ciencias.

Un aspecto para tener en cuenta en la formación de profesores es que la actividad científica ha presentado cambios, de la misma manera que se ha intervenido y transformado el mundo; es importante que se formen teniendo en cuenta los contextos históricos en los cuales se construyen los conocimientos. Esto ayuda a tener una visión de ciencia cambiante que puede brindar herramientas para salir de reproducción de contenidos como tradicionalmente se hace en muchas ocasiones.

El autor Echeverría, (1998) considera que la filosofía y la historia de la ciencia ayuda a reconocer los diversos ambientes en los que se ha construido la ciencia. Por consiguiente, es necesario que la formación de maestros se base en nuevas maneras de presentar los procesos de enseñanza, ya que es muy difícil transmitir todo el trasfondo de la actividad científica en una clase magistral (Izquierdo Et al, 2016); el profesor puede invitar al estudiante a participar en la creación intelectual y práctica por medio de escenarios o contextos históricos que permitan el desafío, los cuales pueden ser variaciones de los distintos planos inclinados manteniendo el mismo peso en el objeto a deslizarse por él.

La formación inicial debe generar que el profesor tenga la posibilidad de hacer “preguntas interesantes” que lleven al estudiante a pensar realmente, que lo inviten a ser más crítico, ya que las preguntas que hablan sobre el fenómeno y las explicaciones que encajan a la perfección no le permite al estudiante pensar; pero además de que los profesores deban tomarse el tiempo de construir preguntas interesantes a partir de las lecturas realizadas desde los libros que contienen la historia de las ciencias.

Por todo lo anterior, se puede decir que la formación de profesores debe ofrecer a los estudiantes opciones alternativas a la de mostrar sólo los resultados de la ciencia, se debe llevar al aula de clase muchos de esos aspectos y factores que influyen para que se genere esa teoría (resultado de la actividad científica), el profesor debe de perder el miedo a la no comprensión de la complejidad de la ciencia, para eso se debe de utilizar distintas actividades que capturen la atención e interés de sus estudiantes. Todo esto, convierte a la enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva en un reto para el profesor.

Algo que se considera fundamental en esta investigación, es la formación de profesores, pues como se menciona en el planteamiento del problema “los estudiantes de la educación media no comprenden el movimiento natural debido a que en la formación inicial de profesores no se tienen en cuenta los análisis histórico-críticos de las fenomenologías y los procesos de formalización que se tuvieron que llevar a cabo para la generalización de los fenómenos físicos”. Así que, para dar solución a este problema es necesario tener en cuenta las bases teóricas de formación docente que rigen la presente investigación. Es claro, entonces que se debe dar una transformación en la formación de los profesores en términos de historia de las ciencias y procesos de formalización.

8.1.2 Comprensión de la física para su enseñanza en la formación de profesores.

En diferentes investigaciones se ha manifestado la preocupación por atender lo que tradicionalmente se viene trabajando en el aula de clase a la hora de enseñar la física, pues se ha venido desarrollando de manera algorítmica, con énfasis en los contenidos y productos, sin partir del conocimiento que tienen los estudiantes y sin pensar en las habilidades de pensamiento crítico (Sinarcas y Solves (2013); Elizondo (2013); Aznar y Laiton (2017); Ausubel, 1983). Esta situación, tal como se encuentra en el planteamiento del problema, se debe en gran parte a la formación del profesor en los cursos de física.

Lo anterior lleva a plantear dos preguntas que están íntimamente relacionadas ¿Qué dificultades tienen los docentes en formación en la comprensión de los aspectos más básicos del movimiento natural? ¿Cuáles son las principales carencias de la enseñanza de la Física que dificultan la comprensión? Y para dar respuesta a ellas, se cita a Ausubel (1983), quien establece una distinción en entre dos tipos básicos de aprendizaje: uno es el aprendizaje mecánico y el otro lo denomina aprendizaje significativo.

Para Ausubel, el aprendizaje mecánico se produce de tal forma que la nueva información esalmacena arbitrariamente, sin interactuar con conocimientos preexistentes o como se llama en esta investigación, con su sentido común, el ejemplo de esto sería el aprendizaje por repetición de las fórmulas de física para aprendérsela de memoria y usarlas en los en los problemas definidos por los libros de texto. Esta nueva información se incorpora a la estructura cognitiva de forma literal ya que consta de asociaciones arbitrarias. El estudiante carece de conocimientos previos relevantes y necesarios los cuales ayudan a que el ejercicio de aprendizaje sea potencialmente significativo (Ausubel, 1983).

De forma contraria, el aprendizaje significativo se da cuando los contenidos se relacionan de forma no arbitraria ni sustancial con lo que el estudiante ya conoce. Por relación sustancial y arbitraria se entiende como esas ideas que se relacionan con algún aspecto existente en el estudiante específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, tal como un símbolo, un concepto, una proposición o una imagen.

Con relación a la perspectiva fenomenológica para la comprensión de la física en los procesos de enseñanza y aprendizaje en profesores en formación de las ciencias naturales, es necesario hacer algunas precisiones desde la reflexión epistemológica y, aunque en definitiva no se atenderán todas las cuestiones que le implican, se abordan las más pertinentes para la investigación.

Inicialmente se considera que el fenómeno es aquello que se presenta ante los sujetos, pues como afirma Husserl (1931) este necesita a alguien ante quien aparecer y no esconde un verdadero ser de carácter absoluto. Los sujetos son aquellos que presentan estructuras mentales posibilitadoras de interpretación, argumentación, descripción, comparación y acción para construir un campo fenomenológico. Entonces, para organizar lo observado en el fenómeno se requieren de intervenciones experimentales, las cuales exigen observaciones y experiencias intencionadas.

Siguiendo esta postura, se concibe al fenómeno como algo cambiante y susceptible de ser transformado a medida que el sujeto va organizando sus observaciones a partir de la experiencia. Por ejemplo: cuando se dejan deslizar objetos sobre planos inclinados algunos sujetos pueden ver ecuaciones del movimiento desde la estática y otros desde la dinámica; algunos relativistas pueden ver deformaciones de espacio tiempo, es decir que ven fenómenos diferentes.

Por un lado, Ausubel muestra un rechazo al aprendizaje mecánico o memorístico, lo cual, al basarse en un aprendizaje pasivo se hace de manera no intencionada, por lo que, el aprendizaje se convertiría en una simple exposición de conceptos. En contraposición, plantea que el sujeto al interactuar con el objeto le otorga significados susceptibles de representación o de formalización. Por otra parte, la perspectiva fenomenológica que aquí se expone, también muestra que cuando el sujeto se enfrenta en dialogo con el fenómeno tiene posibilidades de ser representado o formalizado.

Así, por ejemplo, en el aprendizaje de la física en los niveles de formación de profesores, la proposición de Galileo (1945), que habla sobre el deslizamiento de cuerpos, de diferente masa por planos inclinados diferentes, circunscritos en una circunferencia y en condiciones ideales los cuales llegan al suelo al mismo tiempo, tiene un significado psicológico para aquellos alumnos que poseen algún grado de acercamientos o sentido común desde la experiencia en la caída de los cuerpos y su relación con la masa o el peso. Al relacionar lo nuevo con lo que ya se conoce, el aprendizaje presenta la tendencia a anclarse y retenerse por más tiempo.

8.2 Sentido común y su relación con los procesos de formalización

En este apartado, se exponen las conceptualizaciones construidas sobre los procesos de formalización en la enseñanza de la física, basados en los planteamientos de autores como Viennot (2002), Prado (2007), Ayala y Malagón (2007). Además, se entiende que el sentido común no es una etapa previa al conocimiento formalizado, al contrario, se trata del enriquecimiento de este mediante el paso por cada una de las etapas del proceso de construcción del conocimiento. Es decir, el sentido común está presente en todos los niveles de los procesos de formalización.

8.2.1 Consideraciones sobre el Sentido común

Desde la perspectiva de Viennot (2002) el sentido común es la “cosa” mejor repartida entre personas, no obstante, este ha sido invalorado por los profesores formadores de formadores y por legado natural por profesores de nivel escolar en ejercicio siendo este un problema que no solamente se puede notar en la formación de profesores sino también en la escuela. De aquí lo que se pretende es utilizar esas formas habituales de razonar sobre los fenómenos físicos y ponerlos en contexto para poder hablar de ellos y entablar relaciones que den significado a lo observado.

Esa forma de razonamiento común, según Viennot (2002), es un constructo que parte desde las interacciones con los objetos y los sujetos en relación con un fenómeno observado y este está mediado por paradigmas, constructos comunes y creencias, los cuales generan una respuesta habitual sobre lo observado, todo esto puede ser aprovechado para hacer nuevas propuestas alternativas a lo tradicional. Sin embargo, se reconoce en este trabajo que Viennot señala que el sentido común presenta algunos obstáculos epistemológicos, pero lo que aquí se reconoce es que estos son susceptibles de ser organizados desde la fenomenología.

Lo que se construye y se propone sobre los hechos, las teorías y demás cosas del mundo vienen expresadas desde un paradigma, programa de investigación científica o tradición de investigación, pero, además, tiene una fuerte implicación la situación histórica, social y sobre todo cultural. Esto quiere decir, según Prado (2007) que no existe una verdad absoluta, que el conocimiento es una construcción dependiente de los puntos de vista, y estos están mediados por las formas de expresión comunes que existen entre los actores para dar sentido a lo que promulgan.

En el mundo del conocimiento que hay dentro de las artes, la ciencia, la religión y otros, se dispone de ciertos procedimientos y aseveraciones para plantear sus teorías y leyes, las cuales están constituidas por la manera de pensar y de sentir de manera común dentro de cada una de estas, el conocimiento crece cuando en cada programa y en cada mundo hay acuerdos.

Particularmente se ahondará, en la construcción del conocimiento mediado por el sentido común.

Es frecuente escuchar entre las personas, discusiones alrededor de un tema la expresión “hay que tener sentido común”. Cuando se dice que alguien tiene o presenta sentido común, no solamente se está insinuando que usa sus ojos y oídos, sino que además los mantiene o por lo menos está intentando dejarlos abiertos, utilizando juiciosa, inteligente, perceptiva y reflexivamente, y tiene la capacidad de enfrentarse a los problemas cotidianos de manera cotidiana y con cierta eficacia. Y cuando se dice que alguien le falta sentido común no se quiere decir que sea un retrasado, que no consiga entender que la lluvia moja y el fuego quema, sino que tropieza en los problemas cotidianos que la vida le arroja a su paso, en últimas, que sale de la casa sin paraguas en día nublado.

Prado (2007), da una definición de sentido común como “la forma humana de percibir, entender y actuar en el mundo, capaz de articularse sobre la base de ciertos principios meta culturales (esto es, más allá de la cultura), de algunos primeros principios del sentido común”. De ahí que, se entienda como las formas de proceder, entender y dar respuesta a las cosas desde una forma regular de pensar de un grupo socialmente constituido.

8.2.2 Conceptualización de los *Procesos de formalización*

Existen investigaciones que permiten definir lo que se considera como procesos de formalización en la enseñanza del movimiento, en ellas se describen la definición, sus

componentes y las implicaciones que está tiene en la enseñanza de la física, que para el caso de esta investigación se habla en términos del movimiento natural propuesto por Galileo.

Los autores, Arca, Mazzoli, & Guidoni, (1990), Citados por Ayala (2007) entienden por formalizar como la manera de dar una forma determinada y esquematizada a algo; es decir, ver y trabajar sobre algo, según las reglas de un cruce de maneras que ya se conocen. Esas definiciones esquematizadas sobre las “cosas”, no se construyen desde el vacío, si no que como lo afirma Viennot (2002) ya existen unas experiencias comunes que permiten que se opere ante una situación, de manera que poco a poco se va organizando esa experiencia hasta darle una forma definida.

Ayala, Garzón y Malagón (2007), exponen que la formalización puede ser considerada como un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo en la medida en que el lenguaje común es en sí mismo un proceso de formalización. En definitiva, hacen un esfuerzo por diferenciar o establecer cuatro tipos o clases de formalización, los cuales se establecen desde los procesos de formalización llevados a cabo en la física, estos son:

8.2.2.1 *Formalización de carácter pragmático*

La formalización de carácter pragmático hace parte de una de las primeras maneras de formalización, se considera que:

“El pensamiento y el conocimiento tanto individual como social se organiza a través del lenguaje como herramienta organizadora de todas aquellas connotaciones que puede tener una experiencia, tal organización es en sí misma una formalización, ya que se da forma a estructuras subyacentes que han sufrido el mismo proceso de organización con anterioridad. En términos generales, se forma en las prácticas cotidianas de

comunicación, es decir, es de carácter pragmático, se hacen clasificaciones, distinciones, selecciones, etc. Y esto es lo que se hace normalmente” (Ayala et ál., 2008, p.22).

8.2.2.2 *Aplicación de una estructura formal al análisis de fenómenos*

Para el caso de la aplicación de estructuras formales, ya se reconoce la estructura formal que implica al fenómeno, además, se cimenta la posibilidad de formalizarlo en términos de esa estructura. Así lo expone Ayala et al (2008):

“Corresponde a procesos cognitivos en los que se reconoce que formalizar no se limita a sobreponer una estructura formal o una estructura matemática a un fenómeno para analizarlo y comprenderlo, sino que se requiere ante todo construir la posibilidad misma de formalizarlo y matematizarlo, es decir, de construir las magnitudes, relaciones, etc. con la que damos cuenta del fenómeno” (P.23).

8.2.2.3 *Axiomatización de las teorías y unificación de campos fenoménicos*

Desde la perspectiva de Ayala et al (2008) en este tipo de formalización, se realiza una organización de la fenomenología desde una estructura lógica formal, la cual permite examinar grados de validez cuando se jerarquizan teorías, ello se reconoce como axiomatización o formalización matemática de las teorías. Aquí se construyen principios generales que pueden implicar diferentes principios que organizan y unifican a su vez otros campos fenoménicos.

8.2.2.4 *Matematización de un campo fenoménico*

En esta etapa, ya el objeto de estudio son las formas de razonamiento que se están usando para comprender la experiencia.

En este planteamiento resulta relevante considerar “el quehacer de las matemáticas como la explicitación y organización de las formas y estrategias utilizadas por el sujeto para organizar y razonar sobre su experiencia” (Ayala et ál., 2008. P.28).

Viennot (2002), no se refiere al termino como “procesos de formalización” así como se hace en el grupo de física y cultura y que es el utilizado en esta investigación, ella lo manifiesta como un proceso para razonar en la física desde lo esencial y lo natural. En lo esencial se refiere al establecimiento de sistemas de referencia para razonar sobre el fenómeno y lo natural se refiere a la forma de razonar desde el propio lenguaje para hablar o dar cuenta del fenómeno. Según la autora esto permite que haya un acercamiento natural entre la física y las matemáticas, dejando de lado las separaciones tradicionales que se acostumbran.

8.2.3 Relación física-matemáticas.

La relación entre la física y las matemáticas es una de las más antiguas. En siglo XVII nace el cálculo infinitesimal y la ciencia del movimiento. Ambas materias de estudio resultan ser interesantes e inseparables de principios; ellas hacen parte del esfuerzo que hace de manera global por mostrar desde diferentes procedimientos, los fenómenos del movimiento. Uno de estos contribuyentes ha sido Galileo quien, a través de sus explicaciones geométricas, enriqueció a la vez, los procedimientos matemáticos, la reflexión filosófica y la comprensión física de la naturaleza.

El trabajo de Galileo sobre la caída de los cuerpos muestra una relación entre la física y las matemáticas en su obra diálogos sobre dos nuevas Ciencias de 1638 expone diferentes teoremas que permiten generalizar el movimiento de manera formal, esta relación posible mediante la organización de esquemas explicativos por medio de segmentos que permiten

explicar de manera geométrica el movimiento ya sea en caída libre, en deslizamientos por planos inclinados, en péndulos y movimientos parabólicos o semi parabólico.

8.3 Historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza

Es habitual encontrar en muchas aulas de clase de ciencias a los maestros dictando clases basadas solamente en teorías y conceptos científicos, pasando por alto tantos aspectos importantes, como lo es la historia que hay detrás de esas teorías, es así, como los estudiantes quedan sujetos a un resultado, pero no saben de los procedimientos, ni de los contextos en los que esas innovaciones de teorías fueron y son generadas. Aunque ya haya muchos estudios, investigaciones y trabajos relacionados con la historia en la enseñanza de la ciencia, es muy distinto a lo que se ve realmente en las aulas de clase. Muchos maestros no son conscientes de la gran fuente de recursos a la que pueden acudir al involucrar la enseñanza de historia de las ciencias (Malagón et al. 2013).

La mayor parte de los filósofos de principios de siglo XX se han ocupado sobre todo de la racionalidad de la ciencia, lo que ellos normalmente denominan contexto justificación de las ciencias, en donde se valoran las teorías y descubrimientos producidos, en otras palabras, valoran y estudian los “productos” y no todo lo que hay detrás de ellos, toda una actividad científica, la cual es bastante compleja. No obstante, se han visto en la obligación de ampliar su enfoque de estudio, involucrando algunos de los diversos factores que influyen directa e indirectamente sobre esa actividad científica y no solo en sus resultados.

El contexto de justificación era el único enfoque en el trabajo realizado por los filósofos de la ciencia, en el cual sólo se dedicaban a reconstruir de manera lógica las teorías; Reichenbach (citado en Echeverría, (1998), p. 53) afirma que “la epistemología sólo se ocupa de construir el contexto de justificación, pero este enfoque dejaba de lado otros factores que eran de vital

importancia en la actividad científica”, estos son: creencias religiosas, hipótesis, intereses políticos y económicos, el lenguaje usado en ese contexto estudiado, la enseñanza que habían recibido los científicos e incluso la interacción entre los investigadores de laboratorio, los métodos utilizados para evaluar aquellas teorías, etc.

Estos factores se pueden agrupar en cuatro contextos, contextos que fueron dichos y explicados por Echeverría (1998) en los cuales se menciona lo que considera que ocurre en el “hacer ciencia”. Estos contextos son: El contexto de educación, el contexto de innovación, el contexto de evaluación y el contexto de aplicación. El primero es en el cual se inicia el proceso científico, y no se trata solamente de transmisión de conocimiento. Es una actividad constituida por sujetos, en donde se aprenden un conjunto de conceptos, representaciones de imágenes científicas, técnicas operatorias y manejo de instrumentos; todos estos van a depender del título, es decir, que los planes de estudio de un médico van a ser diferentes a los de un ingeniero; “el patrón común es que en ambas enseñanzas se comparte el mismo objetivo, el cual es que los estudiantes adquieran representaciones mentales de conocimientos científicos ya existentes” (Echeverría, 1998); además de las teorías, ellos deben de aprender métodos de observación, medición, cálculos y experimentación.

El segundo contexto de innovación involucra descubrimientos, invenciones y novedades, en este contexto se necesitan de apoyo una serie de teorías; todo invento o descubrimiento puede provocar una renovación en la realidad, ésta entonces está en constante construcción gracias a la actividad científica. Las invenciones pueden ir desde un nuevo lenguaje matemático hasta una máquina. Se podría decir que todo desarrollo científico es una invención si representa una innovación, van ligadas.

El tercer contexto es el de justificación, también denominado contexto de evaluación, aunque se fundamenta en la racionalidad de la ciencia como en el contexto de justificación de los filósofos de la ciencia, éste busca evaluar ese conocimiento nuevo generado, teniendo en cuenta un conjunto de valores y parámetros que deben tener para llegar a formalizarlo, se analiza su viabilidad, aplicabilidad y utilidad. Esta evaluación está claramente mediatizada por la sociedad y la comunidad científica; muchas veces el problema radica en que la actividad científica está atravesada por sanciones y juicios morales, que van mucho más allá de las decisiones que se tomen dentro de la misma comunidad científica.

Por último, el contexto de aplicación, al generarse un producto a partir de un conocimiento científico nuevo, la realidad sufre un cambio al acoplar dicho producto a ella, es así como hay una transformación. Los valores principales que se tienen en cuenta para determinar la admisión o rechazo respecto a una innovación científica son: la rentabilidad económica y la utilidad social, es decir, de la eficacia; en estos casos la sociedad es la que pone esos valores como criterios para aceptarlo.

