

LOS DIAGRAMAS DE FUERZA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL
EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS LEYES DE NEWTON
BAJO UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA
ESTUDIO DE CASO PARA X GRADO DEL COLEGIO
BETHLEMITAS-MEDELLÍN

WILMAN GARCÍA ÁLVAREZ

Informe de Práctica Docente como modalidad de Trabajo Final
como requisito parcial para optar al Grado de Magister
en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director: M. Sc Diego Luis Aristizábal Ramírez

Medellín
Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Noviembre de 2011

DEDICATORIA

A Dios, por ser el motor de mi vida.

Para mi familia, Oscar, Luz Mary, Oscar Alejandro, Edison, María José y María Isabel; por ser ejemplos de vidas íntegras y brindarme amor, refugio y comprensión en un lugar que verdaderamente es el hogar.

A profesores que fueron, son y serán modelos a seguir para un docente, como Oscar Meneses, Luis Carlos Yepes y Diego Luis Aristizábal.

A mis amigos, profesores, directivos y estudiantes del colegio Bethlemitas y de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín; todos son para mí un tesoro.

AGRADECIMIENTOS

A mi maestro y asesor Diego Luis Aristizábal, quien con su profesionalismo fue vital para llevar a feliz término este trabajo de grado; para el mi respeto y admiración.

A los profesores, directivos y colegas del Colegio Bethlemitas y la Universidad Nacional De Colombia, sede Medellín por su disponibilidad y diligencia.

A la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias, el programa académico de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas por disponer de grandes maestros como Alonso Sepúlveda, Jairo Marín, Carlos Ramírez, Rodrigo Covaleda, Martha Lorena Salinas y Diego Luis Aristizábalque brindaron la formación en calidad a mi vida como proyecto de reprofesionalización de educador.

Por último, pero no menos importante, agradezco a Dios, mi familia y amigos, pues sin ellos hubiese sido imposible lograr este sueño.

RESUMEN

Según Elkana (1983), las ciencias y sus dinámicas históricas son más que el conjunto de productos y resultados, son en sí mismas un entramado de significaciones que el mismo ser humano elabora y, por lo tanto, son sistemas culturales, que pueden ser cuestionados, modificados, enseñados y resignificados de una disciplina a otra y de una época a otra.

El enfoque de sistemas de Guidoni (1990) propone el análisis de un fenómeno a través de diferentes estrategias; estas pueden ser útiles a la hora de abordar problemáticas referentes al estudio de las leyes de Newton, desde una perspectiva conceptual, así como desde el desarrollo de habilidades y destrezas en cuanto a los procedimientos propios para resolver problemáticas de interacciones entre cuerpos.

De modo similar, a través del constructivismo, en particular, desde una mirada del aprendizaje significativo (Ausubel), se puede indagar en la estructura cognitiva del estudiante la existencia de conceptos que pueden servir de anclaje, para la interacción con conocimientos “nuevos”; en la medida que se dé cuenta de estos subsunores, se puede plantear una base concreta para la enseñanza de las leyes de Newton, para esta propuesta en particular se hace uso de Tests desarrollados previamente (FCI), de fichas, guías y mapas conceptuales que pueden dejar en evidencia las concepciones previas en los aprendices, no solo desde falencias conceptuales, sino también en cuanto a la jerarquía y claridad de explicación en los fenómenos físicos.

Se promueve entonces, la implementación de los diagramas de fuerzas como eje fundamental para la comprensión de interacciones entre sistemas de cuerpos, desde la correcta elección de un sistema físico, definición adecuada de un marco inercial de referencia, ejes coordenados, interacciones por contacto y a distancia, planteamiento y aplicaciones de las leyes de Newton y posibles implicaciones desde la cinemática. Desde la implementación de fichas y elaboraciones matriciales en el preámbulo conceptual de análisis de un fenómeno en mecánica.

En el presente trabajo, se establecen cuatro componentes primordiales; se indica inicialmente un problema que puede ser trabajado desde un enfoque investigativo, por tanto se hace mención de un problema por medio de una pregunta, realizando su pertinente justificación y antecedentes, derivando esto en unos objetivos claros y medibles. Es menester mencionar, que en el desarrollo de esta propuesta se acogen las directrices de la modalidad de profundización.

En la segunda parte se hizo la construcción del marco teórico, desde lo general a lo particular, comenzando por la pregunta por las ciencias, pasando a través de un enfoque epistemológico-histórico y llegando a aspectos prácticos y relacionados con el diseño como lo son el aprendizaje significativo y el uso de actividades experimentales.

Desde lo disciplinar (la Física) se describe la propuesta relacionada con los diagramas de fuerzas y la delimitación de la aplicación en contextos definidos. Por último se dan las indicaciones desde lo metodológico, en este caso adoptando los estudios de caso para poder medir impactos, establecer conclusiones y fechas de diseño e implementación de la propuesta.

Se esperaba que con la aplicación de instrumentos como cuestionarios y la metodología de enseñanza y construcción de diagramas de fuerza, los docentes se acercaran a la comprensión de interacciones entre cuerpos, por medio del modelo de partícula en mecánica y estuviesen en capacidad de realizar aplicaciones y explicaciones de fenómenos físicos.

Al final se muestran grandes avances desde lo cuantitativo por medio del cálculo de índices de Hake y se realiza la pertinente caracterización cualitativa, en la cual se describe la mejora conceptual de las estudiantes a la hora de interpretar y analizar las leyes del movimiento según Newton.

Descriptorios (o palabras claves):

Diagramas de Fuerza, Leyes de Newton, Constructivismo, Aprendizaje Significativo, Force Concept Inventory (FCI).