Si bien, estos cuatro contextos abarcan gran parte de la actividad científica; es esta realidad del hacer ciencia la que deben conocer los profesores en su formación para la enseñanza de las ciencias y en particular de la enseñanza de la física; no solo deben aprender la teoría sino también el contexto en el que ésta fue elaborada, es importante que se le dé un uso apropiado a la historia de las ciencias, su trasfondo les permitirá acercarse a la complejidad que posee la ciencia.

La historia de las ciencias le confiere al maestro aspectos relevantes que pueden ayudar a captar la atención de sus estudiantes, aspectos como la motivación, el cual puede ubicar espacial y temporalmente a los estudiantes sobre un descubrimiento; muestra también los errores

en el ir y venir de las ciencias; ayuda al estudiante a dimensionar la dinámica del “hacer ciencia”. Cabe resaltar, que en muchos libros se pueden encontrar versiones cronológicas de dichos descubrimientos, pero es necesario que el maestro sea capaz de ampliar, reorganizar y recontextualizar la información para formular nuevas propuestas de enseñanza.

Transformar la enseñanza de las ciencias para producir condiciones en las cuales los estudiantes puedan enriquecer el sentido común debe de ser el propósito de la enseñanza de las ciencias, el sentido común que todos suelen tener pero pocos logran enriquecer; este ayuda que el estudiante construya sentidos y significados de acciones prácticas y del conocimiento para así lograr desenvolverse en el mundo; es este componente el que le permite pensar y actuar de manera práctica, es una lógica empírica.

Es así, como el maestro debe de generar espacios en el aula para fortalecer y enriquecer el sentido común, esto lo puede lograr por medio de: la ampliación y organización de la experiencia, la construcción de explicaciones, la generación de preguntas y el fortalecimiento de la forma en cómo ellos ven el mundo; cabe resaltar que la manera de pensar y los conocimientos previos del estudiante son importantes para este aspecto.

8.3.1 Historia de las ciencias en la enseñanza de la física

La historia de las ciencias en las investigaciones de la actualidad, han brindado aportes importantes para la enseñanza de las ciencias, en concordancia con García (2017) es fundamental la manera como el investigador se relaciona con la historia de las ciencias desde la experiencia, la cual, permite comprender los fenómenos físicos a partir de las explicaciones que se construyen dando significado desde intereses y preocupaciones propias.

El uso de la historia de las ciencias desde esta perspectiva ha permitido que se construyan propuestas que ayudan, tanto en la mejora de los procesos de enseñanza de nivel escolar como en

la formación inicial y continuada de profesores de ciencias. Entre los usos que se pueden encontrar son; lectura crítica de la historia de la ciencia en los textos históricos para comprender las relaciones entre la experiencia y la formulación de los fenómenos, conocer los problemas en la construcción de los conocimientos para encontrar relaciones con los razonamientos de los estudiantes, recontextualizar los conocimientos científicos de modo que permitan realizar propuestas de enseñanza.

La visión anacrónica de la ciencia como lo manifiesta Izquierdo (2001), es la que está bajo una mirada positivista de la ciencia, la cual puede llevar a juicios erróneos, ya que lleva a estudiar y validar el pasado con ojos del presente. A cambio, la visión diacrónica que es la utilizada en esta investigación, es de tipo relativista y busca estudiar el pasado teniendo en cuenta sus condiciones reales. Esta última visión para hacer la lectura histórica ayuda a que, mediante el dialogo con los textos originales se puedan rescatar elementos para la didáctica de la física.

En el caso del movimiento natural galileano, por ejemplo, en los libros de textos obligatorios de física presenta la historia de las ciencias de visión anacrónica y positivista. En cambio, cuando en propuestas como la de esta investigación, el análisis histórico-crítico se realiza desde una visión diacrónica, pues aquí se parte de la fenomenología del movimiento natural, desde las ideas aristotélicas y refutaciones de Galileo, para recontextualizar las formas en que se van dejando atrás esas concepciones y procedimientos peripatéticos.

Cuando el investigador revisa los textos originales siempre va a encontrar nuevas formas en las que puede representar el conocimiento, es por esto por lo que, se contradice la idea de la enseñanza del movimiento natural desde las fórmulas y definiciones, pues cuando se analiza críticamente el texto de Galileo, se puede encontrar diferentes formas de acercarse al fenómeno a través de la experimentación, lo que ayuda a la formulación del movimiento.

8.3.2 El análisis Histórico-crítico

En esta investigación se muestra de acuerdo con los análisis histórico-críticos como las recontextualizaciones de conocimientos científicos, los cuales son abordados desde los textos originales, en ellos se busca poner en dialogo al investigador con los autores con la finalidad de mirar al pasado teniendo en cuenta las condiciones reales del momento, es decir, de manera diacrónica como lo afirma García (2017).

En concordancia, cabe mencionar el reconocimiento de los libros de textos originales como la fuente que permite apreciar los debates, pensamientos, procedimientos y generalizaciones que dieron nacimiento al conocimiento. En ellos se puede ver que aquellos conceptos y teorías que se consideran acabados tienen un proceso de construcción y consolidación, ello permite flexibilizar la visión de ciencia en el aula. Los análisis histórico-críticos permiten que tanto el investigador como el docente logren diseñar fenomenologías, formular problemáticas mediante la recontextualización y realizar propuestas para el aula.

9 METODOLOGÍA

Como se inscribe en la justificación, este trabajo se sustenta alrededor de tres objetivos fundamentales:

- I. Identificar la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural galileano desde un análisis histórico-crítico.
- II. Identificar los razonamientos del sentido común de los profesores en formación sobre la fenomenología del movimiento natural y sus variaciones; caída libre, planos inclinados y movimiento pendular.
- III. Plantear elementos que aporten a la formación de futuros profesores de ciencias naturales en los procesos de formalización del movimiento natural

Además, con miras a ser consecuente con los objetivos propuestos en la investigación, se describe mediante objetivos metodológicos el proceso por el cual se desarrolla la metodología.

9.1 Aspectos metodológicos

De acuerdo con los objetivos fundamentales de este trabajo y con la finalidad de ser consecuente con ellos, se plantean cuatro objetivos metodológicos que suscriben el camino para lograr el objetivo general y posteriormente la pregunta de investigación.

- I. Realizar un análisis histórico-crítico del movimiento natural a partir de la fenomenología y los procesos de formalización en Galileo.
- II. Elaborar un cuestionario semiestructurado sobre la fenomenología del movimiento natural para docentes en formación inicial en ciencias naturales.
- III. Realizar un paralelo entre el análisis histórico-crítico de la fenomenología del movimiento natural y los razonamientos del sentido común de los estudiantes.

- IV. De acuerdo con los aspectos identificados en el paralelo anterior, entonces desde una teoría de los contenidos, proponer elementos alternativos para la enseñanza de la física del movimiento natural para la formación de profesores de física

9.2 Orientaciones teóricas de la metodología

9.2.1 Metodología de enfoque cualitativo interpretativo.

Teniendo en cuenta que en la presente investigación se pretende hacer una contribución en la formación de los futuros profesores en lo concierne a los procesos de formalización, los cuales son derivados desde un análisis histórico-crítico del movimiento natural; este estudio se desarrolla mediante el tipo de investigación cualitativo de enfoque interpretativo, el cual, desde la perspectiva de Denzin & Lincoln (2011), consideran que el investigador estudia la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, de tal forma que se le dé sentido e interpretación a los fenómenos de acuerdo con el significado que tiene para los implicados.

Taylor & Bodgan (1987), consideran la investigación cualitativa como aquella que muestra y produce datos descriptivos e informaciones que construyen los propios sujetos, por ejemplo; las palabras que dicen, las interpretaciones que hacen, el sentido que les dan a las cosas, etc. Para (Cerdeña, 2008):

“Este tipo de investigación se caracteriza por la interpretación que se da de las cosas y los fenómenos, por su complejidad, no pueden ser captados plenamente por la estadística o las matemáticas, hace uso del análisis diacrónico en los datos y se usa la entrevista de tipo abierta no estandarizada como técnica para la recolección de datos” (p.98).

9.3 Contexto de la investigación

Como la pretensión es contribuir a la formación de futuros profesores de ciencias naturales en los procesos de formalización derivados del análisis histórico-crítico del movimiento natural, esta investigación se desarrolla desde la metodología cualitativa, por lo que la información obtenida a partir de los de los textos originales sobre el movimiento natural y las respuestas de los estudiantes recogidos desde el cuestionario se analizan desde esta perspectiva.

Criterios y justificación para la selección de documentos históricos

De acuerdo con el marco teórico de esta investigación, cuando se acude a los textos históricos es porque hay una intención detrás, para este caso, es la de encontrar las maneras en que se realiza organizan las fenomenologías que permiten la organización a través los procesos de formalización. Desde una visión diacrónica se hace una análisis histórico-crítico de los textos originales de Aristóteles, “De Caelo” y Galileo, “Diálogos Sobre dos Nuevas Ciencias”. A continuación, se describen los criterios de selección de estos textos.

- Deben ser textos históricos de autores originales.
- Deben contener la construcción del movimiento natural desde su fenomenología.
- Las formulaciones deben ser las que se usaron en la construcción de los libros de texto tradicionales.
- Además, se hace necesario justificar el porqué de la elección de estos textos históricos originales:
- Permiten encontrar nuevos sentidos en torno a las ideas, preocupaciones y problemas que tenían los científicos en sus contextos y épocas, sentidos que tal vez no son considerados por los propios historiadores pero que se convierten en una fuente de ideas y aportes para la intención pedagógica.

El retorno a las fuentes puede ayudar a entender, que los conceptos que finalmente fueron decantados en el paradigma y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo.

- los textos originales, considerados dentro del contexto cultural y científico en el que fueron producidos, permiten entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular.
- Pueden permitir, además, un acercamiento al proceso que hizo surgir lo nuevo a partir de la situación problemática y, en ocasiones, de las contradicciones y del debate agudo entre posiciones contrapuestas.
- El recurso a la historia de las ciencias y a los textos originales es con frecuencia la única manera de responder adecuadamente a preguntas que se suelen hacer los estudiantes sobre el origen y la fundamentación de principios básicos de la física.
- El recurso a los textos originales permite entender, por comparación, los procesos de recontextualización que se operan en los libros de texto. (García, 2017):

9.4 Selección de participantes en la resolución del cuestionario.

Para la realización de este estudio se tienen en cuenta a los estudiantes del programa de Licenciatura en Educación Básica en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del Área de Educación en Ciencias y Tecnología del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle.

De acuerdo con Sandoval (2002), se realiza un muestreo por conveniencia en donde se busca obtener la mejor información en el menor tiempo posible, de acuerdo con las circunstancias concretas que rodean tanto al investigador como a los sujetos o grupos

investigados. Debido a que en la fecha de la investigación está en el marco de la pandemia mundial por causa del Covid-19, las actividades se realizan en modalidad on-line.

9.4.1 criterios para la selección de los estudiantes.

- Los estudiantes deben haber cursado y aprobado la asignatura de física I propuesta desde el pensum académico del programa.
- Responder positivamente a la convocatoria para la aplicación del cuestionario.
- Deben tener la disponibilidad de 1 hora para participar on-line.

Para lograr identificar a los estudiantes que han cursado la asignatura de física I, se revisó a través de la malla curricular de la licenciatura en ciencias Licenciatura en Educación Básica en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y se logró identificar que la mayoría podrían estar en semestres superiores o iguales al tercer semestre. Esto sirvió para acudir a un grupo de estudiantes de semestres avanzados y diversos que se encontraban en reunidos en curso y que cumplían con el primer criterio.

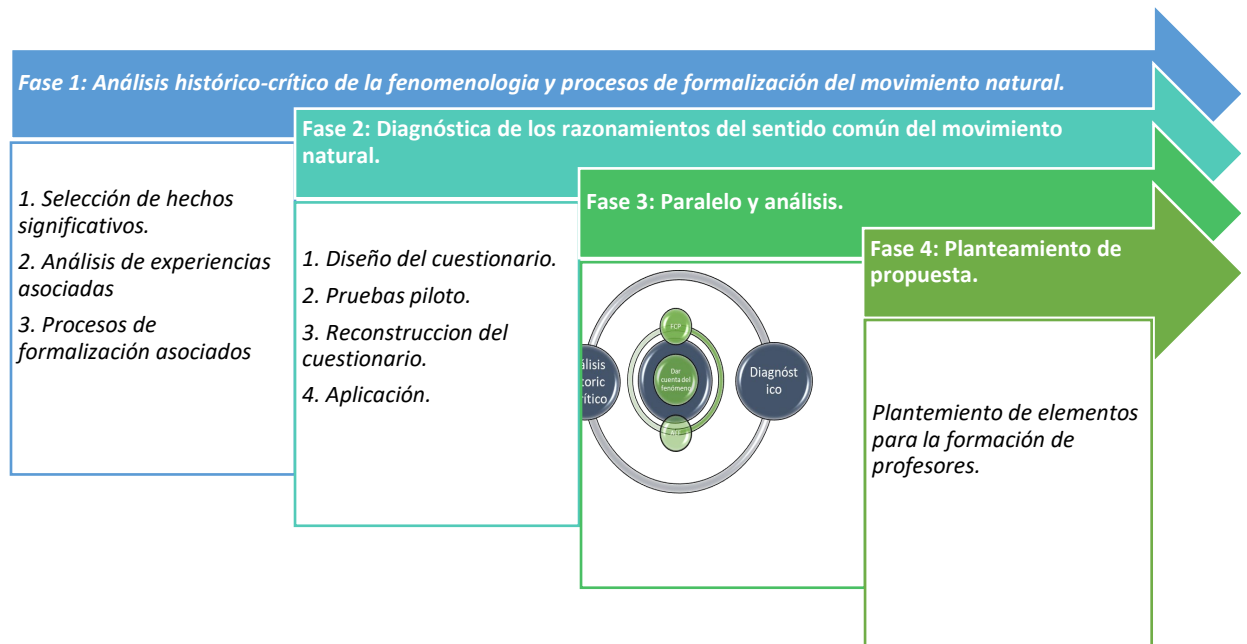
Como existió la oportunidad de encontrarlos reunidos en un curso, se hace la convocatoria con el permiso del profesor, donando, en acuerdo con los estudiantes el tiempo requerido tanto de la convocatoria como de la participación, de estos respondieron 10 estudiantes, de los cuales 8 manifestaron su participación voluntaria.

9.5 Etapas del proceso investigativo.

A continuación, se describe mediante una representación gráfica las etapas que hacen parte del proceso investigativo del presente trabajo.

Figura 1

Etapas del Proceso Investigativo



Fuente: Elaboración Propia

9.6 Fases de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación se plantean cuatro fases que corresponde a la resolución de la pregunta problema.

9.6.1 Fase 1: Análisis histórico-crítico del movimiento natural Galileano.

Para el caso de esta primera etapa de la investigación, se ha elegido el análisis histórico-crítico, la cual, desde la mirada de Malagón (2006), Ayala (2008) y García (2013) permite que al acudir a los textos de los historiadores de las ciencias o a los textos originales se pueda rastrear la construcción de los conocimientos con cada uno de los problemas contextuales que se tuvieron al momento de ser contruidos. Además, se puede hacer un análisis desde la perspectiva que el investigador considere para su trabajo, que, a conveniencia según el tipo de fenomenología abordada.

Para esta propuesta, se hace el análisis histórico-crítico del movimiento a partir de los textos originales de Galileo y Aristóteles. Además, se tendrán en cuenta tres ejes fundamentales para este análisis histórico-crítico: la selección de hechos significativos, análisis de experiencias asociadas a los hechos y procesos de formalización asociados a los hechos. Todo esto para rescatar elementos que permitan identificar las formas en que estos llevan a cabo la formalización de la fenomenología del movimiento natural. Se centra la atención en el movimiento acelerado de caída libre y sus variantes con obstáculos de planos inclinados y péndulos.

9.6.1.1 Selección de hechos significativos y fenomenológicos.

Los hechos significativos en esta investigación se refieren a los estudios de la fenomenología que se discute entre Galileo y Aristóteles a través del análisis histórico-crítico de sus textos originales, haciendo un estudio más profundo y significativo en el libro de Galileo “Diálogos Sobre Dos Nuevas Ciencias”:

Aristotélicos:

Los cuerpos tienen asignada a su naturaleza una velocidad de caída, pues un objeto con mayor peso que otro llega al suelo en menor tiempo.

La realización de movimiento niega la existencia del vacío, pues un cuerpo no puede estar simultáneamente en dos lugares

Galileanos

Objetos del mismo material, pero de diferente peso dejados caer desde la misma altura en medios diferentes (agua, mercurio, aire, vacío)

Objetos de diferente material, pero del mismo peso, dejados caer simultáneamente desde la misma altura en medios diferentes (agua, mercurio, aire, vacío)

Un móvil con movimiento uniformemente acelerado que desciende desde el reposo en caída libre, por un plano inclinado o por un péndulo.

Análisis de experiencias asociadas

En cuanto a Aristóteles, en su libro acerca del cielo (versión del 2008), el tipo de razonamiento es filosófico. Tiende a considerar que los cuerpos tienen asignados por naturaleza una velocidad de caída. Por esta razón, los peripatéticos, en su momento histórico, aceptan la idea de que un cuerpo de mayor tamaño y peso que otro tiende a llegar a suelo más rápido. En este orden, los aristotélicos dan respuestas en las que prevalecen su pensamiento cuando se le pregunta sobre un objeto en caída cuando se analiza desde diferentes condiciones como el cambio de medio, diferentes inclinaciones de los planos a la misma altura, etc.

Galileo logra incluir al análisis fenomenológico de la caída natural de los cuerpos, diferentes condiciones y variables que hacen que los peripatéticos se cuestionen la idea de asignación de incremento de velocidad a los cuerpos en descenso, para ello, experimenta variando los pesos de los objetos, manteniendo los pesos, pero observando el comportamiento en medios con diferentes densidades. Con el fin de observar el fenómeno con más detalle, incluye materiales y artefactos que le permiten aislar el fenómeno para su estudio, en este caso; pone a rodar objetos de igual peso por pendientes diferentes, compara la caída libre con la rodada por un plano inclinado, cambia los pesos de los objetos para ponerlos a rodar por planos diferentes o iguales, utiliza el péndulo con pesos diferentes o con pesos iguales y lo pone a oscilar para compararlos, usando cuerdas de diferentes longitudes. Todas las observaciones que realiza son

representadas mediante segmentos y relaciones proporcionales para avanzar hacia generalizaciones del fenómeno,

Al hacer el análisis de la formalización de Galileo, se pueden encontrar tres elementos fundamentales que son: diseño y ejecución experimental, explicación geométrico-matemática y formulación de teoremas. Los cuales, vistos desde los histórico-crítico, se organizan en un segundo tipo de formalización, el cual se refiere a la aplicación de estructuras formales, que será explicado en el siguiente apartado. Esto permite tener un derrotero para saber si los docentes en formación al enfrentarse a un fenómeno se acercan desde el producto o los procedimientos.

Procesos de formalización asociados

Ayala y Malagón (2008) plantean 4 tipos o clases de formalización, de los cuales se centra la atención en las dos que se ajustan a los hechos significativos antes expuestos, estos son; la formalización de carácter pragmático y la aplicación de estructurales formales.

En cuanto al primero, se analiza las formas de acercamiento al fenómeno, desde lo cotidiano, a saber, que inicialmente; clasifique, distinga, seleccione, identifique y observe. Luego se espera que organice, clasifique, distinga, seleccione y hable del fenómeno. En cuanto al segundo, se analiza la construcción de magnitudes, relaciones entre variables cualitativas y cuantitativas, proporciones y generalizaciones.

9.6.2 Fase 2: Diagnóstico de los razonamientos del sentido común de los estudiantes sobre la fenomenología del movimiento natural.

9.6.2.1 Diseño del cuestionario.

De acuerdo con el segundo objetivo, en el cual se busca identificar los razonamientos del sentido común en los estudiantes de licenciatura en ciencias naturales, se diseña un cuestionario que permite recoger información sobre los procesos de formalización que llevan a cabo los

estudiantes al momento de enfrentarse a la fenomenología del movimiento natural a partir de los razonamientos del sentido común.

- Identificar los razonamientos del sentido común de los estudiantes de licenciatura en ciencias naturales sobre el movimiento natural; entre ellos...
- Identificar los procesos de formalización de carácter pragmático (FCP) a partir de los razonamientos del movimiento natural en los estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales.
- Identificar los procesos de aplicación de estructuras formales (AEF) a partir de los razonamientos del movimiento natural en los estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales.