ABSTRACT

According to Elkana (1983), science and historical dynamics are simply the set of outputs and outcomes, are themselves a network of meanings that the same human being develops and, therefore, are cultural systems, which can be questioned, as amended, and taught new meaning from one discipline to another and from one era to another.

The systems approach Guidoni (1990) proposes an analysis of a phenomenon through different strategies, these can be useful in addressing issues concerning the study of the laws of Newton, from a conceptual perspective, as well as from development of abilities and skills regarding the proper procedures to solve problems of interactions between bodies.

Similarly, through constructivism, in particular, from a perspective of meaningful learning (Ausubel), we can inquire into the student's cognitive structure, the existence of concepts that can serve as anchorage for interaction with "new" knowledge; as he is aware of these subsunores, you can raise a concrete basis for teaching Newton's laws to this particular proposal makes use of previously developed tests (FCI), chips, guides and concept maps can make clear preconceptions on learners, not only from conceptual failings, but also in terms of hierarchy and clarity of explanation of physical phenomena.

It then promotes the implementation of the diagrams of forces as the linchpin for understanding interactions between body systems, from the correct choice of a physical system, proper definition of an inertial frame of reference, coordinate axes, and distance contact interactions, approach and applications of Newton's laws and possible implications from the kinematics. Since the implementation of chip and elaborations in the preamble matrix conceptual analysis of a mechanical phenomenon.

In the present study identifies four key components; initially indicated a problem that can be worked from a research approach, therefore there is mention of a problem through a question, making his pertinent justification and history, leading it in a clear and measurable objectives. It should be mentioned that in the development of this proposal is welcome guidelines depth mode.

In the second part was building the theoretical framework, from general to specific, beginning with the question of science, passing through a historical and epistemological approach to reaching and practical aspects related to the design such as the meaningful learning and the use of experimental activities.

From the discipline (Physics) describes the proposal related to the diagrams of forces and the delimitation of the application in defined contexts. Finally there are indications from

the methodology in this case taking the case studies to measure impact, draw conclusions and dates of design and implementation of the proposal.

It was expected that the implementation of instruments such as questionnaires and the teaching methodology and construction of diagrams of force, dicentes to approach the understanding of interactions between bodies, using the model of particle mechanics and was able to make applications and explanations of physical phenomena.

In the end they show great progress since the quantitative by calculating indices of Hake and performed the relevant qualitative characterization, which describes the conceptual improvement of the students to interpret and analyze according to Newton's laws of motion.Descriptors (or keywords):

Force diagrams, Newton's Laws, constructivism, meaningful learning, Force Concept Inventory (FCI).

Tabla de contenido

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	VI
INFORMACIÓN GENERAL.....	XI
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	3
1.1 PREGUNTA DEL TRABAJO	3
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 LIMITACIONES.....	4
2. MARCO REFERENCIAL	7
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1.1 <i>Aspectos generales</i>	7
2.1.2 <i>Sobre las teorías del aprendizaje</i>	12
2.1.3 <i>Sobre las leyes de Newton y los diagramas de fuerza</i>	17
2.2 ANTECEDENTES DEL TEMA.....	18
2.3 ELABORACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	21
3. METODOLOGÍA (PROCEDIMIENTO)	22
3.1 CARACTERIZACIÓN	22
3.1.1 <i>Características definitorias del estudio cualitativo</i>	23
3.1.2 <i>Proceso del trabajo</i>	23
3.2 FASES DEL TRABAJO.....	24
3.2.1 <i>Fase 1</i>	24
3.2.2 <i>Fase 2</i>	25
3.2.3 <i>Fase 3</i>	26

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
4.1 RESULTADOS (FCI).....	31
4.1.1 <i>Resultados generales por grupos</i>	31
4.1.2 <i>Resultados por conceptos por grupos</i>	32
4.2 ANÁLISIS.....	34
5. CONCLUSIONES.....	38
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
7. ANEXOS	44

LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS

TABLA 1: INTERACCIONES EJEMPLO .	29
TABLA 2: INDICE DE HAKE GENERAL POR GRUPOS	31
TABLA 3: CARACTERIZACIÓN DE PREGUNTAS EN FCI (ADAPTADO)	32
TABLA 4: INDICE DE HAKE POR CONCEPTOS DEL GRUPO 10 A.	33
TABLA 5: INDICE DE HAKE POR CONCEPTOS DEL GRUPO 10 B	33
TABLA 6: INDICE DE HAKE POR CONCEPTOS DEL GRUPO 10 C.	34
TABLA 7: ÍNDICE DE HAKE DE OTRAS INSTITUCIONES.	35
ILUSTRACIÓN 1: DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE APLICACIÓN DESDE LA DISCIPLINA.	5
ILUSTRACIÓN 2: FOTO EJEMPLO	28
ILUSTRACIÓN 3: ESQUEMA 1 EJEMPLO.	28
ILUSTRACIÓN 4: ESQUEMA 2 EJEMPLO	29
ILUSTRACIÓN 5: AISLANDO SISTEMA MECÁNICO EN EJEMPLO	30
ILUSTRACIÓN 6: DIAGRAMA MODELO DE PARTICULA	30
ILUSTRACIÓN 7: COMPARATIVO PRETEST_POSTEST.	31
ILUSTRACIÓN 8: % APROBACIÓN 10 A (POR CONCEPTOS)	32
ILUSTRACIÓN 9: % APROBACIÓN 10 B (POR CONCEPTOS).	33
ILUSTRACIÓN 10: % APROBACIÓN 10 C (POR CONCEPTOS)	34