Este diseño está fundamentado en algunas orientaciones que brindan los autores García (2011) e izquierdo (2005), entre las que se escogen; selección del fenómeno, indicación de las unidades de análisis, categorización del fenómeno de acuerdo con las unidades de análisis y diseño de preguntas.

Para lograr lo anterior y ser consecuente con el objetivo, las preguntas del cuestionario se han construido a partir de los planteamientos de Roca Tort, Márquez, & Sanmatí (2013) en el cual expresa sobre los puntos que se deben tener en cuenta para la elaboración de las preguntas mediadoras que permitan identificar, en este caso, el sentido común a través del instrumento de recolección de datos. Por lo anterior se explicitan los puntos planteados por los autores, a saber, son:

Se deben formular preguntas que estén relacionadas con el objetivo para que a través de las respuestas puedan caracterizarse el tipo de pensamiento de los estudiantes.

Las preguntas deben tener un grado de apertura a través de los cuales los estudiantes tengan la posibilidad de responder minimizando al máximo la limitación de escritura, por lo que, las preguntas son abiertas.

Las preguntas se formulan de manera que se logre que el estudiante responda de manera coherente a lo que se quiere identificar, por lo cual, se realizaron las pruebas piloto para que cada vez más se fueran ajustando, para lograr claridad y certeza.

En la siguiente tabla se expone el cumplimiento de las características anteriores.

Características de las preguntas de acuerdo con su función

Tabla 1

Características de las preguntas de acuerdo con su función

Pregunta	Grado de apertura		Objetivos 1* 2**	Componente disciplinar			Organización fenomenológica						
	errada	bierta		modelo	teoría	concepto	Formalización de carácter pragmático				Aplicación de estructuras formales		
							Identificación	Descripción	Comparación	Explicación	Construcción de magnitudes	Relaciones entre variables	Generalizaciones
			1 (caída libre)				x						
			1 (caída libre)						x				
			1 (caída libre)										
			1 (movimiento pendular)						x				
			1 (movimiento pendular)										
			1 (planos inclinados)				x						
			1 (planos inclinados)						x				

			1 (planos inclinados)										
			2 (caída libre)									x	
0			2 (caída libre)							x			
1			2 (caída libre)									x	
2			2 (caída libre)										x
3			2 (planos inclinados)									x	
4			2 (planos inclinados)									x	
5			2 (planos inclinados)										x
6			2 (planos inclinados)							x			
7			2 (planos inclinados)									x	
8			2 (planos inclinados)									x	
9			2 (planos inclinados)										x

Fuente Cabrera (2016)

*Objetivo 1: Identificar los procesos de formalización de carácter pragmático (FCP) a partir del sentido común en el movimiento natural por parte de los estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales.

**Objetivo 2: Identificar los procesos de aplicación de estructuras formales (AEF) a partir del sentido común en el movimiento natural por parte de los estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales.

9.6.2.2 Aplicación del cuestionario.

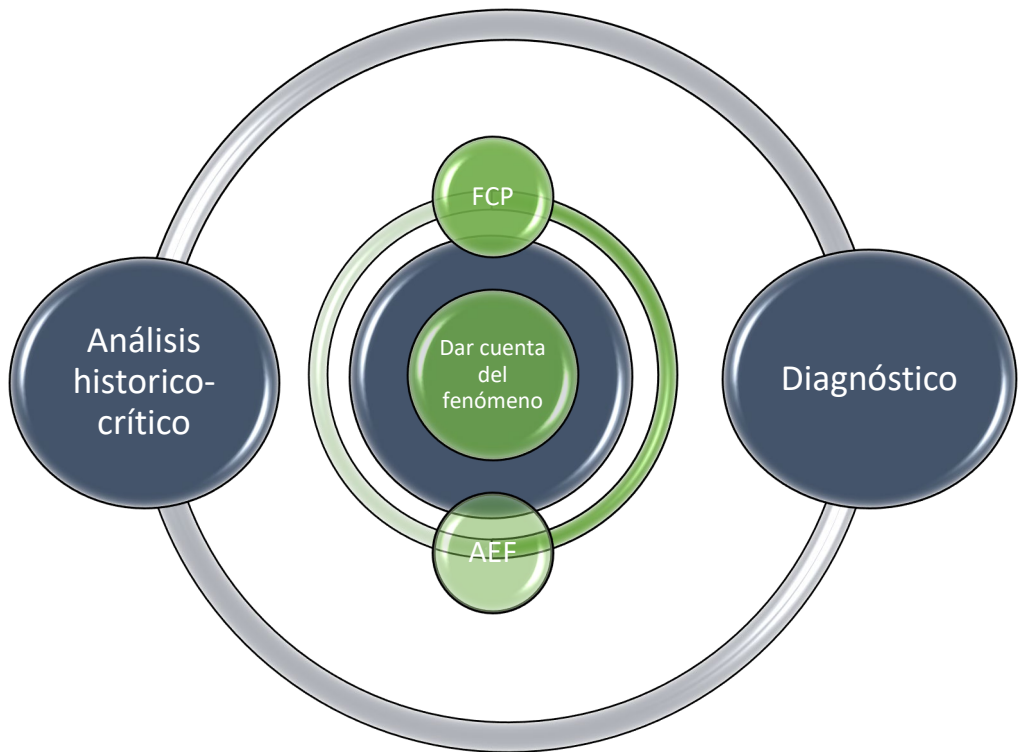
Antes de aplicar el cuestionario definitivo, se realizan dos pruebas piloto en la que se invita a participar a tres estudiantes que cumplan con los criterios de selección, con el propósito de conocer cuáles son inconvenientes que se presentan en términos de redacción, claridad de las preguntas, niveles de complejidad y tiempo promedio de resolución. Después de esto, con las sugerencias recogidas se procede a reestructurar el instrumento para hacer una prueba bajo las mismas condiciones iniciales. Por último, se reconstruye la prueba y se aplica a 8 estudiantes que cumplen con los criterios de selección; el tiempo estipulado fue de una hora y veinte minutos.

9.6.2.3 Paralelo entre los datos.

Las fuentes de datos de esta investigación vienen desde el diagnóstico sobre pensamiento de los estudiantes a partir de la formalización desde su sentido común y a partir del análisis histórico-crítico de textos originales de Aristóteles y Galileo desde los procesos de formalización. Según Arias Valencia (2000) es posible realizar la triangulación dentro del método y realizar un paralelo al usar dos o más recolecciones de datos. Para efectos de este trabajo, se construye un cuestionario con múltiples estrategias y escalas de medida para examinar los datos. Se puede ver este enlace desde el reconocimiento de las categorías de formalización de carácter pragmático (FCP) y la aplicación de estructuras formales (AEF).

Figura 2

Paralelo Entre el Análisis Historico-Crítico y el Diagnóstico



Fuente: Elaboración Propia

El grafico representa el paralelo entre el análisis histórico-crítico y el diagnóstico realizado a través del cuestionario (color azul en la imagen), dentro de este se encuentran (en verde) las categorías de formalización de carácter pragmático y aplicación de estructuras formales, las cuales se tuvieron en cuenta para el análisis histórico-crítico y la aplicación de estructuras formales, ambas para dar cuenta del fenómeno.

9.7 Fase 3: Paralelo y análisis

En este apartado, con miras a darle respuesta a los dos primeros objetivos, se presenta en primera medida un análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural, luego, se realiza un análisis de los razonamientos del sentido común de los PFCN sobre los procesos de formalización del movimiento natural a partir del cuestionario que se anexa, y por último, se describe la triangulación entre lo encontrado en el análisis histórico-crítico del movimiento natural y el sentido común de los profesores en formación.

9.7.1 Análisis histórico-crítico movimiento natural.

El análisis histórico-crítico expone una interpretación propia a partir de la obra original de Galileo “Diálogos Acerca de Nuevas Ciencias” en donde se plasma su forma de ver e interpretar el mundo y como logra formalizar partiendo del análisis fenomenológico y mostrando además la forma de segmentar, relacionar proporcionalmente, geometrizar y generalizar el movimiento natural. Además, se analizan algunos pasajes de la obra de Aristóteles “De Caelo” para realizar una interpretación de sus razonamientos y procedimientos para formalizar el movimiento natural.

Una de las demostraciones con relación a los “graves en descenso” como los llama Galileo, se hace mediante tres interlocutores, que se describirán a continuación: *Simplicio*, quien representa a una persona de pensamiento peripatético; *Sagredo*, quien representa a una persona culta de mente clara y aguda con pocos conocimientos en matemáticas; *Salviati* representa al mismo Galileo y es quien siempre está atento a dar las explicaciones precisas sobre su forma de interpretar e intervenir la naturaleza.

Todo surge cuando los interlocutores vienen discutiendo alrededor de la condensación, rarefacción y penetrabilidad de los cuerpos en el vacío, Sagredo quiere escuchar los argumentos de Simplicio con relación al concepto de vacío y, además, conocer las pruebas de lo que él tanto replica, Asimismo, conocer de Salviati su refutación al respecto.

Simplicio interviene de la siguiente manera “si mal no recuerdo, Aristóteles se revela con ciertos filósofos antiguos, que introducían el vacío como necesario para el movimiento, diciendo que no podía efectuarse este sin aquel”. Según él Aristóteles contra argumenta demostrando que

la realización del movimiento destruye la afirmación del vacío, así que, realiza el siguiente “procedimiento” desde dos suposiciones: La primera es comparar dos móviles de distinta gravedad que se mueven en un medio idéntico, la segunda es con relación a un cuerpo moviéndose en distintos medios.

Con respecto al primero supone que estos móviles de distinta gravedad se mueven en estos distintos medios, pero con diferentes velocidades y que mantienen entre sí, la misma proporción que sus respectivos pesos, así que con esto intenta decir, por ejemplo, que un móvil diez veces más pesado que otro se movería con una velocidad diez veces mayor. En cuanto a la segunda, Aristóteles acepta que las velocidades de un mismo móvil en medios diferentes tienen entre sí proporción inversa de la que tienen las condensaciones o densidades de estos medios, es decir, que, si la condensación del agua fuese diez veces mayor que la del aire, entonces, la velocidad en el aire de un mismo cuerpo debe ser diez veces mayor que en el agua.

Bajo estos supuestos es que Aristóteles sienta su demostración y lo hace diciendo que, “la tenuidad del vacío supera en grado infinito la corporeidad, por tenue que ella sea, de cualquier medio pleno, todo móvil que en el medio pleno recorra cualquier espacio durante cualquier tiempo, en el vacío tendría que moverse instantáneamente; pero un movimiento instantáneo no es posible. Entonces es imposible que se dé el vacío en virtud del movimiento”. Simplicio acepta que el argumento es, *ad hominem*, es decir, que va en contra de los que admiten el vacío como necesario para el movimiento, pero no acepta como concluyente este argumento y que en el vacío no se da movimiento, pues con tan solo esto no quedaría invalidado. Hasta aquí se admite que ha habido un intento por contra argumentar la relación entre el vacío y el movimiento, pero, para Salviati no es más que un intento de Aristóteles decirlo tenuemente para que lo que dice sea finalmente aceptado por los antiguos. Salviati pone en duda de que Aristóteles realmente haya

realizado este experimento, de que si dos piedras, por ejemplo, una diez veces más pesada que la otra, sueltas al mismo tiempo desde una misma altura, por lo menos, de cien codos, fueran sus velocidades diferentes y que al llegar a la Tierra la mayor, encontraría que la menor no había descendido más de diez codos.

Hasta aquí se puede interpretar a un Galileo que no le bastan las suposiciones que hacen frente a la forma de estudiar a la naturaleza, sino que más bien, hay un intento por demostrar mediante argumentos que la naturaleza puede ser intervenida no solo a través de las observaciones sino también mediante experimentos que como él mismo dice puede ser refutados en el algún momento. Ahora se intentará llevar más a fondo esta discusión para conocer en detalle lo que intenta demostrar en la contra argumentación que Salviati hace a Simplicio y que tanto pide Sagredo.

Simplicio manifiesta que Aristóteles da entender que realmente ha realizado una experimentación debido a que él dice “veremos que el más pesado” Por lo cual Argumenta que cuando dice “veremos” es una acción que implica la realización de un experimento. Escuchando esto Sagredo, contra intuitivamente le hace una aseveración en la cual expone que por ejemplo dos balas de cañón que caigan desde una misma altura una con muchísimo mayor peso que la otra, la de mayor peso no llegará al suelo antes que la de menor peso.

9.7.1.1 *Los razonamientos de la caída libre*

Simplicio presenta la idea de que cada cuerpo tiene una velocidad asignada por naturaleza, de modo que, a este cuerpo pudiera acrecentarse o disminuirse la velocidad haciendo uso de algún tipo de fuerza o alguna resistencia. En contraposición, Galileo expondría que “*si tuviésemos dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, este sería en parte retardado por el más tardo, y el más tarde en parte*

acelerado por el más veloz. ¿no eres tú de mí misma opinión?” Dada esta demostración, a Simplicio no le queda más que admitir que Galileo tiene razón.

Veamos esta demostración y los cuestionamientos que hace Galileo para lograr sentar finalmente sus razonamientos a partir de la experimentación, el establecimiento de variables desde las cuales intenta que se logren formalizar la fenomenología del movimiento. De ahí que, se realiza una recontextualización partiendo de esa fenomenología y se construye las siguientes preguntas:

9.7.1.1.1 Preguntas asociadas a la fenomenología de la caída libre de los cuerpos.

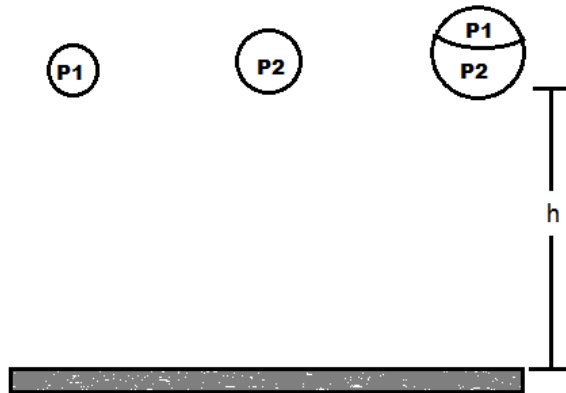
Las preguntas emergen desde el análisis histórico-crítico, en donde se busca identificar las fenomenologías que han sido organizada a través de la experimentación de Aristóteles y Galileo. Las fenomenologías han sido recontextualizadas con la finalidad de conocer los razonamientos del sentido común de los profesores en formación de las ciencias naturales. Se dividen desde dos aspectos, uno es desde fenomenologías asociadas a la caída libre sin obstáculos y el otro desde la caída libre con obstáculos, este último se divide también en deslizamiento por planos inclinados y movimiento pendular.

9.7.1.1.2 Preguntas asociadas a la caída libre sin obstáculos

En la siguiente situación se presentan 3 objetos de diferente peso (P) e igual material, siendo $P_1 < P_2 < P_3$ y donde $P_3 = P_1 + P_2$

Figura 3

Comparación de caída libre entre tres objetos



Fuente: Elaboración Propia

¿Si $P_1 < P_2$ entonces se podría afirmar que el tiempo $t_1 > t_2$? Justifica

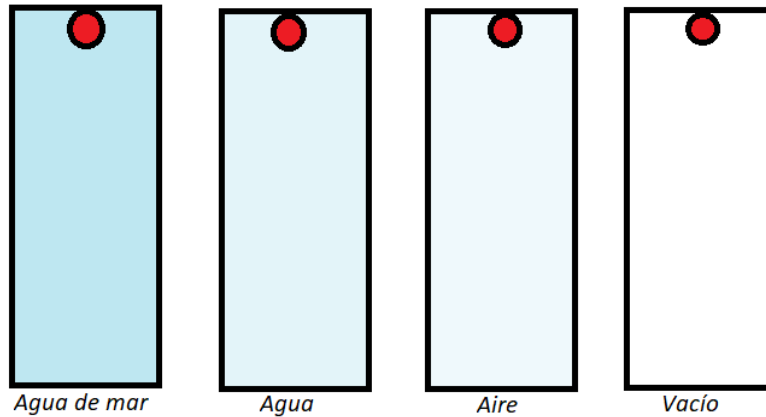
Siendo $P_3 = P_1 + P_2$ ¿Qué se espera que suceda con relación al t_3 del P_3 , si el experimento se realiza en a) el aire, b) en agua y c) en el vacío?

¿Cómo explicas el movimiento de los objetos en los tres medios a) el aire, b) en agua y c) en el vacío?

Se muestran 4 recipientes con fluidos de diferente densidad (D), y en ellos, 4 cuerpos iguales que se sueltan desde la superficie de cada uno de los medios.

Figura 4

Comparación de caída libre en diferentes medios



Fuente: Elaboración Propia

Aquí las densidades son, $D_{\text{agua de mar}} > D_{\text{agua}} > D_{\text{aire}}, D_{\text{vacío}} = 0$

Realice una representación gráfica de los cambios de velocidad en cada uno de los fluidos.

Escribe en pocos pasos, un procedimiento a seguir para establecer la magnitud de la velocidad aproximada del cuerpo en el vacío.

Al observar cada uno de los 4 sistemas con sus respectivos fluidos ¿Qué se puede inferir?

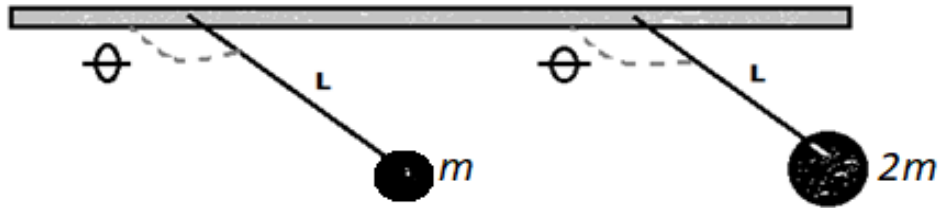
Represente la situación anterior a partir de un gráfico o expresión matemática.

9.7.1.1.3 Preguntas asociadas a la fenomenología de la caída de los cuerpos con obstáculos.

Se tienen dos péndulos atados a una superficie, la longitud de la cuerda (L) es igual en ambos casos, cada péndulo soporta un cuerpo de diferentes unidades de masa, siendo una el doble de la otra. Estos se dejan en libertad desde una misma altura (no se tiene en cuenta la fricción con el aire).

Figura 5

Comparación de la oscilación Entre dos objetos



Fuente: Elaboración Propia

¿Cuál de los dos cuerpos logra detenerse primero?

El cuerpo más pequeño.

El cuerpo más grande.

Explica tu respuesta.

¿Cómo explicarías el movimiento de los péndulos si el experimento se realiza en
el agua,
el aire y
en el vacío?

9.7.2 Fenomenología y geometrización *del movimiento uniforme.*

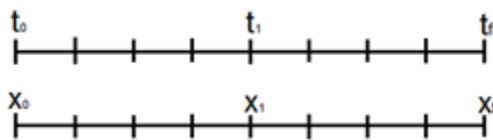
Galileo expone varias definiciones seguidas de axiomas y teoremas. La primera definición en la que entiende por movimiento igual o uniforme entiende aquel en el que los espacios recorridos por un objeto en tiempos iguales son iguales entre sí.

La cual va seguida de una “advertencia” en donde se indica cual es la importancia del término “cualquiera” ya que dice que puede suceder que un móvil recorra espacios iguales en determinados tiempos iguales mientras que distancias recorridas en fracciones de tiempo más pequeñas pueden no ser iguales, aunque lo sean dichos intervalos más pequeños. Galileo tiende a mostrar cierta preocupación por el rigor, aunque en la realidad él no define el concepto de

velocidad como la entendemos hoy en día, pero nos deja abierta la posibilidad de entrar a hablar de este concepto. A primera vista puede sorprender que Galileo no defina la velocidad. Ello se explica porque a principios del siglo XVII la toma de proporciones estaba regulada por los *Elementos* de Euclides y, por lo tanto, no se concebía una razón de magnitudes físicas diferentes. Sin embargo, Galileo tenía razón en considerar que la velocidad se tomará como una magnitud física que se puede comparar, medir y expresar con un número, y representar mediante un *segmento*. Los teoremas de este apartado son interesantes ya que establecen las relaciones de proporcionalidad directa, inversa y compuesta según los casos entre las magnitudes espacio, tiempo y velocidad.

Figura 6

Uniformidad



Fuente: Elaboración Propia

9.7.2.1 *Sobre el movimiento naturalmente acelerado.*

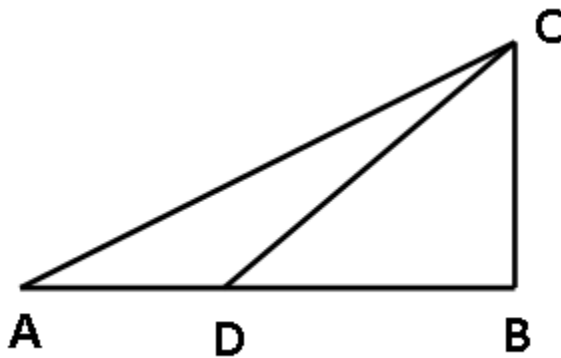
Aquí se encuentra una discusión del principio según el cual la velocidad es proporcional al tiempo, está basada en teoremas y problemas seguidos de corolarios, lemas y escolios. Galileo nos explica que el movimiento uniformemente acelerado es el movimiento que nos brinda la naturaleza y que es el movimiento de los objetos en caída libre y lo define como un movimiento que, partiendo del reposo, adquiere en tiempos iguales, iguales incrementos de velocidad. En cuanto a los teoremas, el más importante por su contenido físico es el Teorema II en el cual se establece la ley de la proporción cuadrática: en un movimiento uniformemente

acelerado el espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido. La trascendencia de este teorema se debe a que relaciona las dos magnitudes básicas, espacio y tiempo, en un movimiento no uniforme. Veremos que esta ley ha desempeñado un papel importante en la génesis de las ideas de Galileo.

Se entiende por altura de un plano inclinado que: La línea AB sea la horizontal sobre la que están inclinados los planos CA y CD.

Figura 7

Plano Inclinado Para Formulación de la Aceleración



Fuente: Elaboración Propia

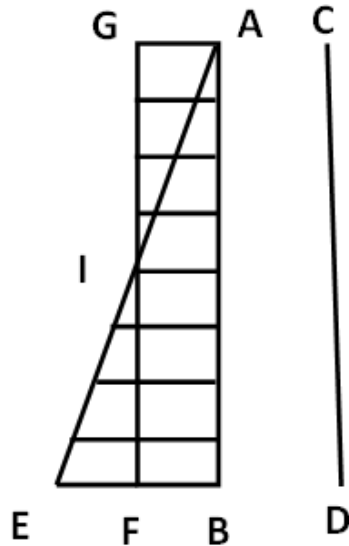
Teorema # I Proposición I

El tiempo, en que un móvil recorre un espacio con movimiento uniformemente acelerado a partir del reposo, es igual al tiempo en que el mismo móvil recorrería ese mismo espacio con movimiento uniforme, cuya velocidad fuera subduple (mitad) de la mayor y la última velocidad (final) del anterior movimiento uniformemente acelerado.

Serán iguales los espacios recorridos en un mismo tiempo por dos móviles, de los cuales uno se mueve con MUA a partir del reposo y el otro con movimiento uniforme de velocidad subduple de la máxima velocidad del movimiento acelerado.

Figura 8

Formulación de Aceleración



Teorema II proposición II

“Si un móvil con MUA desciende desde el reposo, los espacios recorridos por él en tiempos cualesquiera están entre sí como la razón al cuadrado de los mismos tiempos, es decir como los cuadrados de esos tiempos”

Teorema #2. Corolario #1

“...Si en tiempos iguales, tomados sucesivamente desde el primer instante o comienzo del movimiento, tales como AD, DE, EF, FG, se recorrieron los espacios HL, LM, MN, NI, estos espacios estará entre sí, como los números impares 1, 3, 5, 7;...”

Este enunciado de la ley de los espacios en el movimiento uniformemente acelerado es una formulación equivalente al conocido resultado para el movimiento uniformemente acelerado que establece que las distancias totales recorridas, partiendo del reposo, son proporcionales a los cuadrados de los tiempos

Se considera que el primer enunciado es conceptualmente más simple que el segundo y puede ser usado como una definición alternativa del movimiento uniformemente acelerado.

9.7.2.2 Caída de los cuerpos.

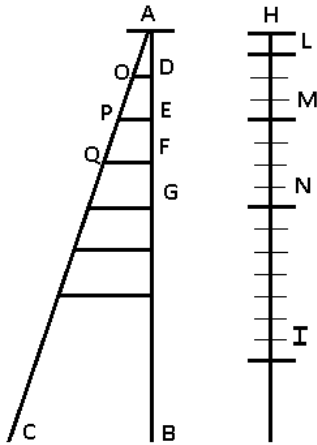
Teorema II proposición II

Si un móvil con MUA desciende desde el reposo, los espacios recorridos por él en tiempos cualesquiera están entre sí como la razón al cuadrado de los mismos tiempos, es decir como los cuadrados de esos tiempos

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$$

Figura 9

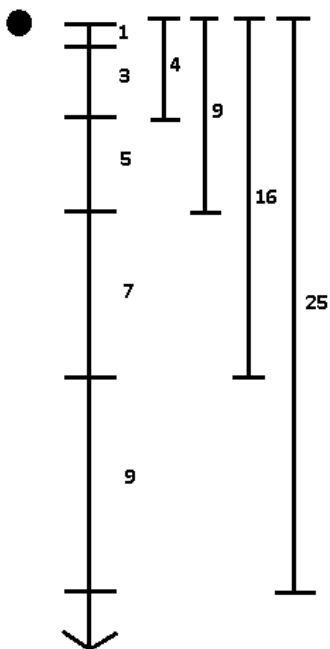
Formulación Caída Libre



Si en tiempos iguales tomados sucesivamente desde el primer instante del movimiento, tales como AD, DE, EF, FG, se recorrieron los espacios HL, LM, MN, NI, estos espacios están entre sí como los números impares a partir de la unidad, es decir:

Figura 10

Formulación Caída Libre 2



$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$$

$$h \propto t^2$$

$$h = kt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{h}{k}}$$

Ejemplo:

$$h = kt^2$$

$$h = k(1)^2$$

$$h = 1k$$

$$h = k(2)^2$$

$$h = 4k$$

$$h = k(3)^2$$

$$h = 9k$$

$$h = k(4)^2$$

$$h = 16k$$

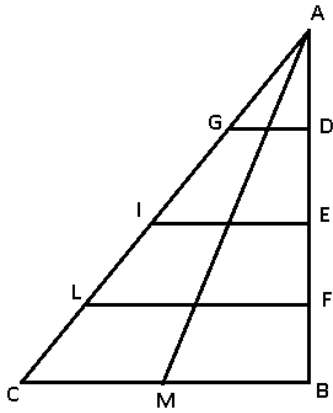
9.7.2.3 Deslizamiento de los Cuerpos Por Planos Inclinados.

Teorema III

Si sobre un plano inclinado y sobre otro vertical, que tengan la misma altura, marcha un mismo móvil, a partir del reposo, los tiempos de los descensos serán entre sí, como las longitudes del plano inclinado y del vertical.

Figura 11

Formulación Planos Inclinados



De aquí se deduce que: $\frac{t_{(AC)}}{t_{(AB)}} = \frac{AC}{AB}$

$$\frac{t_{(AM)}}{t_{(AB)}} = \frac{AM}{AB}$$

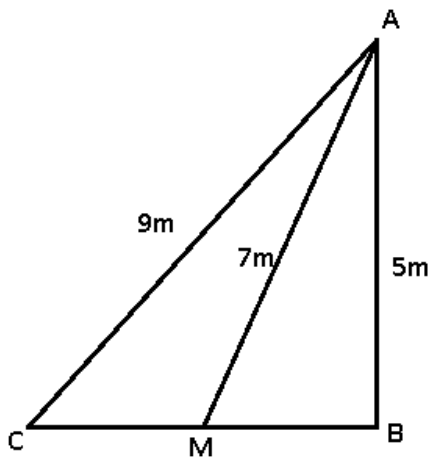
$$\frac{t_{(AC)}}{t_{(AM)}} = \frac{AC}{AM}$$

Los incrementos de velocidad en los puntos G, D; E, I; F, L; B, C son iguales porque están a la misma distancia de la horizontal.

Se presenta dos planos inclinados por los cuales ruedan dos esferas del mismo tamaño y masa, y al mismo tiempo, se deja caer una tercera igual a las anteriores. Encontrar el tiempo en que tardan las esferas en rodar por los planos.

Figura 12

Ejemplo de Cuerpos que se Deslizan por Planos Inclinados



Fuente: elaboración Propia

Por el teorema anterior se tiene que:

$$\frac{t_{(AC)}}{t_{(AB)}} = \frac{AC}{AB}$$

Entonces, se debe encontrar el tiempo de caída por la longitud de AB con ayuda del teorema II, así:

$$h = kt^2, \text{ siendo } k = \frac{1}{2} * 10 = 5$$

$$5 = 5t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{5}{5}}$$

$$t_{(AB)} = 1s$$

$$\text{Entonces, } \frac{t_{(AC)}}{t_{(AB)}} = \frac{AC}{AB}$$

$$\frac{t_{(AC)}}{1s} = \frac{9m}{5m}$$

$$t_{(AC)} = 1.8s$$

$$\frac{t_{(AC)}}{t_{(AM)}} = \frac{AC}{AM}$$

$$\frac{1.8}{t_{(AM)}} = \frac{9m}{7m}$$

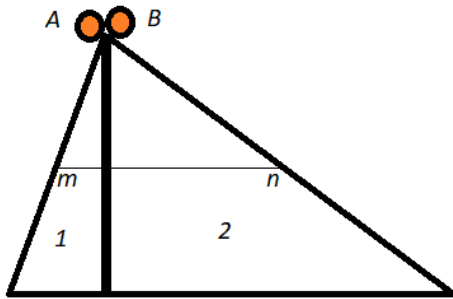
$$t_{(AC)} = 1.4s$$

9.7.2.3.1 Preguntas asociadas a la fenomenología de la caída de los cuerpos con obstáculos: el caso de los planos de igual altura y diferente inclinación.

En el siguiente grafico se presentan dos planos 1 y 2 con inclinaciones diferentes y la misma altura. Desde la cual, se dejan libres dos esferas de igual masa y material (se considera despreciable la fricción del plano).

Figura 13

Planos de Diferente Inclinación e Igual Altura



Fuente: Elaboración Propia

¿Qué pasaría con relación a los tiempos de caída por los planos 1 y 2 si

A y B son del mismo material y diferente peso,

A y B del mismo material e igual peso y

A y B de diferente material y peso.

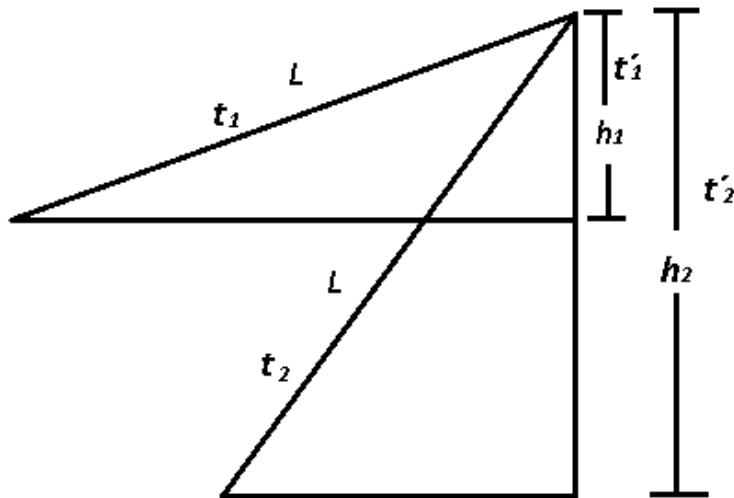
Cuando las esferas del mismo material y peso pasan por los puntos m y n señalados por la línea paralela a la horizontal ¿Existe alguna diferencia en la velocidad? Explique.

Teorema IV

Los tiempos de los descensos sobre los planos de igual longitud, pero desigualmente inclinados, son entre sí como la raíz cuadrada de la razón inversa de las alturas de los mismos planos

Figura 14

Plano Inclinado de Diferente Altura e Igual Longitud



De aquí se deduce por el teorema I que:

$$\frac{t_1}{t'_1} = \frac{l}{h_1}$$

$$\frac{t_2}{t'_2} = \frac{l}{h_2}$$

Por lo tanto, resolviendo para t'_1 y t'_2 se tiene

$$t'_1 = \frac{t_1 * h_1}{l}$$

$$t'_2 = \frac{t_2 * h_2}{l}$$

Y por teorema II se tiene que

$$\left(\frac{t'_1}{t'_2}\right)^2 = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\left(\frac{\frac{t_1 * h_1}{l}}{\frac{t_2 * h_2}{l}}\right)^2 = \frac{h_1}{h_2}$$

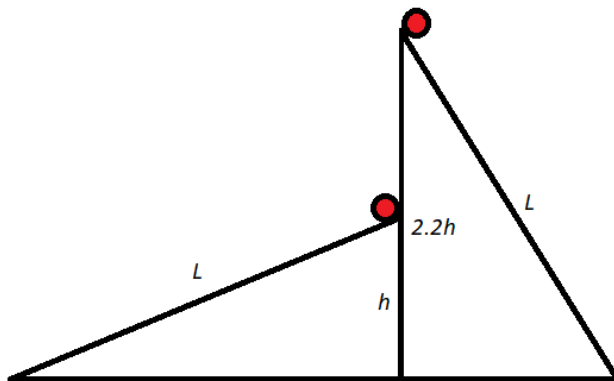
$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

9.7.2.3.2 Preguntas asociadas a la fenomenología de la caída de los cuerpos con obstáculos: el caso de los planos de diferente altura e inclinación.

Responda con relación a la siguiente situación.

Figura 15

Comparación de Dos Cuerpos por Planos de Diferente Altura e Igual Longitud



Fuente: Elaboración Propia

¿Cómo encontrar la magnitud del tiempo del móvil que cae libremente por L?

¿Qué tipo de relaciones proporcionales pueden establecerse entre los planos?

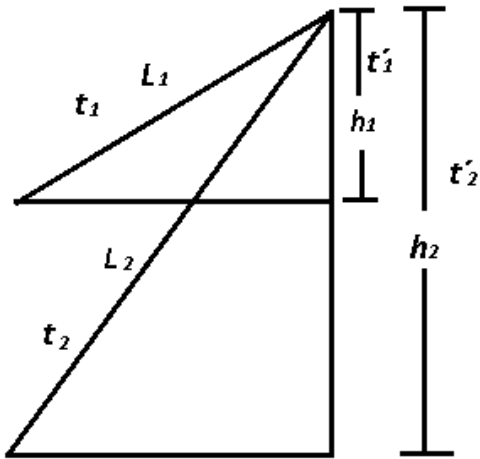
¿Qué variables permanecerían constante?

Teorema V

La razón de los tiempos de los descensos sobre planos, que tienen inclinaciones y longitudes diversas, así como también alturas desiguales, se compone de la razón de las longitudes de los planos y de la raíz cuadrada de la razón de sus alturas, tomada inversamente.

Figura 16

Plano de Diferente altura y Longitud



Es decir:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{l_1}{l_2} \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Demostración:

Partiendo de los teoremas II y IV se tiene se debe tomar un tiempo que relacione a l_1 y l_2 y para se escoge t , a una altura l_2 , que es la más larga de acuerdo con el corolario III $\frac{t_1}{t} = \frac{l_1}{l_2}$

$$t = \frac{t_1 l_2}{l_1}$$

$$\frac{t}{t_2} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

$$t = t_2 \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}}$$

Al igualar y operar, se tiene:

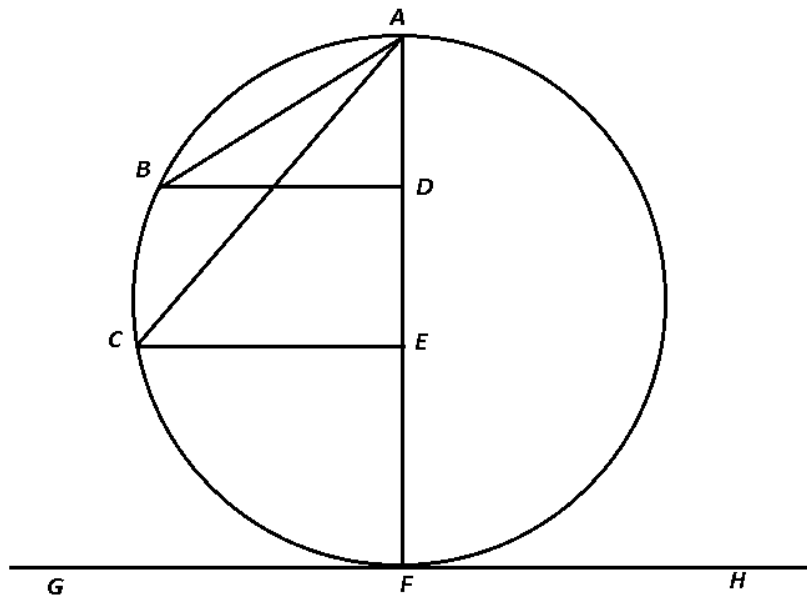
$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{l_1}{l_2} \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Teorema VI

Si desde el punto más alto o bajo de un círculo vertical sobre la horizontal, se trazan algunos planos inclinados hasta tocar la circunferencia, los tiempos de los descensos por los mismos serán iguales

Figura 17

Plano circunscritos en una Circunferencia



$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{AB}{AC} \sqrt{\frac{AE}{AD}}$$

Por teorema de media proporcional se tiene:

$$\frac{AD}{AB} = \frac{AB}{AF} \text{ y } \frac{AE}{AC} = \frac{AC}{AF}$$

Dividiendo y trasponiendo:

$$\frac{AE}{AD} = \left(\frac{AC}{AB}\right)^2$$

Reemplazando quedaría:

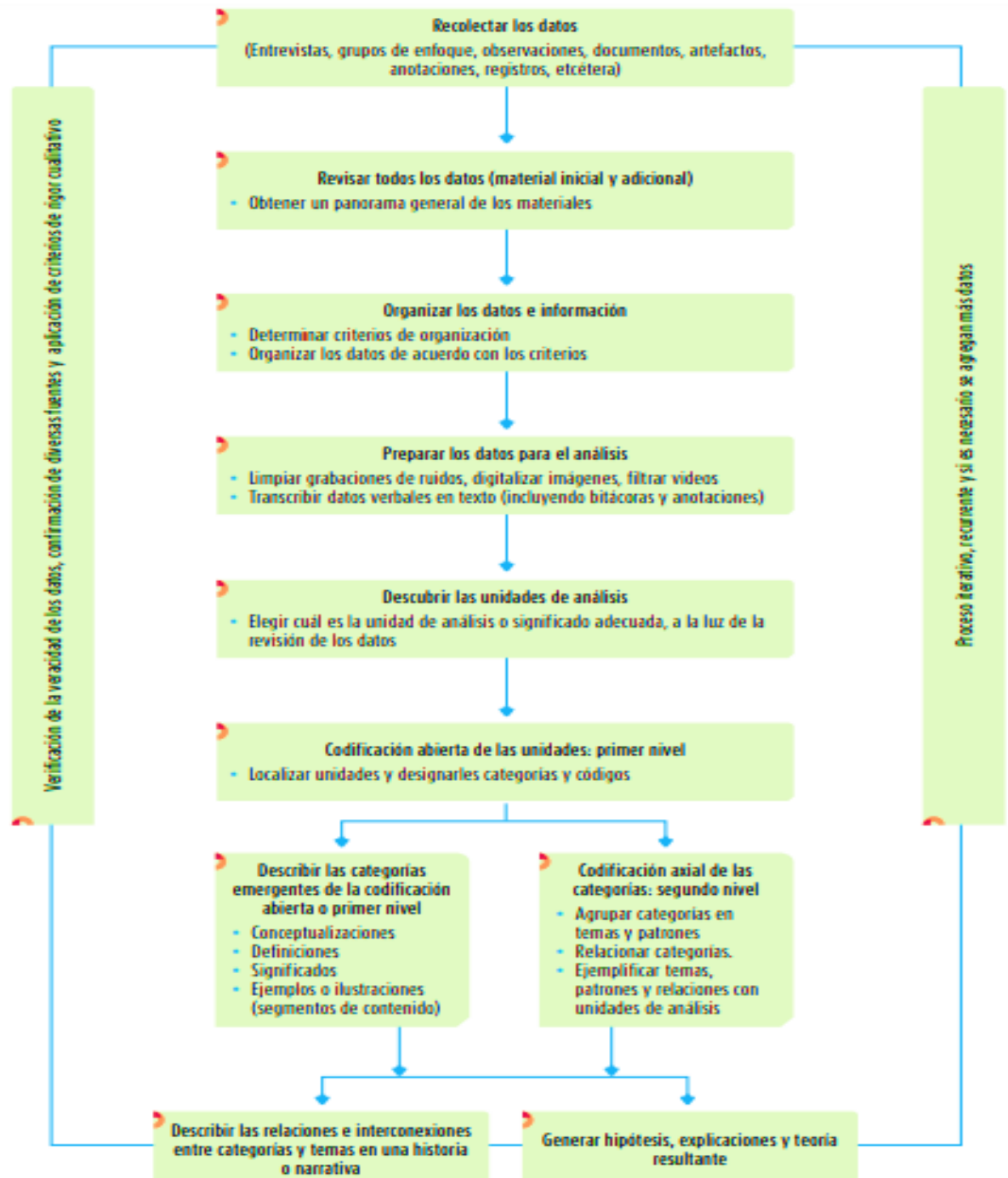
$$t_1 = t_2$$

9.8 Análisis de los razonamientos del sentido común de los estudiantes sobre los procesos de formalización en el movimiento natural.