INFORMACIÓN GENERAL

- **Título de la propuesta:**
LOS DIAGRAMAS DE FUERZA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS LEYES DE NEWTON BAJO UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA –ESTUDIO DE CASO PARA X GRADO DEL COLEGIO BETHELEMITAS-MEDELLÍN
- **Autor:** Wilman García Álvarez
- **Asesor:** Diego Luis Aristizábal Ramírez
- **Facultad:** Ciencias
- **Lugar de ejecución del proyecto:** Colegio Bethlemitas - Medellín
- **Duración del proyecto:** Cuatro (4) meses

INTRODUCCIÓN

En los grados escolares, en particular en el décimo, según los lineamientos curriculares en ciencias naturales, se deben enseñar los elementos básicos de la mecánica clásica, partiendo de los componentes propios de la descripción matemática del movimiento (cinemática), hasta el estudio de las interacciones entre cuerpos a partir del concepto de fuerza y el concepto de energía. Es común que los estudiantes tengan algunas dificultades de asirse del conocimiento de la física y de los procedimientos propios para la aplicación de leyes y explicaciones de fenómenos; por tal razón, llegan a los niveles universitarios con grandes falencias y conceptos previos que distan enormemente de una conceptualización asertiva de las leyes de la mecánica.

Por este motivo, es menester que los docentes relacionados con la enseñanza de las ciencias, piensen y replanteen los mecanismos y metodologías de enseñanza en estos previos educativos a los niveles de ingeniería y estudios teóricos avanzados, no solo desde la matematización, sino desde una conceptualización más pertinente, para la correcta aprehensión de nociones en física.

En este orden de ideas, dentro de este de trabajo se promueve la implementación del aprendizaje significativo como fundamento para la enseñanza de la mecánica en el grado décimo, tomando como pilar y prioridad la construcción de diagramas de fuerzas. Siendo consecuente con el referenteteórico, se aplicaran test para indagar en la estructura cognitiva del estudiante, de modo que se identifiquen subsunsores para servir de anclaje a la etapa inicial de la propuesta, en la cual el aprendiz identifica un sistema mecánico, marco de referencia y las interacciones que puede tener este sistema físico en estudio. Es imperante mencionar que dentro del complementoteórico y práctico de la propuesta se usan criterios de tipo epistemológico, de trabajo experimental; con base en esto, los autores más preponderantes que sirven de guía son Ausubel, Guidoni, Elkana yHodson.Desde la aplicación de herramientas específicas, son de gran utilidad los mapas conceptuales de Novak.

Para el trabajo se adoptó una metodología propia del estudio de caso intrínseco, según el referente de Stake, de acuerdo con este autor la investigación cualitativa, permite analizar mejor la experiencia humana, estudiando las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. Se sabe que los problemas en donde se incluyen personas, pocas veces tienen una causa sencilla y no

basta con la simple explicación, sino que se hace necesaria la comprensión y esta trasciende a la explicación en la medida en que le ofrece al lector la posibilidad de sentir lo que la experiencia misma trasmite. Por lo tanto, este tipo de directriz exige de la constante observación, análisis e interpretación de los hechos.

Esta propuesta es clasificada como un estudio de caso intrínseco, pues esta tiene la posibilidad tener en cuenta el contexto, no permite las generalizaciones sino que su objetivo es conocer a fondo el problema para poder mirar en que contextos y bajo qué circunstancias el estudio es transferible. Es decir, el caso interesa en sí mismo tanto por lo que tiene de único, como por lo que tiene de diferente, más que un proceso es un objeto que cuenta con toda la especificidad y complejidad necesarias como para ser interesante (Stake, 1998).

Por tanto las alumna del grado X del colegio Bethlemitas se convierten en un caso de estudio para la implementación de la metodología de enseñanza mencionada previamente, donde el primer beneficiario de la propuesta es la misma conformación de los informantes y la institución educativa como tal, ya que dependiendo de los resultados de la implementación, los resultados pueden servir como soporte y fundamento para una posterior transferencia e implementación en un estudio de caso posterior.

No sobra mencionar que si bien se esperaba un resultado positivo desde la implementación de la propuesta, desde el enfoque metodológico, se pretendía dejar evidencia de los resultados a partir del análisis y descripción de informante en dos momentos; uno previo de exploración a partir del test FCI y por ultimo una descripción al final, esto por medio de criterios de medición a partir de lo cualitativo, pero que permitan dar cuenta de una mejora desde aspectos procedimentales y conceptuales.

De esta forma, es posible afirmar que este foco de estudio tiene trascendencias desde lo educativo, lo social y lo científico, tocando espacios académicos propios de la escuela y ligados a contextos universitarios.

1. EL PROBLEMA

1.1 Pregunta del trabajo

Se observa que es muy común entre los estudiantes en sus diferentes niveles de formación (secundaria y universitaria) enfrentar la solución de problemas de mecánica de forma algebraica y descontextualizada de los argumentos conceptuales de la física, en este caso, de las leyes de Newton. No son claros en tener en cuenta las interacciones entre los cuerpos involucrados y en cómo estas influyen en el reposo o movimiento acelerados o no de los mismos. Esto es un enorme obstáculo para el aprendizaje de la Física.

Con el actual trabajo se busca establecer ¿qué incidencia tiene la enseñanza de las leyes de Newton desde un enfoque constructivista mediante el uso adecuado y sistemático de los diagramas de fuerza, en la ganancia de aprendizaje de éstas en cuanto a su comprensión y correcta aplicación, en las alumnas de X grado del colegio Bethlemitas?