El análisis de esta investigación consta de las etapas propuestas por Hernández (2014) en la cuales se permite hacer una descripción, conceptualización y análisis de los resultados que se obtienen a partir de las respuestas que dejan los profesores en formación. Estas etapas se representan textualmente del documento y se escriben a continuación:

Ilustración 1

Proceso de análisis cualitativo para generar categorías o temas



9.8.1 Recolectar Datos

Como esta descrito en la fase 2, se realiza el diseño de un instrumento que permita recoger los datos desde los profesores en formación y luego se aplican como esta descrito en “aplicación”.

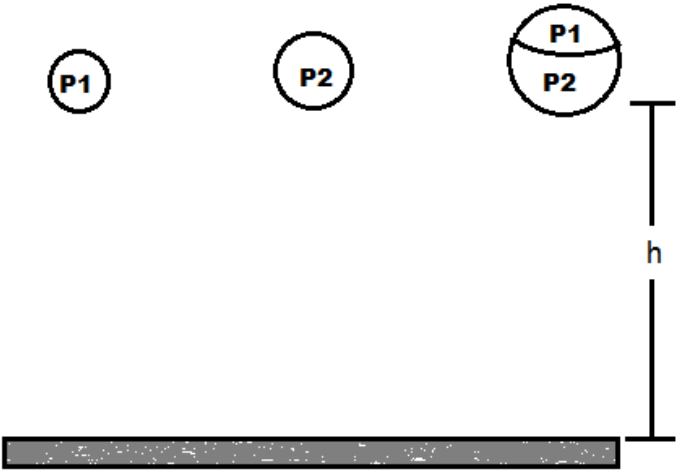
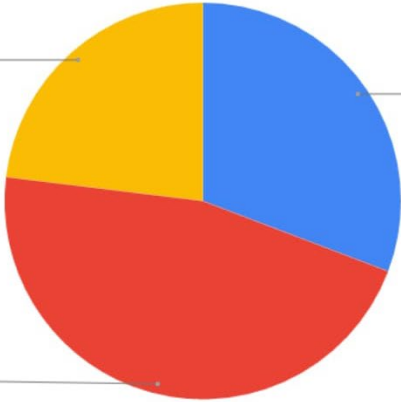
9.8.2 Revisar todos los datos

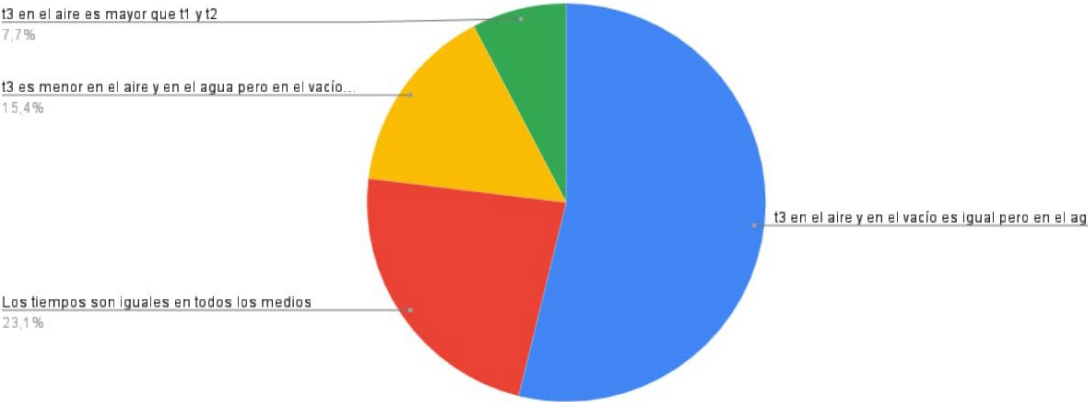
El procedimiento debido a la pandemia del Covid-19 se realizó de manera virtual apoyado de la plataforma Google Forms, en la cual los estudiantes responden al cuestionario por medio de la escritura online y los dibujos hechos a mano que luego se suben al formulario, permitiendo que se puedan obtener datos escritos y dibujados. Estos datos se descargan a una hoja de Excel en la cual se puede hacer una revisión general de todas las respuestas y de manera individual bien sea por estudiante y por pregunta. Esto permite que se haga una primera aproximación al análisis.

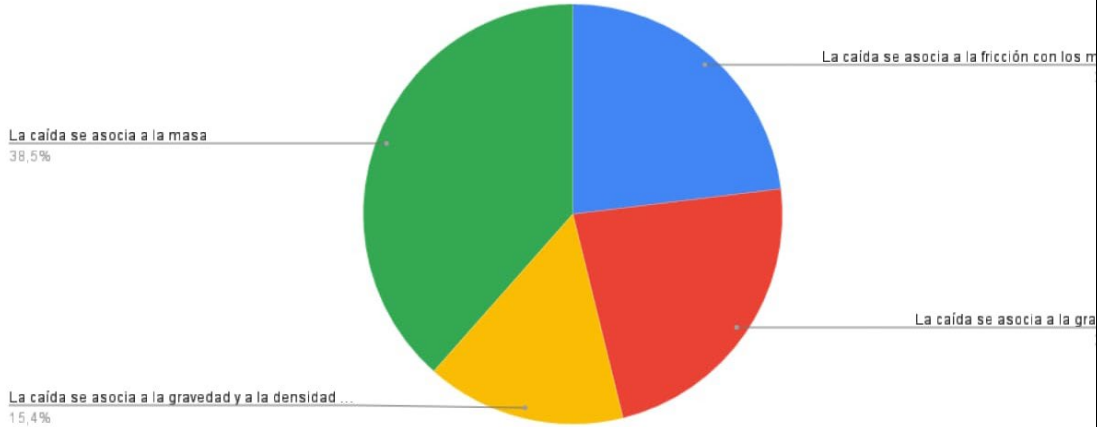
9.8.3 Descubrimiento de las unidades de análisis

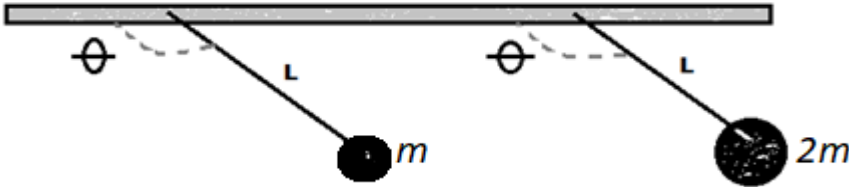
En este apartado se hace un análisis descriptivo general de primer nivel y luego se hacen las respectivas codificaciones de categorías para el análisis de los datos. Primero se presenta la pregunta para tener un contexto del ítem, luego se muestra la gráfica que agrupa con porcentajes la cantidad de respuestas. Finalmente se hace un análisis de cada una de las gráficas.

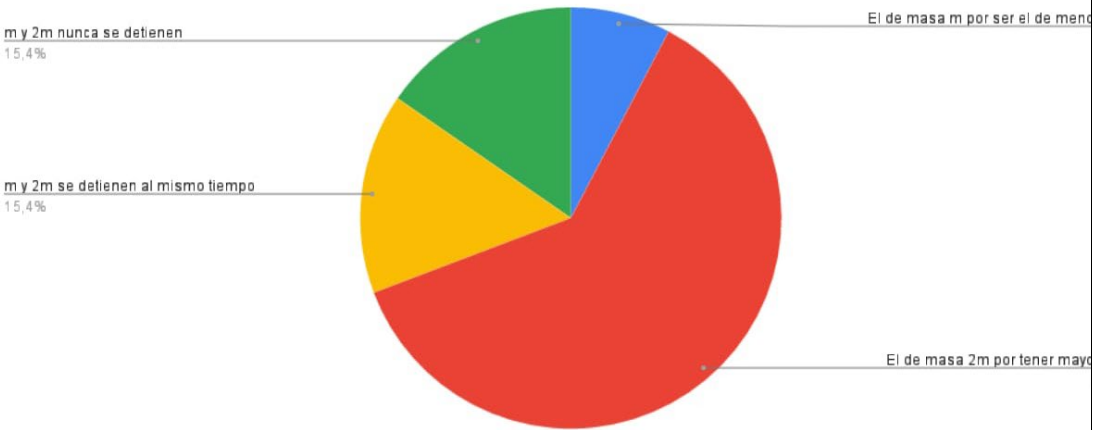
Núcleo temático: Caída libre

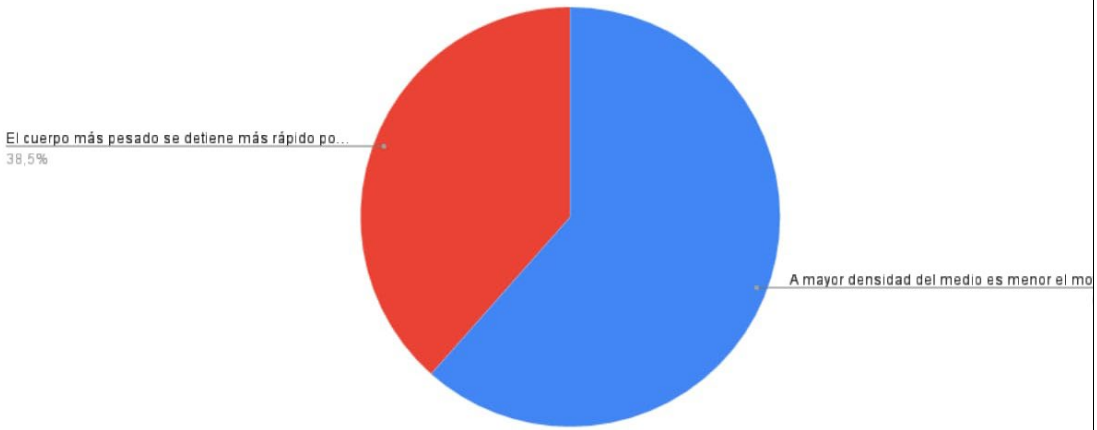
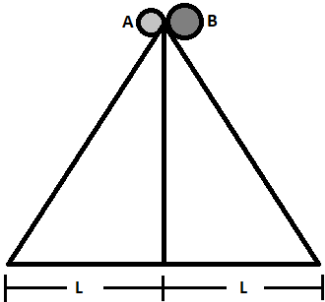
Pregunta	En la siguiente situación se presentan 3 objetos de diferente peso (P) e igual material, siendo $P_1 < P_2 < P_3$ y donde $P_3 = P_1 + P_2$  ¿Si $P_1 < P_2$ entonces se podría afirmar que el tiempo $t_1 > t_2$? Justifica								
Gráfica	Recuento de ¿Si $P_1 < P_2$ entonces se podría afirmar que el tiempo $t_1 > t_2$? Justifica.  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El tiempo de caída no depende del peso</td> <td>30,8%</td> </tr> <tr> <td>El tiempo de caída depende del peso</td> <td>46,2%</td> </tr> <tr> <td>La caída no depende del peso pero el menos pe...</td> <td>23,1%</td> </tr> </tbody> </table> Gráfica 1 <i>Repuestas a Pregunta 1</i>	Respuesta	Porcentaje	El tiempo de caída no depende del peso	30,8%	El tiempo de caída depende del peso	46,2%	La caída no depende del peso pero el menos pe...	23,1%
Respuesta	Porcentaje								
El tiempo de caída no depende del peso	30,8%								
El tiempo de caída depende del peso	46,2%								
La caída no depende del peso pero el menos pe...	23,1%								

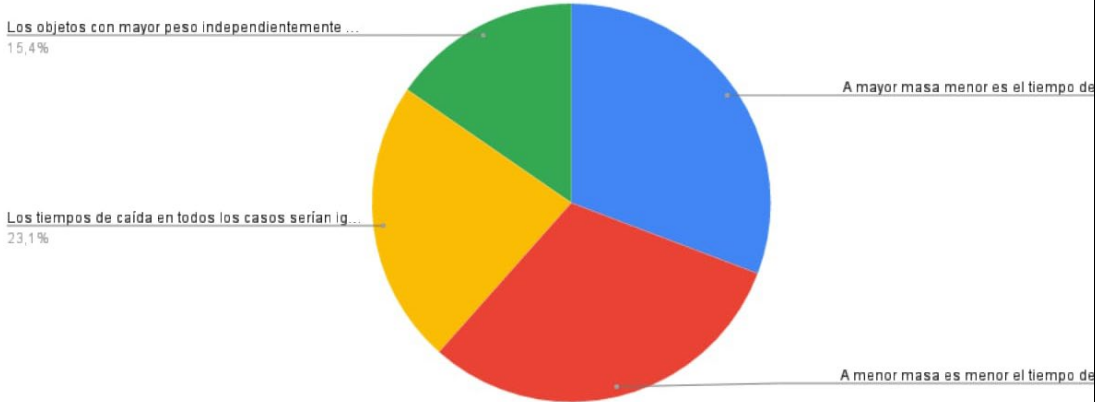
Análisis	En la gráfica se pueden observar 3 códigos que se analizan así: el 46,2% de los PFCN consideran que el tiempo de caída depende del peso, en comparación del 30.8% quienes piensan que el tiempo de caída no depende del peso, a diferencia del 23.1% considera que la caída no depende del peso, pero el menos pesado tarda más por causa de la fricción. Se puede notar que existe una marcada diferencia entre la no dependencia en la caída de un cuerpo por su peso y la dependencia en la caída en cuerpo por su peso, y que algunos están considerando la acción de otras fuerzas en la caída de los cuerpos.										
Núcleo temático: Caída libre											
Pregunta	Siendo $P_3 = P_1 + P_2$ ¿Qué se espera que suceda con relación al t_3 del P_3, si el experimento se realiza en a) el aire, b) en agua y c) en el vacío?										
Gráfica	Recuento de Siendo $P(3)=P_1+P_2$ ¿Qué se espera que suceda con relación al $t(3)$ del $P(3)$, si el experimento se realiza en a) el aire, b) en agua y c) en el vacío?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t_3 en el aire y en el vacío es igual pero en el agua...</td> <td>46,2%</td> </tr> <tr> <td>Los tiempos son iguales en todos los medios</td> <td>23,1%</td> </tr> <tr> <td>t_3 es menor en el aire y en el agua pero en el vacío...</td> <td>15,4%</td> </tr> <tr> <td>t_3 en el aire es mayor que t_1 y t_2</td> <td>7,7%</td> </tr> </tbody> </table> Gráfica 2 Repuestas a Pregunta 2	Respuesta	Porcentaje	t_3 en el aire y en el vacío es igual pero en el agua...	46,2%	Los tiempos son iguales en todos los medios	23,1%	t_3 es menor en el aire y en el agua pero en el vacío...	15,4%	t_3 en el aire es mayor que t_1 y t_2	7,7%
Respuesta	Porcentaje										
t_3 en el aire y en el vacío es igual pero en el agua...	46,2%										
Los tiempos son iguales en todos los medios	23,1%										
t_3 es menor en el aire y en el agua pero en el vacío...	15,4%										
t_3 en el aire es mayor que t_1 y t_2	7,7%										

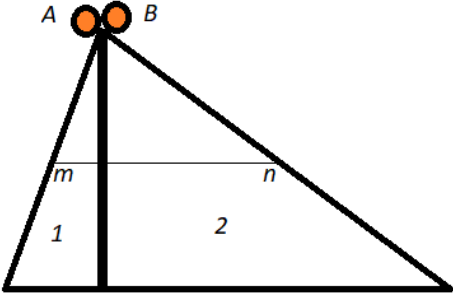
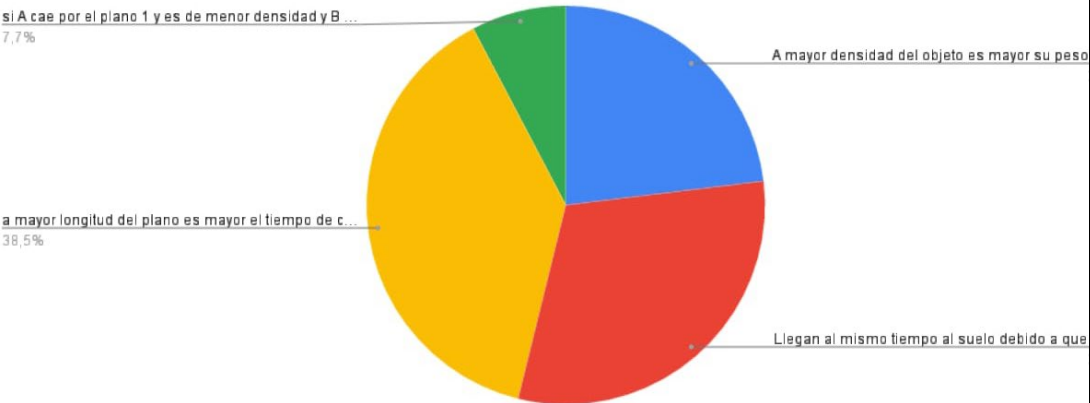
Análisis	De acuerdo con el gráfico, el 53.8% consideran que la caída en el aire y en el vacío es igual, pero en el agua el movimiento es más lento, dejando ver una asociación del medio a la velocidad del movimiento, pero están dejando de lado la fricción con el aire. El 23.1% están considerando que los tiempos de caída son iguales en los tres medios, ignorando las densidades de los medios agua y aire, y se puede ver que el 15.4% manifiestan que el t_3 es menor en el aire y en el agua, pero en el vacío es igual.
Núcleo temático: Caída libre	
Pregunta	¿Cómo explicas el movimiento de los objetos en los tres medios a) el aire, b) en agua y c) en el vacío?
Gráfica	Recuento de ¿Cómo explicas el movimiento de los objetos en los tres medios?  Gráfica 3 <i>Repuestas a Pregunta 3</i>

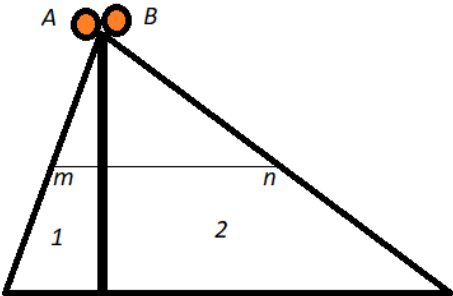
Análisis	Se logra ver que en las explicaciones existen asociaciones a masa en un 38.5%, a la gravedad y densidad en un 15.4%, a la fricción con los medios en un 23.1% y solo a la gravedad en un 23.1%.
Núcleo temático: movimiento pendular.	
Pregunta	Se tienen dos péndulos atados a una superficie, la longitud de la cuerda (L) es igual en ambos casos, cada péndulo soporta un cuerpo de diferentes unidades de masa, siendo una el doble de la otra. Estos se dejan en libertad desde una misma altura (no se tiene en cuenta la fricción con el aire).  ¿Cuál de los dos cuerpos logra detenerse primero? El cuerpo más pequeño. El cuerpo más grande. Explica tu respuesta.

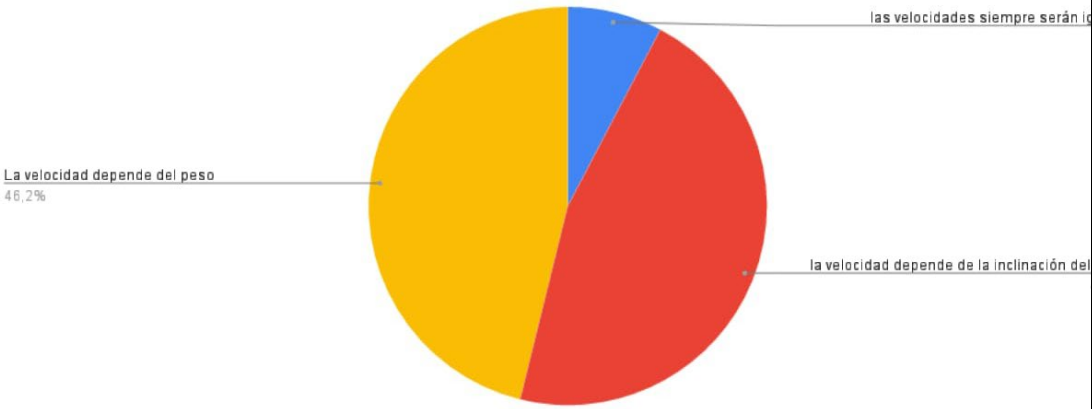
Gráfica	Recuento de ¿Cuál de los dos cuerpos logra detenerse primero?  Gráfica 4 <i>Repuestas a Pregunta 4</i>
Análisis	De la gráfica se puede observar que el 61.5% de los estudiantes considera que en un movimiento de péndulos al ser comparados como se expone en la pregunta, considera que el objeto de mayor peso se detiene primero, esto frente a un 7.7% que considera que el de menor masa se detiene primero, ambos asocian la detención del cuerpo a su peso, aunque por razones distintas. Se puede ver una diferencia con lo anterior, ya que el 15.4% están considerando que los cuerpos se detienen al mismo tiempo. Por último, el 15.4% restante están manifestando que los cuerpos nunca se detienen.
Núcleo temático: movimiento pendular.	
Pregunta	¿Cómo explicarías el movimiento de los péndulos si el experimento se realiza en el agua, el aire y en el vacío?

Gráfica	Recuento de ¿Cómo explicarías el movimiento de los péndulos si el experimento se realiza en a) el agua, b) el aire y c) en el vacío?  El cuerpo más pesado se detiene más rápido por causa de su masa... 38,5% A mayor densidad del medio es menor el movimiento. Gráfica 5 Repuestas a Pregunta 5
Análisis	Las explicaciones arrojadas por los estudiantes frente a esta pregunta se mostraron desde dos perspectivas; en la primera 38.5% está considerando que el cuerpo más pesado se detiene más rápido por causa de su masa y el 61.5% manifiesta que, a mayor densidad del medio, es menor el movimiento.
Núcleo temático: planos inclinados	
Pregunta	En el siguiente gráfico se presentan dos planos con la misma inclinación y altura, por lo que se deslizarán dos esferas A y B (se considera despreciable la fricción del plano).  ¿Qué pasaría con relación a los tiempos de caída si

	A y B son del mismo material y diferente peso, A y B del mismo material e igual peso y A y B de diferente material y peso.
Gráfica	Recuento de ¿Qué pasaría con relación a los tiempos de caída si a) A y B son del mismo material y diferente peso, b) A y B del mismo material e igual peso y c) A y B de diferente material y peso?  Los objetos con mayor peso independientemente de su material llegan primero al suelo por causa del vencimiento de la fricción. 15,4% Los tiempos de caída en todos los casos serían iguales. 23,1% A mayor masa menor es el tiempo de caída. 30,8% A menor masa es menor el tiempo de caída. 30,8% Gráfica 6 <i>Repuestas a Pregunta 6</i>
Análisis	Se puede notar en el grafico que el 30.8% de los PFCN consideran que, a mayor masa, menor tiempo de caída y el 30.8% están considerando que a menor masa menor es el tiempo de caída, posiblemente este pensamiento sea porque este resultando difícil liberar la fricción del ejercicio. Un 23.1% está considerando que los tiempos de caída en todos los casos son iguales, y finalmente, el 15% considera que los objetos con mayor peso independientemente de su material llegan primero al suelo por causa del vencimiento de la fricción.
Núcleo temático: planos inclinados	

Pregunta	En el siguiente grafico se presentan dos planos 1 y 2 con inclinaciones diferentes y la misma altura. Desde la cual, se dejan libres dos esferas de igual masa y material (se considera despreciable la fricción del plano).  ¿Qué pasaría con relación a los tiempos de caída por los planos 1 y 2 si A y B son del mismo material y diferente peso, A y B del mismo material e igual peso y A y B de diferente material y peso.
Gráfica	Recuento de ¿Qué pasaría con relación a los tiempos de caída por los planos 1 y 2 si las esferas a) A y B son del mismo material e igual peso, b) A y B del mismo material e igual peso y c) A y B de diferente material y peso.  si A cae por el plano 1 y es de menor densidad y B ... 7,7 % a mayor longitud del plano es mayor el tiempo de c... 38,5 % Llegan al mismo tiempo al suelo debido a que... A mayor densidad del objeto es mayor su peso... Gráfica 7 Repuestas a Pregunta 7

Análisis	El 38.5% de los PFCN está considerando que a mayor longitud del plano es mayor el tiempo de caída, el 30.8% está considerando que los objetos llegan al mismo tiempo al suelo debido a que tienen la misma forma. Según el 7.7% dice que si A cae por el plano 1 y es de menor densidad y B cae por el plano 2 y es de mayor densidad llegarán al mismo tiempo. Finalmente, el 23.1% considera que a mayor densidad del objeto es mayor su peso y más rápido llega al suelo y entre más corto menos tarda un objeto en llegar al suelo.
Núcleo temático: planos inclinados	
Pregunta	Cuando las esferas del mismo material y peso pasan por los puntos m y n señalados por la línea paralela a la horizontal ¿Existe alguna diferencia en la velocidad? (se considera despreciable la fricción del plano). Explique.  The diagram shows a right-angled triangle representing an inclined plane. A vertical line from the top vertex to the base divides the triangle into two smaller right-angled triangles, labeled 1 and 2. Triangle 1 is on the left, and triangle 2 is on the right. A horizontal line segment connects a point on the hypotenuse of triangle 1 to a point on the hypotenuse of triangle 2. These points are labeled m and n respectively. At the top vertex of the large triangle, two orange spheres are shown, labeled A and B. Sphere A is positioned slightly to the left of the vertical line, and sphere B is positioned slightly to the right. Both spheres are at the same height from the base.

Gráfica	Recuento de Cuando las esferas del mismo material y peso pasan por los puntos m y n señalados por la línea paralela a la horizontal ¿Existe alguna diferencia en la velocidad? Explique.  Gráfica 8 <i>Repuestas a Pregunta 8</i>
Análisis	El 46.2% está considerando que la velocidad depende del peso, esto, comparado con el otro 46.2% que considera que la velocidad depende la inclinación del plano, deja ver dos posturas diferentes frente a este ejercicio, solo el 7.7% está considerando que las velocidades siempre serán iguales.

9.9 Codificación abierta de las unidades de análisis: primer nivel:

En el siguiente cuadro se escriben las unidades de análisis que se encontraron a partir de la revisión de las respuestas de los profesores en formación de ciencias naturales (PFCN), en total se encontraron 27 códigos, encontrados a partir de las respuestas de los estudiantes. Los códigos se agrupan en dos grandes núcleos temáticos que son caída de los cuerpos sin obstáculos y caída de los cuerpos con obstáculos.

Tabla 2

Codificación abierta de las unidades de análisis: primer nivel

Códigos

P P P P P P P P P

Caída sin obstáculos

Caída libre

Los tiempos de caída en cualquier caso son iguales.

A mayor masa menor es el tiempo de caída.

A menor masa menor es el tiempo de caída.

Los objetos con mayor peso independientemente de su material llegan primero al suelo por causa del vencimiento de la fricción

El tiempo de caída no depende del peso.

El tiempo de caída depende del peso.

El tiempo de caída no depende del peso, pero el menos pesado tarda más por causa de la fricción.

Los tiempos de caída son iguales en cualquier medio.

A menor densidad del medio, menor es el tiempo de caída.

No hay movimiento en el vacío.

La caída se asocia a la gravedad y a la densidad del medio.

La caída se asocia a la masa del cuerpo.

La caída se asocia a la gravedad.

Caída con obstáculos		La caída se asocia a la fricción con los medios.
	Movimiento pendular	Al comparar dos cuerpos oscilando en iguales condiciones, se detiene primero el de mayor masa.
		Al comparar dos cuerpos oscilando en iguales condiciones, se detiene primero el de menor masa.
		Al comparar dos cuerpos oscilando en iguales condiciones, nunca se detienen, siendo uno de mayor masa que el otro.
		Al comparar dos cuerpos oscilando en iguales condiciones, se detienen al mismo tiempo siendo uno de mayor masa que el otro.
		Al comparar dos cuerpos oscilando en diferentes medios, es más lento el movimiento si el medio es más denso.
		Al comparar dos cuerpos oscilando en diferentes medios, es más lento el movimiento del que tiene menor masa.
	Movimiento por planos inclinados	En planos inclinados, a mayor peso del objeto que se desliza por él mayor menor es el tiempo de caída.
		En planos inclinados iguales, los objetos de diferente masa que se deslizan por él siempre llegan al suelo al mismo tiempo.
		En planos inclinados iguales, los objetos que se deslizan por él llegarían a distintos tiempos dependiendo de su masa.
		A mayor longitud de un plano inclinado, el tiempo de deslizamiento es mayor.

	La velocidad de un objeto que se desliza por un plano inclinado depende de la inclinación. Al comparar los tiempos de caída de objetos de diferente masa que se deslizan por planos de diferente inclinación e igual altura siempre serán iguales. Al comparar los tiempos de caída de objetos de diferente masa que se deslizan por planos de diferente inclinación e igual altura serían diferentes.
--	---

9.10 Codificación axial de las categorías: segundo nivel

En la siguiente tabla es posible identificar los códigos definitivos en el segundo nivel de análisis por medio de la codificación axial, mediante este proceso se analizan, comparan depuran, asocian y renombran los códigos anteriores. Cabe resaltar que algunos códigos anteriores se habían construido para hacer énfasis en el aspecto conceptual del movimiento natural galileano. Además de ello, como se dijo en la sección de construcción del instrumento, las preguntas fueron diseñadas a partir de la propuesta de Ayala M. (2010) en la cual se hace referencia a los procesos de formalización de carácter pragmático y la aplicación de estructuras formales, asimismo, se obtienen unas subcategorías que son: identifica, compara, explica, construcción de magnitudes, relaciones entre variables, proporciones y generalizaciones.

Los números que aparecen son resultado de la calificación desde las rubricas. Estas valoraciones tienen un máximo de 4 y mínimo de 1 los cuales corresponden al descriptor de la rúbrica en el proceso en que el participante respondió a cada pregunta. Los totales verticales se refieren al puntaje de cada PFCN, el cual arroja un proceso de formalización en el que se

encuentra. Los totales de cada horizontal se refieren a la valoración de cada código, subcategoría y categoría.

Las cuantificaciones a partir de las cualificaciones extraídas de las rubricas, aunque permiten conocer el proceso de formalización totalizado, es necesario, que se remita a la calificación de cada código para conocer el proceso de formalización de acuerdo con el contenido de los códigos en que se encuentra el PFCN.

Tabla 3

Las cuantificaciones a partir de las cualificaciones extraídas de las rubricas

Calificación máxima	Total
Categoría	36
Subcategoría	12
Código	4
Estudiante	72

Tabla basada en Los niveles de comprensión de la Taxonomía solo (estructura de los Resultados de Aprendizaje Esperado, adaptación de Biggs (2006).

Tabla 4

Estructura de los Resultados de Aprendizaje Esperado

Preestructura	Uniestructura	Multiestructura	Relaciona
1	1	1	1

1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Las respuestas son aristotélicas	El manejo de los problemas es superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones.	Los estudiantes manejan una serie de conceptos galileanos, pero tienen aún dificultad para relacionarlos.	Relaciona n la parte con el todo abordando el problema en su conjunto.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5

Cuantificación de los resultados de los PFCN por cada pregunta

goría	Cate	Subc	Código	PFC	PFC	PFC	PFC	PFC	PFC	PFC	PFC	total
Formalización de carácter pragmático	Identificación		Caída libre (FCP-I-CL)									0
			Movimiento pendular (FCP-I-MP)									8
			Planos inclinados (FCP-I-PI)									0
		Comparación	Caída libre (FCP-C-CL)									5
			Movimiento pendular (FCP-C-MP)									9
			Planos inclinados (FCP-C-PL)									8
	Explicación		Caída libre (FCP-E-CL)									1
			Movimiento pendular (FCP-E-MP)									9
			Planos inclinados (FCP-E-PI)									1
		Construye magnitudes	Caída libre (AEF-CM-CL)									0
			Movimiento pendular (AEF-CM-MP)									4
			Planos inclinados (AEF-CM-PI)									4
Aplicación de estructuras formales	Relación entre variables	Caída libre (AEF-RV-CL)									9	
		Movimiento pendular (AEF-RV-MP)									4	
		Planos inclinados (AEF-RV-PI)									5	
	Generaliza	Caída libre (AEF-G-CL)									4	
		Movimiento pendular (AEF-G-MP)									4	
		Planos inclinados (AEF-G-PI)									3	
T												
Totales				7	5	0	3	5	6	7	7	4

Fuente: Elaboración Propia

9.11 Descripción de las categorías

Continuando con el análisis de segundo orden o categorización de los datos integrando los códigos, con la finalidad de darle solución al problema de investigación, se procede a describir las categorías formalización de carácter pragmático (FCP) y la aplicación de estructuras formales (AEF) y las subcategorías con relación a los códigos.

9.11.1 Categoría: Formalización de Carácter Pragmático

Cuando se habla de formalización de carácter pragmático, se dice que esta nace en la organización de las experiencias y parte del pensamiento individual y la interacción social comunicándose a través del lenguaje, siendo este el organizador de la connotación de la experiencia. En esta categoría se tiene en cuenta lo que el estudiante piensa desde su propio sentido común usando lo que dispone sin necesidad de que reconozca estructuras formales para dar respuesta a las preguntas 1 al 9 del cuestionario. En esta categoría se tuvieron en cuenta las competencias de identificar, comparar y explicar.

9.11.2 Categoría: Aplicación de Estructuras Formales.

Aquí se reconoce una estructura formal y se construye la posibilidad de formalizar el fenómeno en términos de dicha estructura:

“Ella corresponde a procesos cognitivos en los que se reconoce que formalizar no se limita a sobreponer una estructura formal o una estructura matemática a un fenómeno para analizarlo y comprenderlo, sino que se requiere ante todo construir la posibilidad misma de formalizarlo y matematizarlo, es decir, de construir las magnitudes, relaciones, etc. con la que damos cuenta del fenómeno” (Ayala et ál., 2008, p.23).

En el cuestionario se encuentran diseñadas las preguntas 10 a la 19 para indagar sobre esta categoría en la cual se tuvieron en cuenta las competencias de construcción de magnitudes, relaciones entre variables y generalizaciones.

9.12 Razonamientos de los profesores en formación de las ciencias naturales (PFCN)

Se describe el análisis de los razonamientos de los PFCN a partir de las categorías y subcategorías presentadas en los apartados anteriores, los cuales fueron recogidos desde el cuestionario semiestructurado.

PFCN 1: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-I-MP, AEF-CM-PI y AEF-RV-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-C-MP, AEF-CM-MP, AEF-RV-MP y AEF-G-MP. En los códigos FCP-I-PI, FCP-C-CL, FCP-C-PL, FCP-E-MP, FCP-E-PI, AEF-RV-CL, AEF-G-CL y AEF-G-PI maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos. Finalmente, relaciona la parte con el todo abordando el problema en su conjunto en los códigos FCP-E-CL y AEF-CM-CL.

PFCN 2: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-C-PL, FCP-E-MP, FCP-E-PI, AEF-CM-PI, AEF-RV-MP, AEF-RV-PI, AEF-G-MP y AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-I-MP, FCP-I-PI, FCP-C-MP, AEF-CM-MP, AEF-RV-CL y AEF-G-CL. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código AEF-CM-CL. Finalmente, relaciona la parte con el todo abordando el problema en su conjunto en los códigos FCP-I-CL, FCP-C-CL y FCP-E-CL.

PFCN 3: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-I-PI, FCP-C-MP, FCP-C-PL, FCP-E-CL, FCP-E-MP, AEF-CM-CL, AEF-CM-MP, AEF-RV-MP, AEF-G-CL, AEF-G-PI.

Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-I-MP, AEF-CM-PI, AEF-RV-PI, AEF-G-MP.

Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-CL, FCP-C-CL, FCP-E-PI, AEF-RV-CL.

PFCN 4: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-C-CL, FCP-E-CL, FCP-E-MP, AEF-CM-CL, AEF-CM-PI, AEF-RV-PI, AEF-G-CL, AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-I-MP, FCP-I-PI, FCP-E-PI, AEF-RV-MP, AEF-G-MP. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en los códigos FCP-I-CL, FCP-C-MP, FCP-C-PL, AEF-CM-MP y AEF-RV-CL

PFCN 5: presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-I-PI, AEF-CM-MP, AEF-G-CL y AEF-G-MP. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos AEF-CM-PI, AEF-RV-CL, AEF-RV-MP. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-MP, FCP-C-MP, FCP-C-PL, FCP-E-CL, FCP-E-MP, FCP-E-PI, AEF-CM-CL, AEF-RV-PI, AEF-G-PI. Finalmente, relaciona la parte con el todo abordando el problema en su conjunto en los códigos FCP-I-CL y FCP-C-CL.

PFCN 6: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-E-PI, AEF-CM-CL, AEF-CM-MP, AEF-RV-PI, AEF-G-CL y AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-I-MP, FCP-C-MP, FCP-C-PL, FCP-E-CL, AEF-CM-PI y AEF-RV-CL. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-PI, FCP-

C-CL, FCP-E-MP, AEF-RV-MP, AEF-G-MP. Finalmente, relaciona la parte con el todo abordando el problema en su conjunto en los códigos FCP-I-CL.

PFCN 7: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-I-PI, FCP-C-CL, FCP-C-MP, FCP-C-PL, AEF-CM-MP, AEF-CM-PI, AEF-RV-CL, AEF-RV-MP, AEF-RV-PI, AEF-G-CL, AEF-G-MP, AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-E-CL, FCP-E-MP, FCP-E-PI. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-CL, FCP-I-MP, AEF-CM-CL.

PFCN 8: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-I-MP, AEF-CM-CL, AEF-CM-MP, AEF-RV-MP, AEF-G-MP, AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-C-MP, FCP-E-MP, FCP-E-PI, AEF-RV-CL, AEF-G-CL. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-CL, FCP-I-PI, FCP-C-CL, FCP-C-PL, FCP-E-CL, AEF-CM-PI, AEF-RV-PI.

PFCN 9: Presenta respuestas aristotélicas en los códigos FCP-C-PL, FCP-E-CL, AEF-CM-PI, AEF-RV-CL, AEF-RV-MP, AEF-G-MP, AEF-G-PI. Deja notar un manejo de los problemas superficial y se queda sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones en los códigos FCP-C-MP, FCP-E-MP, FCP-E-PI, AEF-RV-CL, AEF-G-CL. Maneja una serie de conceptos galileanos, pero tiene aún dificultad para relacionarlos en el código FCP-I-CL, FCP-I-PI, FCP-C-MP, FCP-E-MP y AEF-CM-CL.

Como puede notarse, el análisis del razonamiento del sentido común de cada uno de los PFCN justifica que se realice la propuesta debido a que un gran porcentaje de los que contestaron el cuestionario, aun después de pasar por cursos de física en el bachillerato y en la universidad,

siguen presentando ideas aristotélicas del movimiento natural, muestran un manejo de los problemas superficial y se quedan sólo con el manejo de terminología sin establecer relaciones y manejan una serie de conceptos galileanos, pero tienen dificultades para relacionarlos.