1.2 Objetivos del trabajo

1.2.1 *Objetivo general*

Determinar la eficiencia en la enseñanza de las leyes de Newton desde un enfoque constructivista mediante el uso adecuado de los diagramas de fuerza, en la ganancia de aprendizaje de éstas en las alumnas de X grado del colegio Bethlemitas, en cuanto a su comprensión y correcta aplicación.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Aplicar el cuestionario Force Concept Inventory (FCI) o adaptaciones de éste, pre/ post-test.
- Implementar bajo el enfoque constructivista, la enseñanza de las leyes de Newton para sistemas físicos que se pueden reducir al modelo de partícula.
- Diseñar, implementar y aplicar talleres sobre representación de las interacciones con diagramas de fuerza.
- Diseñar, implementar y aplicar talleres sobre aplicación de las leyes de Newton en partículas.
- Medir la ganancia pre/post-test del aprendizaje de las leyes de Newton utilizando el índice de Hake.
- Describir cualitativamente los avances conceptuales en los estudiantes, por medio de criterios medibles.

1.3 Justificación

A las ciencias suele confundírsele con sus resultados y aplicaciones, olvidando que las metodologías cognoscitivas y las particulares maneras de pensar la realidad también hacen parte de las ciencias (Martínez, 2003). Así, es importante centrar la atención en la estructura y los métodos del pensamiento científico, entendidos éstos como la reunión de una gran cantidad de tácticas y estrategias empleadas por los investigadores para llevar a cabo su actividad (Guidoni, Arca, & Mazzoli, 1990b).

En particular, en la enseñanza de la física mecánica, investigaciones y el desarrollo de las prácticas docentes dejan en evidencia la poca comprensión de los estudiantes acerca del concepto de fuerza en la interpretación de un fenómeno físico. La correcta elaboración de diagramas de fuerzas, es sin duda un elemento prioritario y protagonista para la mejora de esta problemática, en la medida que se indague en la estructura cognitiva del estudiante y con base en esta información se promueva una estrategia para la construcción de esquemas matriciales de interacción, se puede mejorar la comprensión de las interacciones entre partículas.

Además, entendiendo las actividades experimentales, no solo como el trabajo de banco en un laboratorio (Hodson, 1994), también se hace imperante el uso de las tecnologías de la información y comunicación como vía de enlace para llegar al estudiante inmerso en el mundo de los ordenadores.

En este orden de ideas la propuesta beneficia inicialmente al estudio de caso sobre el cual se aplica la propuesta, pero también se establece como caso transferible para futuras investigaciones.

1.4 Limitaciones

En la delimitación disciplinar, se estudia dentro de la estática, el equilibrio de la partícula, por medio de la aplicación de las leyes de Newton; el siguiente esquema puede servir de introducción a la propuesta. Interpretando la física como el estudio de las interacciones (Ver figura 1), se encuentran tres conceptos vitales para este fin, desde enfoques energéticos, estudios de fuerzas o través de la cantidad de movimiento (esto en la física mecánica). Por tal motivo es menester discretizar el campo de aplicación al estudio de vías de fuerzas y en particular la estática de la partícula.

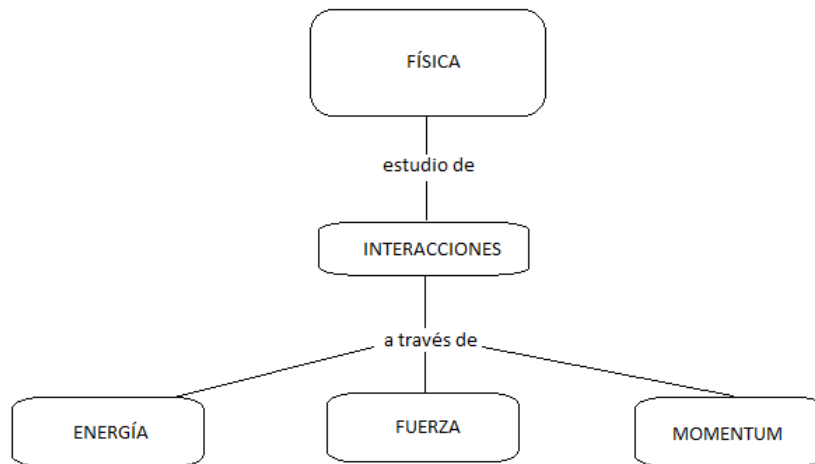


Ilustración 1. Delimitación del Campo de aplicación desde la disciplina

Con esta delimitación clara se tienen unos objetivos pertinentes (desde la disciplina y no desde lo metodológico) que son los siguientes:

- Desarrollar en el estudiante la habilidad para establecer subsistemas y simplificar problemas y análisis de fenómenos físicos.
- Que el estudiante adquiera criterio al separar sistemas en la elaboración de diagramas de cuerpos, esto a conveniencia dependiendo de la situación problema.
- Generar destreza en cuanto a la solución de problemáticas clásicas de mecánica, esto por medio de elaboración de diagramas, aplicación de las leyes de Newton e interpretación de fuerzas concurrentes.

Lugar: El Colegio Bethlemitas Medellín, está de acuerdo con la implementación de la propuesta, por lo cual dispuso todas sus instalaciones como salones y laboratorios para el desarrollo del trabajo final, además los desarrollos teóricos de la propuesta están la misma línea de pensamiento sugerido por la institución educativa.

El contexto de la ejecución de la práctica docente se desarrolló en la Institución Educativa Colegio Bethlemitas; centro educativo ubicado en el sector de Laureles, en Medellín, Antioquia, Colombia, donde se cursan los grados de quinto a undécimo.