Surge entonces la necesidad de plantear una propuesta que permita que los estudiantes como primera medida reconozcan una estructura formal y construyan la posibilidad de formalizar el fenómeno en términos de dicha estructura, esto se refiere a que los PFCN logren identificar, comparar, explicar, observar, entre otros. De manera que ellos puedan dialogar con el fenómeno como primer momento de formalización.

Como segunda medida, que los estudiantes continúen en ese proceso de formalización para lograr que los PFC, den cuenta del movimiento natural construyendo magnitudes, relacionando cuantitativa y cualitativamente y, posteriormente, generalizando.

Conocidos estos resultados se procede a plantear la propuesta.

10 FASE 4: PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA.

Teniendo en cuenta la información de las fases anteriores, se procede a establecer los elementos necesarios que permitan el diseño de una propuesta de enseñanza del movimiento natural, a partir de las formalizaciones del sentido común de los PFCN, para avanzar hacia procesos de formalización más complejos. Para esto es pertinente recordar los aspectos fundamentales de la investigación: I. La realización de un análisis histórico-crítico del movimiento natural desde los aspectos de la formalización. II. La identificación de los procesos de formalización a partir de los razonamientos en los estudiantes de licenciatura en ciencias naturales. III. El planteamiento de elementos que aporten a la formación de futuros profesores de ciencias naturales en los procesos de formalización del movimiento natural.

Estos elementos están orientados para la enseñanza de la física, en específico, el movimiento natural galileano, pues es de aclararse también que la propuesta va dirigida a los cursos de aprendizaje de la física en los cuales se encuentran los PFCN, y está sujeta a socialización, análisis e intervención, de manera que se pueda amoldar a las necesidades que se

requieran. Además, se avisa que es una alternativa a las formas de enseñanza y que lo que aquí prevalece no es la memorización de los conceptos, sino una forma de acercamiento al conocimiento de la física, desde la intervención y el análisis crítico para ser representada y formalizada.

Tal como se expone en el marco teórico, esta propuesta está basada en los planteamientos de los procesos de formalización (Ayala y Malagón 2007) y el sentido común (Viennot, 2002; Prado, 2007), en los cuales la interacción con el fenómeno por parte de los sujetos está representada de manera que deja en evidencia el sentido común, y de lo que se trata al final es que este último se enriquezca para que finalmente se pueda generalizar el conocimiento dando cuenta del fenómeno de una manera más avanzada.

Por otra parte, se reconocen los elementos que se deben tener en cuenta desde la teoría de los contenidos:

“Los «contenidos» deberían verse como una historia con diferentes episodios y hechos, en la cual fenómenos del mundo que parecen desconectados toman sentido al relacionarse entre sí mediante entidades científicas de las que se tienen evidencias experimentales que se pueden razonar. Es una historia inacabada, que continúa desarrollándose en diferentes contextos y en la que se puede participar de maneras diferentes a lo largo de toda la vida”. Estos son:

- *Los objetivos o finalidades educativas, que proporcionan el énfasis que caracteriza a la propuesta.*
- *Los núcleos temáticos, organizados alrededor de los modelos teóricos apropiados, con sus vías de acceso y sus conocimientos estructurantes.*
- *Los procesos de justificación, con sus estrategias de progresión y sus episodios y hechos paradigmáticos.*

- *Los criterios para conectar con otros conocimientos, reconocer los conocimientos nuevos que pueden conectarse y los que han de dejarse para otro momento.*

Izquierdo (2005)

El estudio histórico crítico del movimiento natural galileano a partir de los procesos de formalización y los elementos de la teoría de contenidos van adquiriendo sentido en la medida en que se reconocen los hallazgos a partir del análisis de las respuestas obtenidas a través cuestionario en donde se encontró el sentido común de los PFCN sobre el movimiento natural, lo cual, permite que se pueda realizar una propuesta coherente con el objetivo general de la investigación.

A continuación, se describe lo encontrado en el análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización movimiento natural galileano, lo cual permite justificar la propuesta:

- El análisis histórico-crítico de la fenomenología del movimiento natural desde distintas situaciones como caída libre, los péndulos y planos inclinados con diferentes variaciones.
- Los hallazgos de atribuciones al movimiento mediante la experiencia, así como, reconocimiento de magnitudes y cambios de variable para cada una de las situaciones como eje articulador para la enseñanza del movimiento.
- La matematización, geometrización o formalización a través de segmentos y relaciones proporcionales para dar cuenta del fenómeno del movimiento natural de manera generalizada.

También es pertinente mostrar lo derivado del análisis del cuestionario que resolvieron los PFCN y que también ayuda a dar forma a la propuesta:

- Explicaciones sobre el movimiento natural desde contextos diferentes como el péndulo, caída libre y planos inclinados, los cuales permiten visibilizar su sentido común.
- La forma como se procede al momento de formalizar el movimiento natural cuando se le presenta una situación problema.

Todo lo anterior, ayuda a dilucidar la física que se ha de enseñar a los PFCN, lo cual contribuye al desarrollo de esta propuesta. Se debe trabajar sobre los análisis del fenómeno del movimiento natural desde distintas situaciones como caída libre, los péndulos y planos inclinados con diferentes variaciones, desde las atribuciones al movimiento mediante la intervención, así como, cambios de variable para cada una de las situaciones y por supuesto la formalización a través de segmentos y relaciones proporcionales para dar cuenta del fenómeno del movimiento natural de manera generalizada.

10.1 Finalidades educativas

Se pretende que los estudiantes fortalezcan las competencias de cuerpos en movimiento natural, tales como Formalización de carácter pragmático, el cual implica la identificación, comparación explicación y descripción. También se tiene en cuenta la aplicación de estructuras formales en la cual se construyen magnitudes, se relacionan variables y se generaliza. Teniendo en cuenta que siempre se debe partir del análisis de la fenomenología del movimiento natural.

Asimismo, se pretende que los estudiantes reconozcan que existen factores naturales que hacen que los cuerpos puedan ponerse en movimiento y que logren plantear preguntas y procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para darles respuesta.

El desarrollo del conocimiento del movimiento natural abordado fenomenológicamente sobrelleva importantes preguntas como: ¿Respecto a quién o a qué se mueve un cuerpo? ¿Cómo cambia su posición? ¿Cuáles son sus propiedades intrínsecas? ¿Cuáles son sus características intrínsecas? ¿Cómo se comporta el movimiento de un objeto al cambiar la inclinación de la superficie por la que rueda? ¿Cómo al variar la masa de los cuerpos que ruedan por un plano inclinado afectaría su movimiento, ¿Cómo sería su comportamiento al dejarlos caer libremente? ¿Cuál es el comportamiento de péndulos en movimiento cuando se varían las masas de los objetos o cambian de medio?

Además de lo anterior, se pretende que los PFCN reconozcan que existen factores naturales que hacen que los cuerpos puedan ponerse en movimiento y que logren plantear preguntas y procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para darles respuesta y esto es importante porque a través de ellos se gestiona el aprendizaje no solo del movimiento, sino que también se fortalecen la observación, análisis, discusión, toma de datos, escritura, categorización y argumentación.

La enseñanza-aprendizaje de la física merece en la actualidad que los estudiantes comprendan no sólo las fórmulas y definiciones, sino que también las cualidades que se pueden rescatar al observar e interactuar con un fenómeno físico, que finalmente puede llegar a expresarlo en el lenguaje matemático. Los objetivos y el uso de literatura poco significativa para dirigir un proceso de enseñanza-aprendizaje competente, impide alcanzar los pilares de la educación en ciencias, sometiéndose a la paradójica reproducción matemática en "Modelos matemáticos" Pozo (1998).

10.2 Los núcleos temáticos

Los PFCN no solo aprenden sobre movimiento natural, sino que también tendrán la capacidad de argumentar y escribir acerca de sus observaciones teniendo la posibilidad de hacer ajustes y lograr formalizar en el lenguaje geométrico-matemático sus apreciaciones. Por ejemplo; En una experimentación con planos inclinados el estudiante tiene la posibilidad de regular la inclinación del plano y cambiar la masa del cuerpo, de esta manera es posible que logre aprender a controlar variables y proponer diferentes caminos para darle explicación desde diferentes situaciones diferentes sistemas.

Existen ideas alrededor del movimiento natural que son relevantes al momento de su enseñanza, pero no se enseñan, ni se ayudan a construir en las aulas de clase escolar y universitaria, ellas se van haciendo visibles a medida que se va trabajando en su construcción a partir de esta propuesta, se agrupan así:

- Un movimiento uniforme es aquel que sus espacios recorridos por un objeto, en tiempos iguales son entre si iguales.
- El movimiento acelerado es aquel que, partiendo del reposo, va adquiriendo incrementos iguales de velocidad.
- Un cuerpo que con movimiento uniformemente acelerado desciende del reposo, los espacios recorridos por él en tiempos cualesquiera están entre sí como la razón al cuadrado de los mismos tiempos.
- Los grados de velocidad de un móvil que desciende con movimiento natural desde una misma altura por planos como se quiera inclinados, al llegar a la horizontal son siempre iguales, si han sido suprimidos los obstáculos.

10.3 Procesos de justificación

10.3.1 Dificultades o limitaciones relacionadas con la enseñanza del movimiento natural.

Como se expuso en el planteamiento del problema, la enseñanza que da prioridad a los hechos y datos no contribuye a la construcción de relaciones entre las variables. En el aula de clase, cuando el conocimiento impartido y descontextualizado se asocian al proceso de aprendizaje, se genera en el estudiante cierta apatía especialmente en la resolución de situaciones problema. En consecuencia, se evita que los estudiantes se piensen los fenómenos de la física para luego darles una explicación.

De acuerdo con Elizondo (2013) las dificultades que manifiestan los alumnos para comprender los enunciados de problemas de Física se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Dificultades para identificar los datos relevantes del problema
- Dificultades para comprender los significados de los datos
- Dificultades para contextualizar los conceptos de la Física
- Dificultades para transcribir al lenguaje matemático los datos del problema
- Dificultades por deficiencias en sus habilidades matemáticas
- Dificultades para transcribir al lenguaje de la Física los datos de la solución del problema

En la mayoría de nuestras clases tendemos a enseñar la manipulación matemática de algunas ecuaciones, que los estudiantes utilizan para resolver ejercicios de libros de texto, pero que no interiorizan ni transfieren a situaciones de la vida diaria. Es así, como se deja de lado los cuestionamientos por el fenómeno como, por ejemplo, al experimentar la caída de los cuerpos por planos con diferentes inclinaciones, pero con la misma altura.

“Frecuentemente se ignora que los estudiantes poseen experiencias previas del mundo real y que estas experiencias las tienen organizadas de una forma particular que les permite explicar, a su modo, los hechos reales, por lo que se conduce el proceso docente-educativo asumiendo que todos los estudiantes tienen un mismo nivel y que todos han asimilado los conceptos del nivel precedente correctamente”. (Elizondo 2013).

10.4 Procedimientos de enseñanza y sus razones

Por naturaleza, sentimos la necesidad de aprender o de conocer lo que ocurre a nuestro alrededor, entender y comprender la forma en la que se comportan los objetos y conocer por qué ocurren determinados fenómenos naturales. Estas cuestiones nos obligan a formular hipótesis o dar explicaciones desde nuestra propia experiencia, lo que ha permitido que intentemos explicarlo con un lenguaje común, el cual, a través de generaciones hemos intentado difundir y establecer dentro de nuestra propia cultura.

Este lenguaje se caracteriza por el uso de determinadas palabras, conceptos y definiciones que permiten establecer consensos para la interpretación, análisis, comprensión y predicción de sucesos de su entorno físico, así como también su mundo visible, cotidiano y próximos a su realidad. Además, ese lenguaje es el usado por los estudiantes en la escuela cuando se les pregunta por el comportamiento de algún fenómeno, de ahí, se considera que el maestro es el encargado de direccionar dicho lenguaje en la construcción del conocimiento en física.

Una de las funciones de la escuela es estimular esa necesidad de aprender de cada individuo y de cuestionarse el por qué de las cosas. Seguidamente, este interés no debe quedarse inmerso en cada persona, por tanto, la escuela debe intentar promover la socialización y el uso del lenguaje para establecer comunicación entre los estudiantes. Ahora bien, según Arteaga et al (2016) “En general toda la población necesita de una cultura científica y tecnológica para

aproximarse y comprender la complejidad y globalidad de la realidad contemporánea, para adquirir habilidades que le permitan desenvolverse en la vida cotidiana y para relacionarse con su entorno, con el mundo del trabajo, de la producción y del estudio”.

En general nuestro pensamiento del mundo está ligado a una forma de representarlo, así, “Nadie tiene acceso directo al mundo real. La resonancia entre las maneras de ver y las maneras de ser está siempre conducida, marcada, estabilizada y correlacionada a otras resonancias por la mediación de alguna representación. Justamente esta representación, es tan esquemática como puede ser, lo que es compartido en la comunicación y almacenado en la cultura” Arcá, M., Guidoni, P. y Mazoli, P., (1990, 31).

Las herramientas y estrategias didácticas escogidas son utilizadas para establecer un proceso de enseñanza que genere en los estudiantes un efectivo proceso de aprendizaje, así pues, la finalidad es que el PFCN logre formalizar teniendo en cuenta los razonamientos de su sentido común. Según Ayala (2007) “la formalización puede ser considerada como un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo en la medida en que el lenguaje común es en sí mismo un proceso de formalización”.

Para lograr lo anterior, es preciso establecer que el desarrollo de competencias científicas y los procesos de formalización asociados a la comprensión de los fenómenos naturales por parte de los PFCN implica contar con una buena relación conceptual, matemática, cualitativa y cuantitativa de aquello que se dice comprender, tal como lo expone Escobedo (2001), citado por Ibáñez Salgado (2011). Además, es necesario proponer unas reglas de juego generales para el desarrollo de la clase, que pueden ser:

10.4.1 Establecer un lenguaje común.

Reconocer cuales son las ideas del estudiante acerca del movimiento natural (cuerpos en descenso, como caída libre y aquellos que ruedan por planos inclinados).

A partir de sus ideas y del sentido común empezar a realizar preguntas sobre diferentes observaciones que ellos realizan sobre movimientos naturales.

Comparar las ideas de los estudiantes con las que se elaboraron después de las observaciones.

Construcción o complementación de las nuevas ideas.

Según Vienot (2002), existen dos tipos de razonamientos sobre las variables a partir del sentido común, en donde las “constantes” constituyen aparentemente una noción sin misterio.

Estas son:

El numérico: que se refiere simplemente al razonamiento algebraico y sugiere que la “constante” quede reducida a un dato numérico como, por ejemplo: la gravedad, la velocidad de la luz en el vacío, la constante de Planck, etc.

El funcional: se trata de un adjetivo que ha perdido el nombre al que califica: *Función* constante de tales o cuales variables. En este caso todo el interés está en la lista de esas variables de las que podría haber pensado en principio que afectan a la “constante”.

Se propone entonces, una forma de organizar las variables cuando el estudiante esta interactuando con la fenomenología del movimiento natural (cabe recordar que no solo sirve para este tópico sino también para muchos otros dentro de las ciencias naturales), en este ejercicio, si una variable especificada no tiene efecto sobre la magnitud considerada entonces, esta magnitud

depende de otras variables, y debe buscarse otra posibilidad. La explicitación funcional comprende dos partes, “las independencias que interesan” y “las dependencias”.

Cabe resaltar que esta etapa se hace visibles los procedimientos para la lograr las competencias de identificar, comparar, explicar, entre otros, que hacen parte de los primeros procesos de formalización de carácter pragmático expuestos con anterioridad en el marco teórico. En el siguiente cuadro se expone un tipo de forma que puede dar luces al proceso.

Tabla 6

Construcción de Relaciones entre Variables

ENUNCIADO PROPUESTO. (aquí va el enunciado a partir de las observaciones).	
Enunciado explicitado y completado	
Si fijamos la _____ de _____, (tal elemento de...)	El incremento de _____ en un _____ por medio de _____
_____, el incremento o disminución de _____ no depende de...	depende de...
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fuente: Viennot (2002)

Una vez establecidas las dependencias y las no dependencias, el estudiante debe generar un enunciado a partir de lo escrito.

Se hacen las siguientes preguntas:

¿Este enunciado le parece claro y sin ambigüedad?

¿Le parece incompleto? Si es así ¿Qué precisiones le parecen indispensables o simplemente útiles?

¿Le gustaría reformularlo? Si es así ¿cómo?

Establecer las relaciones de proporcionalidad directas o inversas.

Realizar enunciados que se derivan de las relaciones de proporcionalidad, esto permite realizar generalizaciones. Se pregunta de nuevo:

¿Este enunciado le parece claro y sin ambigüedad?

¿Le parece incompleto? Si es así ¿Qué precisiones le parecen indispensables o simplemente útiles?

¿Le gustaría reformularlo? Si es así ¿cómo?

11 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación giran en torno a los tres ejes centrales planteados en la investigación, estos son: I: El análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural, II: Los razonamientos del sentido común de los profesores en formación inicial de ciencias y III: La propuesta para profesores en formación en ciencias naturales.

11.1 Galileo: Una mirada histórico-crítica sus trabajos

Son muchas las interpretaciones que se han hecho a partir de la historia de los trabajos de la física, para el caso de esta investigación se trata de tres miradas que se consideran fundamentales en el análisis histórico-crítico de movimiento natural galileano, que a saber, son;

una mirada desde la enseñanza de la física, una desde los procesos llevados a cabo por Galileo para la formulación de sus teoremas y enunciados partiendo desde la problemática fenomenológica y tercero, una mirada desde el campo conceptual teniendo en cuenta cada una de las construcciones llevadas a cabo a partir de los 2 primeros elementos.

Una mirada desde la enseñanza de la física.

En la época de Galileo, hablar, proceder y escribir sobre la ciencia presentaba ciertos límites burocráticos y eclesiásticos mediados por los filósofos de la época, los cuales, le obligaban a ser cada vez más creativo y cauto para expresar sus estudios, ya que, si en algún momento llegase a expresarse con una idea que fuera en contra de las aristotélicas, tendría la posibilidad de que fuese condenado, como casi le ocurre con sus estudios sobre la astronomía. Razón por la cual, escribió su libro “Diálogos a Cerca de Dos Nuevas Ciencias” en forma de conversación entre tres personajes, lo cual, permite que mientras ellos hablan sobre su ciencia, no le comprometan directamente con lo escrito.

Estas conversaciones con los personajes muestran una forma de proceder que puede ser utilizada en muchos aspectos de la enseñanza, pues en ella, se notan claramente los roles que cumple cada personaje en la historia; Simplicio, una persona que defiende las ideas aristotélicas y quien representa al mismo Aristóteles; Sagredo, es un personaje que se encuentra a veces como mediador y que presenta sale un poco de las ideas aristotélicas, sin abandonarlas del todo, pero tiene un sentido crítico de lo que se habla; Salviati, representa Galileo un personaje con mucha pericia, que enriquece la conversación por medio de razonamiento, incluso llegando hacer caer en cuenta a Simplicio sobre sus errores.

De esas largas conversaciones, al entrar un poco en la lógica galileana, se pueden rescatar dos elementos que son importantes para enseñanza de las ciencias y que para el caso de esta investigación serán tenidos en cuenta tanto para el diseño de un cuestionario que ayude conocer los razonamientos del sentido común, como para el diseño de una propuesta que permita plantear elementos para la enseñanza de la física.

El primer elemento es el uso de preguntas contraintuitivas, las cuales lleva a Simplicio a razonar sobre sus propios planteamientos para intentar que se acerque a una nueva respuesta más cercana a la realidad. Por ejemplo, una de las ideas de Simplicio es la negación de la existencia del vacío, pues según él, un cuerpo no puede estar al mismo tiempo en dos espacios diferentes, y, para que esto ocurra, según la idea aristotélica, debe ocurrir en el vacío, para Aristóteles *“la tenuidad del vacío supera en grado infinito la corporeidad”*.