Con una población de aproximadamente 550 estudiantes, todas de género femenino y ubicadas entre los estratos económicos 3, 4 y 5 principalmente. Es una institución educativa dinámica, participativa y actualizada que sirve a la Iglesia y a la sociedad con renovado compromiso evangelizador. Forma integralmente niñas y jóvenes con una

educación de calidad fundamentada en valores humano-cristianos, una excelente preparación académica y un alto compromiso social.

Cuenta con el mandato misionero de Jesús y la experiencia pedagógica innovadora del Santo Hermano Pedro de Betancur y la Beata Encarnación Rosal, con un proyecto educativo que integra Ciencia - Cultura – Evangelio y con la calidad humana, espiritual y profesional de quienes conformamos la familia Bethlemita. Tiene certificación ISO-9001 y goza de acreditación ICFES en categoría muy superior. Su modelo pedagógico está enmarcado en el uso de la EpC (Enseñanza para la comprensión) que va en sintonía con las ideas del constructivismo y el aprendizaje significativo, además goza de excelentes instalaciones y laboratorios

Tiempo: Cuatro (4) meses.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 Aspectos generales

2.1.1.1 Qué son las Ciencias

La reflexión en la enseñanza de la física y de las ciencias en general, implica hacer una pregunta que según Guidoni es fundamental para iniciar cualquier discusión sobre la educación para las ciencias: ¿Qué son las ciencias? Para poder establecer que puede “ofrecer” y “pedir” a la educación (Guidoni, Arca, & Mazzoli, 1990b). Esta pregunta, eventualmente, para su respuesta exige una postura sobre las ciencias y su relación con la educación, postura desde la cual se ha de reflexionar el cómo se dan los aprendizajes y las estrategias de enseñanza para superar los problemas de aprendizaje en los estudiantes.

De manera particular se adopta que las ciencias son un fenómeno histórico y social cuyas características son modificables porque se determinan y construyen en distintos espacios y épocas de la humanidad (Elkana, 1983). De hecho, los conceptos surgidos de las ciencias se toman como alternativas frente a una serie de explicaciones de otros marcos referenciales como la mitología, la magia, la religión, el arte, etc. Por lo tanto se debe tener cuidado al momento de enunciar juicios acerca de la validez del conocimiento científico porque igual que la mitología, la magia, la religión, el arte forman parte de un engranaje social. El que se considere una forma de conocimiento más valiosa que otra no implica que podamos concebir la existencia de un pensamiento científico y otro no científico fuera del ámbito cultural. Las actividades que conforman la obra humana total, es decir, las manifestaciones artísticas, políticas y religiosas, tienen saberes reconocidos que se legitiman o al menos se reconocen por distintos grupos para edificar sus propios paradigmas o formas de entender el mundo.

La legitimidad del conocimiento cambia con el tiempo porque las sociedades son modificadas y modifican a su vez a los sistemas políticos, religiosos, económicos, etc. Y por esta misma razón, la idea positivista sobre la existencia de una ciencia verdadera y objetiva, carece de sentido dentro del contexto mencionado.

La ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que puede conocer el hombre. Pero la ciencia en su hacerse. La ciencia, como fin que debe ser perseguido, es algo tan subjetivo y condicionado psicológicamente como cualquier otro aspecto del esfuerzo humano, de modo de la pregunta ¿cuál es el objetivo y significado de la ciencia? Recibe respuestas muy diferentes en diferentes épocas y diferentes grupos de personas (Einstein, 1949).

Elkana (1983) afirma que puede privilegiarse un sistema cultural (como la ciencia, el arte, la política) sobre otro, siempre que no se excluya su relación con los otros sistemas. La cultura no es una suma aritmética de elementos sino un sistema abierto de relaciones en

el que se lleva a cabo un proceso constante de construcción y resignificación por parte de los individuos que se encuentran inmersos en él. Elkana retoma el concepto semiótico de cultura desarrollado por Geertz, para afirmar que las ciencias son sistemas culturales porque están históricamente construidas en un entramado de significaciones que el mismo ser humano elabora y, por lo tanto, son sistemas que pueden ser cuestionados, modificados, enseñados y resignificados de una disciplina a otra y de una época a otra.

Vale la pena recordar a modo de ejemplo, que hace casi cien años Poincaré y Einstein pusieron en tela de juicio la idea positivista sobre la objetividad científica. Para estos hombres la certeza y validez de un conocimiento no están en función del estudio de fenómenos aislados del dinamismo de su entorno (objetivados, diríamos) dentro de un laboratorio, con variables controladas y con la cifra precisa de la incertidumbre absoluta y relativa, como dicta la tradición del llamado método científico, como si fuese la única opción legítima para producir un conocimiento. Einstein (1949) colocó al científico en una dimensión humana al descubrir que él mismo era una de las variables dentro de un fenómeno que tampoco podía estar aislado del entorno, en "condiciones ideales", como suele decirse en las teorías y leyes. Einstein consideraba indispensable la intervención del investigador, su intuición, su experiencia y su constancia en el trabajo, mucho más que el método en la producción del conocimiento científico.

Así, el hombre se encuentra en una constante actividad de interpretar y de describir la realidad, y se manifiesta en un conjunto de representaciones sobre las cuales se tiene certeza de que son válidas según el contexto de referencia. Es decir, no existe una única forma de conocer, existen diversos procedimientos de acopio de los datos empíricos acerca de la realidad, así mismo existen diversos modos de interpretación lógica de estos datos. Se trata de los diversos métodos epistemológicos utilizables para la comprensión del significado de los datos reales (Severino, 2000). Por esto, las ciencias ya no pueden pretender alcanzar una verdad única y absoluta; sus conclusiones no se consideran verdades dogmáticas sino formas de conocimiento, contenidos inteligibles que le aportan sentido a determinado aspecto de la realidad.

La multiplicidad de los aspectos a través de los cuales se manifiesta la realidad abre igualmente a una variedad de métodos de configuración de los datos fenoménicos, así como la diversidad de métodos epistemológicos. Los procedimientos, los métodos y la manera de interpretar y describir la realidad dependen de los marcos conceptuales, estos son de diversas fuentes tales como la ciencia, la magia, la religión, el mito, etc. Estos se constituyen en marcos de referencia que define las pautas para manipular, describir e interpretar la realidad (Elkana, 1983). Cada uno de estos intentos por tratar de entender la realidad nunca son completos, lo que exige que cada marco conceptual reconozca sus relaciones con otros marcos conceptuales.

2.1.1.2. La Historia y la Epistemología de las Ciencias en la Enseñanza de la Física

La didáctica de las ciencias no es prescriptiva. No dice ni es su pretensión decir cómo enseñar. Este es un problema que resuelve el profesor de acuerdo con múltiples factores que configuran su realidad y su comprensión de la misma, sin embargo la historia y epistemología de las ciencias (HEC) es una tentativa para responder una gran cantidad de problemáticas en la enseñanza de esta disciplina.

Muchas veces se le confunde a las ciencias con sus resultados o productos, obviando que esta se construye históricamente (Ayala M. M., 2008) esto ha llevado a asumir la ciencia como un cuerpo de hechos, conceptos, leyes, teorías, etc.; convirtiendo a los contenidos en el eje de la enseñanza. Dado el acelerado desarrollo de las ciencias en el presente siglo, tal enfoque ha introducido una problemática de difícil solución, que reviste características especiales en el caso de la enseñanza de la física (Ayala M. M., 2000).

En este orden de ideas, es pertinente pensar en posturas y perspectivas de enseñanza alternativas a las usadas clásicamente, se argumenta ahora como los fundamentos de la HEC son válidos y plausibles como filosofía de enseñanza.

Mediante el estudio de tópicos referentes a la génesis de los conceptos y teorías de la física, se busca mostrarla en su dinámica histórica de desarrollo, examinar las especificidades de su racionalidad, sus campos de validez, así como tematizar sus relaciones con la cultura. Los tópicos de historia y epistemología permiten derivar elementos de corte epistemológico para el análisis de las teorías de la física y permiten tener una aproximación al entorno social, que posibilitó la formulación de los planteamientos teóricos y de esa manera expandir el espectro cultural del docente, en relación con el devenir de la física, ampliando sus posibilidades de acción en el aula (Orozco & Juan, 1996), de modo que no se presenta la física como un producto terminado o como resultado de un procedimiento no existente, en el cual hay que creer ciegamente.

Estas ideas refuerzan la tesis de Matthews (1994) cuando afirma que la HEC motiva y despierta el interés por las ciencias; proporciona una mejor comprensión de los conceptos científicos mostrando su desarrollo y dinámica de construcción; propicia la comprensión de cómo se generan y validan los diferentes productos de la actividad científica; permite establecer relaciones entre los contenidos científicos y los intereses éticos, culturales y políticos de los contextos donde se produjeron.

Pero la HEC no se limita al hecho de indagar como se generó y validó el conocimiento científico, también permite una reflexión conceptual desde los problemas originales de la ciencia, además que favorece una reorganización conceptual desde diversos enfoques, fortaleciendo tanto lo disciplinar como el componente pedagógico–didáctico, ya que pueden surgir enfoques diferentes en la solución de un mismo asunto (Aguilar, 2006).

Dentro de las ideas de corte histórico y epistemológico se puede interpretar las ciencias como una construcción humana, como un sistema cultural que puede ser debatido, corregido, enseñado, confirmado (Elkana, 1983) y que el conocimiento científico y los criterios de su validez están condicionados por unos contextos particulares, que es justamente donde surge y se valida el conocimiento, de modo que no tiene sentido hablar de verdad en términos absolutos, y el conocimiento científico no consiste en una apropiación y acumulación de verdades respecto al mundo, sino en la búsqueda de significados de la realidad construida por el hombre, un enfoque histórico epistemológico, puede permitir ver cómo los diferentes modos de significar la física están ligados a contextos particulares y a problemas propios de ese contexto, lo que posibilita significar la física como una disciplina históricamente constituida (Aguilar, 2006), donde nadie puede acceder al conocimiento real, pues este se metaforiza de modo que es cada sujeto quien construye sus realidades (Ayala M. M., 2008).

En estas reflexiones no se interpreta la historia de manera lineal, siguiendo una secuencia de datos, o la mera recolección de asuntos biográficos y curiosos, la concepción de historia es más bien de un análisis crítico y reflexivo de acontecimientos que generan cambios, un dialogo sin fin entre el pasado y el presente (Carr, 1991).

En cuanto a la relación con la docencia, conocer la física para un profesor de física es conocer, en primer lugar, los problemas que han posibilitado la construcción de fenómenos, la formación y el desarrollo de los conceptos de la física y su sistematización en teorías; las condiciones en que tales problemas fueron planteados, en especial, su pertinencia en el momento histórico en que fueron formulados, conocer la física significa estar en capacidad de caracterizar los procesos de diferenciación conceptual que se desarrollan en la construcción de nuevos fenómenos, en la redefinición y reconceptualización de una problemática, y en la constitución de nuevos objetos disciplinares y métodos y técnicas para abordarlos (Ayala M. M., 2000).