El segundo elemento es la experimentación mental para razonar, como algunos lo plantean, experimentaciones desde el mundo de las ideas, es decir, lleva a Simplicio y Sagredo a que se piensen la fenomenología mediante suposiciones de la realidad y con datos reales. Por ejemplo, Simplicio, expone la idea de que los cuerpos tienen una velocidad asignada por naturaleza, de modo que, a este cuerpo pudiera acrecentarse o disminuirse la velocidad haciendo uso de algún tipo de fuerza o alguna resistencia. En contraposición, Galileo expondría que *“si tuviésemos dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, este sería en parte retardado por el más tardo, y el más tarde en parte acelerado por el más veloz. ¿no eres tú de mi misma opinión?”* Dada esta demostración desde un ejercicio mental, a Simplicio no le queda más que admitir que Galileo tiene razón.

Otro aspecto adicional al segundo, y que en esencia es uno de los más importantes y reconocidos, es la experimentación para razonar en el mundo de lo sensible, pues en sus escritos

puede notarse que para llegar a ese tipo de razonamientos que le permitieron formular sus postulados y teoremas, era necesario que se diseñara un experimento en donde pudiera manipular los artefactos de manera que se logre razonar sobre ellos. Un ejemplo de esto está en los estudios sobre los planos inclinados, en los que era completamente necesario acudir a la experimentación para lograr la generalización en sus teoremas (estos son tratados a profundidad en la metodología).

11.2 Una mirada desde los procesos.

Galileo es conocido por muchos como el padre de la experimentación, y de eso no hay ninguna duda, pues son muchos los aportes que, a través de esta interpretación, se han alcanzado a extraer para la presente investigación. Lograr en una época como en la que él vivió, intentar formular el movimiento natural, mediante otros procedimientos distintos a los aristotélicos que se basaban en el razonamiento mediante la mera observación, fue un trabajo bastante brillante, y es que los fundamentos de la escuela euclidiana y el legado musical de su padre también le contribuyeron a que, por medio de segmentaciones del espacio, la velocidad y principalmente del tiempo, le permitieron formalizar sus procesos.

Se logran descubrir tres aspectos que, en esta interpretación, fueron los grandes contribuyentes a en los procesos de formalización para lograr la generalización del movimiento desde el análisis de la fenomenología. Estos son: (i). La problemática asociada al fenómeno. (ii). La fenomenología y la experimentación. (iii). La formalización por medio de las i y ii, haciendo uso de la geometrización, la proporcionalidad y la semejanza.

Dentro del primer punto (i) se destaca la fenomenología de la caída natural de los cuerpos, que es uno de los objetos de estudio en esta investigación, según Galileo, la caída de los cuerpos es independiente de su peso, pero llegar a esta conclusión no fue una tarea fácil, y

mucho menos de corto tiempo, pues para eso es necesario, experimentar desde diferentes perspectivas. Como la caída natural de un cuerpo resulta tan rápida para ser analizada a la vista era necesario acudir a otros experimentos de caída, como el uso del péndulo y de los planos inclinados de tal manera que el movimiento se vea más lento y poder analizarlo.

Así que, uno de los problemas fundamentales de la caída natural de los cuerpos está basado sobre la discusión de la rarefacción, condensación y penetrabilidad de los cuerpos en el vacío, pues según Simplicio *“Aristóteles se revela con ciertos filósofos antiguos, que introducían el vacío como necesario para el movimiento, diciendo que no podía efectuarse este sin aquel”*, y para demostrarlo realiza esta comprobación: Primero compara dos móviles de distinta gravedad que se mueven en un medio idéntico y la segunda es con relación a un cuerpo moviéndose en distintos medios.

Con respecto al primero supone que, estos móviles, con diferentes velocidades mantienen entre sí, la misma proporción que sus respectivos pesos. En el otro, dice que las velocidades de un mismo móvil en medios diferentes tienen entre sí proporción inversa de la que tienen las condensaciones o densidades de estos medios. Mas adelante Galileo a través de Salviati, lo que hace es empezar a cuestionar a Aristóteles mediante Simplicio, a través preguntas contraintuitivas sobre estas suposiciones, haciéndole entrar en razón.

En el punto (ii), el cual hace referencia a la fenomenología y la experimentación, se reflejan aquellos aspectos que muestra como fundamentales a la hora de razonar sobre el comportamiento de los cuerpos en caída. Por ejemplo: Cuando Aristóteles dice que las velocidades de un mismo móvil en medios diferentes tienen entre sí proporción inversa de la que tienen las condensaciones o densidades de estos medios, en este punto se puede decir que es su razonamiento tiene sentido, ya que si dejamos caer un objeto en el agua y luego en ese mismo

objeto aceite podemos notar que la caída del cuerpo por el aceite es más lenta que en el agua, pero su explicación frente a la penetración de los cuerpos iguales que caen por distintos medios que van disminuyendo su densidad, pero la velocidad del cuerpo va aumentando y que finalmente cae por el vacío, implicaría que el movimiento fuera instantáneo. Esa experimentación mental expuesta por Aristóteles, la expone de la siguiente manera: si la condensación del agua fuese 10 veces mayor que la del aire, entonces, la velocidad en el aire de un mismo cuerpo debe ser 10 veces mayor que en el agua.

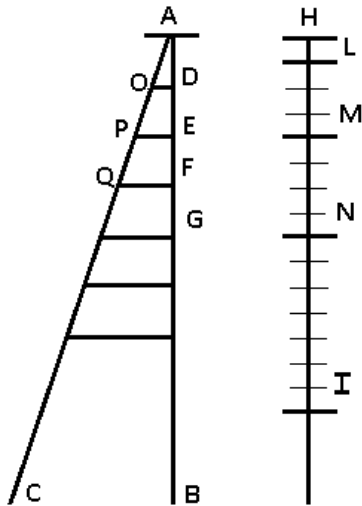
Salvati duda que Aristóteles realmente haya realizado este experimento, sobre dos piedras, por ejemplo, una 10 veces más pesada que la otra, que se sueltan al mismo tiempo desde una misma altura, por lo menos, de 100 codos, fueran sus velocidades diferentes y que al llegar a la Tierra la mayor, encontraría que la menor no había descendido más de 10 codos. Por lo cual, se pone en duda este planteamiento diciendo mediante la siguiente pregunta contraintuitiva *“si tuviésemos dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, este sería en parte retardado por el más tardo, y el más tarde en parte acelerado por el más veloz. ¿no eres tú de mi misma opinión?”*. Sentadas estas discusiones, se procede a la continuación de los procesos mediante los cuales Galileo formaliza el movimiento natural.

El punto tres (iii), permite visibilizar la continuidad del proceso de formalización de Galileo a partir de los razonamientos aristotélicos y que él refuto mediante una serie de experimentos, algunos mentales y otros desde lo sensible, apoyándose en la geometría y en las proporciones para lograr generalizar el conocimiento a través de sus postulados, proposiciones y teoremas. Un ejemplo de esto es la formulación de la caída de los cuerpos sin obstáculos, en donde después de analizar un cuerpo en caída por el aire propone que, *“Si un móvil con MUA*

desciende desde el reposo, los espacios recorridos por él en tiempos cualesquiera están entre sí como la razón al cuadrado de los mismos tiempos, es decir como los cuadrados de esos tiempos”, el cual, matemáticamente se describiría como:

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$$

La proposición anterior, nace de representar el tiempo, el espacio y la velocidad, de manera que los espacios recorridos por el cuerpo sean segmentos iguales en la recta $\overline{HI}$, tales que cada unidad de espacio es igual a $\overline{HL}$. La recta $\overline{AB}$, representa el tiempo transcurrido durante la caída, en la cual cada segmento $\overline{AD}$, $\overline{DE}$, $\overline{EF}$, $\overline{FG}$ es una unidad de tiempo. Los segmentos $\overline{AD}$, $\overline{PE}$, $\overline{QF}$, representan las velocidades durante la caída. Analizando esta última, se puede notar que los segmentos están contruidos en el triángulo ΔABC .



De aquí se deduce lo siguiente:

Si en tiempos iguales tomados sucesivamente desde el primer instante del movimiento, tales como AD, DE, EF, FG, se recorrieron los espacios HL, LM, MN, NI, estos espacios están entre sí como los números impares a partir de la unidad.

11.3 Una mirada desde lo conceptual.

Como se viene mostrando en los dos anteriores subtítulos, los conceptos disciplinares que se muestran son han venido tomando relevancia, no por el concepto en sí mismo, sino por la manera en que han venido apareciendo a nivel histórico, Aristóteles le da nombre al primer concepto como movimiento natural, por el hecho de que todos los cuerpos tienden ocupar su lugar natural, si este cuerpo es movido violentamente, después de ser liberado regresaría a su lugar natural. Por ejemplo, expone, la levedad y la gravedad como propiedad de los cuerpos en donde los leves podrían ser aquellos como el fuego que por su naturaleza debe regresar siempre arriba. Los cuerpos graves son aquellos que permanecerían abajo.

Estos graves, aquellos que hacen parte de este estudio, tomaron mucha relevancia para Galileo, ya que, al continuar estudiándolos por medio de la experimentación, propone que estos son aquellos que caen a la superficie de la tierra, pero su velocidad de caída no depende de su peso. Partiendo de este supuesto desde el aislamiento del fenómeno para estudiarlo, es cuando propone, con la finalidad de que el movimiento se vea más lento para su estudio, la caída con obstáculos, estudiando así a los movimientos pendulares y sobre planos inclinados.

11.4 Sobre el análisis histórico-crítico de la fenomenología y los procesos de formalización del movimiento natural.

El primer objetivo se trataba de realizar un análisis histórico-crítico del movimiento natural a partir de los procesos de formalización, de aquí se puede concluir aspectos vistos desde una perspectiva propia frente a la relación sostenida entre Galileo y el fenómeno del movimiento natural. Lo primero es que Galileo a través de sus historiadores se mostraba como una persona de actuación natural y observadora del fenómeno, esto permite que se propongan preguntas para el cuestionario y para los elementos de la propuesta.

Después de analizar la fenomenología del movimiento natural desde la perspectiva histórico-crítica, se puede concluir que, a pesar de que existen diversas formas de realizar un estudio de este tipo, cada investigador tiene una razón o motivo que lo moviliza a leer e interpretar a Galileo y que esta puede ser desde lo experimental, fenomenológico, conceptual o como este caso desde los procesos de formalización, el cual abarca varios de los anteriores.

La genialidad de Galileo radica en la forma de interpretar sus experimentos, pues como en este trabajo se suscribe, se logra evidenciar cómo relacionaba sus apreciaciones del fenómeno por medio formalizaciones matemáticas a través de relaciones proporcionales entre las variables que identificaba, aunque esto no solo quedaba ahí, sino que, además, lograba pasar al plano de la redacción de postulados, teoremas y axiomas para la generalización del fenómeno del movimiento natural.

11.5 Sobre los razonamientos del sentido común de los profesores en formación inicial.

El segundo objetivo tenía como propósito realizar un cuestionario para identificar los razonamientos del sentido común de los profesores en formación en ciencias en cuanto al movimiento natural, de esto se suscriben algunas conclusiones que se plantean a continuación.

Primero, la insistencia en relacionar los razonamientos del sentido común de los profesores en formación inicial con los razonamientos del sentido común de Galileo, lo cual permitió que a partir del análisis histórico-crítico del movimiento natural se evidenciara la forma en que Galileo formalizaba e iba hablando del comportamiento del fenómeno de tal manera que se pudiera entender desde los aspectos matemáticos y los teoremas de una manera idealizada. Esto permitió tener una idea de algunos procedimientos básicos y necesarios que se debe tener en la ciencia del movimiento.

Segundo, las preguntas que fueron construidas a partir del análisis permitieron identificar los procesos de formalización de carácter pragmático y la aplicación de estructuras formales de los profesores en formación, y estos razonamientos, mostraron de manera puntual que la minoría de los participantes presentaban un pensamiento de tipo galileano para los casos en los que se presentaban ejercicios que habitualmente se trabajan en las aulas de clase, pero la gran mayoría presentaba un pensamiento de tipo aristotélico cuando se variaban las condiciones del ejercicio.

Lo anterior, brinda la justificación para que se realice la propuesta para la formación de profesores, de modo que, para el desarrollo los procesos de formalización en cualquier tipo de estudiantes, es necesario que, partiendo del sentido común, se varíen las condiciones en el comportamiento del fenómeno para conocer la interpretación que hace el estudiante, así como, las formulaciones que logre establecer para dar cuenta del fenómeno.

11.6 Sobre la propuesta

Estas conclusiones hacen alusión al tercer objetivo, el cual estaba dirigido hacia el planteamiento de una propuesta para la formación de profesores en ciencias naturales, y se puede decir que esta propuesta es diferente a las tradicionales, pues esta proviene de los aportes otorgados por la historia de las ciencias, los procesos de formalización y los razonamientos del sentido común.

Cuando se revisa la organización y estructuración de la propuesta se logra notar que la propuesta no solo está encaminada hacia el conocimiento propio del movimiento natural, sino que más allá, realiza aportes desde los procesos de formalización que permiten que se desarrollen competencias específicas y necesarias en el aprendizaje de la física, lo cual es aplicable a otros conocimientos de la cinemática.

Es importante que se realicen preguntas que tengan origen en lo histórico porque estas hacen parte del desarrollo del conocimiento de la física y responden a preguntas que se hicieron en la época de su construcción, lo que facilita la relación con el razonamiento de un estudiante de la época actual.

12 BIBLIOGRAFÍA

Aguirre García, J. C., & Jaramillo Echverry, L. G. (2010). La ciencia y el sentido común: por la enseñanza de un sentido común crítico. *Educacion y Educadores*, 477-494.

Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. (1998). Madrid: Morata.

Arca, M., Mazzoli, P., & Guidoni, P. (1990). Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base. *Paidós*.

Arias Valencia, M. M. (2000). La triangulación Metodológica; sus Principios Alcances y Limitaciones . *Investigación y Educación en Enfermería*, 13-26.

Ausubel, D. (1983). Significado y aprendizaje significativo. 37-67.

Ayala, M. (2010). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá: Instituto Politecnico Nacional.

Ayala, M. M., Garzon, M., & Malagon , F. (2008). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenomenos físicos. *Praxis Filosófica*, 39-54.

Aznar, I., & Laiton, I. (2017). Desarrollo de Habilidades Básicas de Pensamiento Crítico en el Contexto de la Enseñanza de la Física Universitaria. *Formación Universitaria*, 71-78.

Baena Cuadrado, M. (2000). Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 217-26.

Barragán Orjuela, Y. V., & Ramírez Acosta, M. H. (2013). Estrategias en el aula: de la experimentación a la formalización de los fenómenos naturales. En J. F. Malagón Sánchez, M. M. Ayala Manrique, & S. Sandoval Osorio, *Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalización* (págs. 135-161). Bogotá.: Universidad Pedagógica Nacional.

Biggs, J. (2006). *Calidad del Aprendizaje Universitario*. Madrid: Narcea de Ediciones.

Cabrera Castillo, H. G. (2016). *Aportes a la enseñanza delas química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formacion incial*. Cali: Universidad del Valle.

Cabrera Castillo, H. G., & García Arteaga, E. G. (2014). Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: el caso de la reacción química. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 298-313.

Castiblanco Abril, O. L., & Nardi, R. (2013). Un uso de la historia en la enseñanza de la didáctica de la física. *GÓNDOLA: Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias*.

Cavicchi, E. (2012). Learning by Doing: Experiments and Instruments in the History of Science Teaching. *Science and Education*.

Cavicchi, E. M. (2008). Historical Experiments in Students' Hands: Unfragmenting Science through Action and History. *Science y Education* , 717-749.

Cerda, H. (2008). *Los elementos de la investigación* . Magisterio.

Denzin, N., & Lincoln, Y. (2011). *El Campo de la investigación cualitativa*.

Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Colmenar Viejo (Madrid): Ediciones Akal.

Elizondo Treviño, M. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 70-77.

Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. *Boletín de la sociedad colombiana de epistemología*, 65-80.

Escobedo, H., Jaramillo , R., & Ángela , B. (2004). ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN . *Educere*, 529-534.

Galileo. (1945). *Dialogos acerca de dos nuevas ciencias*. Buenos Aires: Magisterio Argentino.

Gant, F. (1999). Matemáticas y realidad física en el siglo XXI (de la velocidad de Galileo a las Fluxiones de Newton). En F. Guénard, & G. Lelièvre, *Pensar la Matematica* (págs. 41-84). Barcelona: Tusquest Editores.

García Arteaga, E. G. (2017). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza de la neumática e hidrostática*. Cali: Universidad del Valle.

García Arteaga, E. G., & Estany, A. (2010). Filosofía de las Practicas Experimentales y Enseñanza de las Ciencias. *Praxis Filosófica*, 7-24.

García, E. G. (2017). Imágenes de ciencia en los textos universitarios. Aportes para nuevas retóricas desde la actividad experimental en electrostática. *Universidad Pedagógica Nacional*, 149-167.

GEERTZ, C. (1999). El sentido común como sistema cultural. En C. GEERTZ, *Conocimiento Local. Ensayos sobre la interpretación de las culturas* (págs. 93-116). Barcelona: Paidós.

Geertz, C. (2003). *La Interpretación de las Culturas*. Barcelona, España: Gedisa, S.A.

Gorodokin, I. C. (2005). *La formación docente y su relación con la epistemología*. Recuperado el 12 de 4 de 2021, de <http://rieoei.org/deloslectores/1164gorodokin.pdf>

Hering Torres, M. (2007). “RAZA”: VARIABLES HISTÓRICAS. *Revista de Estudios Sociales*, 15-27.

Hernandez Prado, J. (2007). *Epistemología y Sentido Común*. Mexico, DF.: UAM-AZCAPUTZALCO.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico : Mc Graw Hill/ Interamericana Editores. S.A.

Ibáñez Salgado, N. (2011). Aprendizaje-enseñanza: mejora a partir de la interacción de los actores. *Universidad de La Sabana*, 457-474.

Izquierdo Aymerich, M., Garcia Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., & Adúriz Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Izquierdo, M. (2005). Estructuras retóricas en los libros de ciencias. Tarbiya. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 11-34.

Jardim, T. W., & Guerra, A. (2017). EXPERIMENTOS HISTÓRICOS E O ENSINO DE FÍSICA: AGREGANDO REFLEXÕES A PARTIR DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA ÁREA E DA HISTÓRIA CULTURAL DA CIÊNCIA. *Investigações em Ensino de Ciências*, 244-263.

Machamer, P. (1998). Galileo's machines, his mathematics and his experiments. En *The Cambridge Companion to Galileo*. Cambridge University Press, 53-79.

Malagón Sánchez, J. F., & Ayala Manrique, M. M. (2013). *Construcción de fenomenologías y Procesos de Formalización*. Bogota. DC.: Universidad Pedagógica Nacional.

Popper, K. (1983). *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Madrid: Tecnos.

Prado, J. H. (2007). *Epistemología y Sentido Común*. México: UAM-Azcapotzalco.

Roca Tort, M., Márquez, C., & Sanmatí, N. (2013). Las Preguntas de los Alumnos: Una Propuesta de Análisis . *Enseñanza de las Ciencias*, 95-114.

Romero Chacón, Á. E., & Rodríguez, L. D. (2013). LA FORMALIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS FÍSICOS. EL CASO DE LA VELOCIDAD INSTANTÁNEA. *Educación y Pedagogía*, 57-67.

Sandoval Casilimas, C. (2002). *Investigación Cualitativa*. Bogotá: ARFO Editores.

Sankey, H. (2010). Ciencia, Sentido Común y realidad. *Discusiones Filosóficas* , 41-58.

Sinarcas, V., & Solves, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de la ciencias*, 9-25.

Stinner, A., & Metz, D. (2006). THOUGHT EXPERIMENTS, EINSTEIN, AND PHYSICS EDUCATION. *PHYSICS AND EDUCATION*, 361-372.

Taylor, S., & Bodgan, R. (1987). *Introducción a los Métodos cualitativos de investigación*. Buenos Aires: Paidós.

Valdés Castro, P., & Valdés Castro, R. (1999). CARACTERÍSTICAS DEL PROCESODE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICAEN LAS CONDICIONES CONTEMPORÁNEA. *Historia y epistemología de las ciencias*, 521-531.

Vera , F., Rivera, R., & Núñez, C. (2011). Burning a Candle in a Vessel, a Simple Experiment with a Long History. *Science & Education*, 881-893.

Viennot, L. (2002). *Razonar en Física*. Navalmcarnero (Madrid): A. Machado Libros, S.A.