Para los procesos de recontextualización se recomiendan los análisis de los textos originales de primera mano así como Kuhn lo ha señalado, el sistema de enseñanza a través de libros de texto comporta ciertos dogmatismos de base que el retorno a las fuentes contribuiría a superar (Kuhn, 1982). Según este, el análisis de los textos originales de los científicos permite: i) entender que los conceptos que finalmente fueron decantados en un paradigma, y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto, tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo. Esto permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones; ii) identificar las problemáticas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular y en muchas ocasiones, las contradicciones y los debates entre posiciones contrapuestas que generalmente no aparecen en los libros de texto y iii) entender, por comparación, los procesos de recontextualización que se operan en los libros de texto, es decir, tomar conciencia de los cambios en el significado de los conceptos y en su articulación

respectiva, de las transformaciones en la formulación de los problemas, en el lenguaje, en las formas de argumentación y en los criterios de coherencia y de rigor.

2.1.1.3. Acerca de las Cosmovisiones

Cuando se organiza la información que será llevada a un aula de clase para (Aguilar, 2002), el diseño no debe girar exclusivamente en cuanto a las temáticas que se van a presentar, previamente el docente debe incluir entre sus cuestionamientos, la forma cómo concibe las ciencias, ya que estas afectan de manera directa o indirecta su relación con la enseñanza y la disciplina; además, estas reflexiones son las que permiten delimitar y escoger los problemas a tratar dentro del universo físico.

Este autor, expone que del análisis de la observación de una clase o de un docente, se puede inferir la concepción de las ciencias que este tiene, o cómo interpreta la naturaleza de las disciplinas, es usual encontrarse contextos educativos donde los cursos se limitan a repetir leyes, eximiendo la posibilidad de reflexión de algunos fenómenos y teorías.

En este sentido, se considera pertinente realizar algunas referencias y acotaciones en cuanto a las cosmovisiones, sus relaciones y efectos Elkana considera diferentes sistemas culturales, sin hacer privilegio de uno sobre otro, también es importante hacer una selección consecuente de los referentes teóricos para evitar caer en el eclecticismo y dar coherencia y fluidez al discurso desde lo disciplinar y educativo (Segura, 2008) Es por esto que la elección de una cosmovisión, se hace menester desde la argumentación en sus implicaciones en la enseñanza, como propuesta educativa y parta la interpretación de la naturaleza de las ciencias

Por tanto, no será igual estar en un espacio de conceptualización donde el docente adopte una cosmovisión realista del mundo, donde las leyes físicas son invariantes y absolutas en el tiempo, donde el hombre y el sujeto carecen de protagonismo y solo son agentes de recepción y repetición de verdades científicas. Aquí serian asumidas las ciencias como un cumulo de datos o leyes presentes en la naturaleza, donde el hombre se pregunta por las causas primeras de los fenómenos y “utiliza” la ciencia para descubrir y explicar el funcionamiento de su entorno.

Desde el realismo, los razonamientos son de tipo causal, se busca identificar esta causa y sus efectos, con el limitante que los efectos no pueden ser causas; reduciendo los planteamientos científicos a la búsqueda de la causa inicial para poder dar explicación satisfactoria a un determinado fenómeno; dentro de esta cosmovisión los procesos de enseñanza no posibilitan los procesos de reflexión y construcción y no permiten asumir las ciencias como una actividad en donde el hombre puede realizar construcciones que tengan validez en un contexto determinado (Aguilar, 2002).

También se puede pensar en un espacio de conceptualización, donde el docente interprete las ciencias, entendidas como la actividad humana orientada a la comprensión del mundo y como aquella que permite darle significados a las construcciones del hombre, la actividad de las ciencias se constituye en un espacio generador de contextos de construcción y validación de conocimiento (Rodríguez & Romero, 1999).

En este sentido, lo que importa son las relaciones y no el objeto como tal, el sujeto es quien construye y da explicación de su realidad, por tanto se convierte en agente indispensable, primordial y protagonista del acto educativo, dando nuevas tareas a la figura del maestro.

El fenomenismo, es entonces, otra forma de conocer y de relacionarse con el mundo, en donde la realidad es postulada o construida por el sujeto que conoce, de modo que el objeto de las ciencias se centra en la búsqueda de significados, y ante el planteamiento de problemas no se buscan causas sino el establecimiento de relaciones (Aguilar, 2002).

Según Weber, se debe pensar al hombre como un ser sostenido por entramados que el mismo crea, desde diferentes sistemas culturales, donde las ciencias son vistas, no como experimentales y de búsqueda, sino como de relación, interpretación y significación

Para esta investigación se asume la cosmovisión fenomenológica, por estar en consonancia con la forma en cómo se concibe la realidad y se interpretan las ciencias; donde los sujetos son constructores de los fenómenos y no se preocupan por establecer las causas últimas.

Para maestros en formación, es vital tener conocimiento de que lo que determina el “que” y el “cómo” enseñar es precisamente la imagen de ciencia (Aguilar, 2002)

A propósito de esto Rodríguez y Romero (1999) consideran:

Dado que toda práctica de enseñanza de las ciencias está determinada por la imagen de ciencia que el maestro tenga, uno de los imaginarios más relevantes y que es necesario volver objeto de reflexión es precisamente la concepción de ciencia, puesta en juego en la forma como nos relacionamos con el llamado conocimiento científico...

2.1.2 Sobre las teorías del aprendizaje

2.1.2.1 Aprendizaje Significativo

Para este trabajo de grado, un pilar se establece desde el referente teórico presentado por Ausubel en el aprendizaje significativo, por tanto se presentan algunos aportes que serán de utilidad en y aplicación.

Desde lo histórico, el aprendizaje significativo surge en la década de los 70, donde el aprendizaje por descubrimiento gozaba de gran aceptación. Pero pronto la tendencia

decanto en el activismo y el desbordado uso del tiempo, es así como el aprendizaje significativo empieza a dar luz a interpretaciones más desde el análisis y formación de conceptos

Características del Aprendizaje Significativo

David P. Ausubel (1978) acuña la expresión Aprendizaje Significativo para contrastarla con el Aprendizaje Memorístico.

Así, afirma que las características del Aprendizaje Significativo son:

- *“Los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno.*
- *Esto se logra gracias a un esfuerzo deliberado del alumno por relacionar los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos.*
- *Todo lo anterior es producto de una implicación afectiva del alumno, es decir, el alumno quiere aprender aquello que se le presenta porque lo considera valioso. “*

Es común ver contrastes y paralelos del aprendizaje significativo, con el uso de la memoria y la recepción de contenidos, para este trabajo, no se discriminan estos medios de asirse del conocimiento, desde el enfoque epistemológico adoptado y la concepción de ciencia y cosmovisión de acepta que una amalgama de estilos propician, según el contexto el ambiente adecuado para consolidar los avances académicos.

Requisitos para lograr el Aprendizaje Significativo

De acuerdo a la teoría de Ausubel, para que se puedan lograr aprendizajes significativos es necesario se cumplan tres condiciones:

“1. Significatividad lógica del material. Esto es, que el material presentado tenga una estructura interna organizada, que sea susceptible de dar lugar a la construcción de significados. Los conceptos que el profesor presenta, siguen una secuencia lógica y ordenada. Es decir, importa no sólo el contenido, sino la forma en que éste es presentado.

2. Significatividad psicológica del material. Esto se refiere a la posibilidad de que el alumno conecte el conocimiento presentado con los conocimientos previos, ya incluidos en su estructura cognitiva. Los contenidos entonces son comprensibles para el alumno. El alumno debe contener ideas inclusoras en su estructura cognitiva, si esto no es así, el alumno guardará en memoria a corto plazo la información para contestar un examen memorista, y olvidará después, y para siempre, ese contenido.

3. Actitud favorable del alumno. Bien señalamos anteriormente, que el que el alumno quiera aprender no basta para que se dé el aprendizaje significativo, pues también es necesario que pueda aprender (significación lógica y psicológica del material). Sin

embargo, el aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere aprender. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en el que el maestro sólo puede influir a través de la motivación."

Tipos de Aprendizaje Significativo

Ausubel señala tres tipos de aprendizajes, que pueden darse en forma significativa:

1. Aprendizaje de Representaciones

Es cuando el niño adquiere el vocabulario. Primero aprende palabras que representan objetos reales que tienen significado para él. Sin embargo aún no los identifica como categorías. Por ejemplo, el niño aprende la palabra "mamá" pero ésta sólo tiene significado para aplicarse a su propia madre. Para el caso particular de la propuesta de enseñanza fue identificado que en primera instancia que las informantes usaban el concepto de fuerza como una característica intrínseca a los cuerpos, mostrando un nivel meramente representacional.

2. Aprendizaje de Conceptos

El niño, a partir de experiencias concretas, comprende que la palabra "mamá" puede usarse también por otras personas refiriéndose a sus propias madres. Lo mismo sucede con "papá", "hermana", "perro", etc.

También puede darse cuando, en la edad escolar, los alumnos se someten a contextos de aprendizaje por recepción o por descubrimiento y comprenden conceptos abstractos tales como "gobierno", "país", "democracia", "mamífero", etc.

3. Aprendizaje de Proposiciones

Cuando el alumno conoce el significado de los conceptos, puede formar frases que contengan dos o más conceptos en las que se afirme o niegue algo. Así un concepto nuevo es asimilado al integrarlo en su estructura cognitiva con los conocimientos previos. Dicha asimilación puede interiorizarse mediante uno de los siguientes procesos:

- Por diferenciación progresiva. Cuando el concepto nuevo se subordina a conceptos más inclusores que el alumno ya conocía. Por ejemplo, el alumno conoce el concepto de triángulo y al conocer su clasificación puede afirmar: "Los triángulos pueden ser isósceles, equiláteros o escalenos".
- Por reconciliación integradora. Cuando el concepto nuevo es de mayor grado de inclusión que los conceptos que el alumno ya conocía. Por ejemplo, el alumno conoce los perros, los gatos, las ballenas, los conejos y al conocer el concepto de "mamífero" puede afirmar: "Los perros, los gatos, las ballenas y los conejos son mamíferos".

- Por combinación. Cuando el concepto nuevo tiene la misma jerarquía que los conocidos. Por ejemplo, el alumno conoce los conceptos de rombo y cuadrado y es capaz de identificar que: "El rombo tiene cuatro lados, como el cuadrado".

2.1.2.2. Matemización, Formalización y Recontextualización en la Enseñanza de la Física

Los procesos de matemización, formalización y recontextualización, no están bien definidos y delimitados en la enseñanza de las ciencias, es así como Ayala (2008) advierte que en muchos casos se confunde a los procesos de formalización con la aplicación satisfactoria de fórmulas y algoritmos matemáticos para la resolución de problemas propuestos en los libros de texto; por tanto se hace necesario establecer criterios definidos en la utilización de estos procedimientos.

Gran parte de los problemas para identificar los procedimientos mencionados, radica en la interpretación y concepción que se tiene de los referentes matemáticos y físicos (Ayala M. M., 2008); este autor también señala que durante la historia se ha sostenido un debate acerca del soporte que puede dar la matemática a la física o la física a la matemática, fundamentada en una concepción de la matemática como el estudio de las formas abstractas y la física como la ciencia de lo concreto por excelencia ¿Cómo pueden estas disciplinas tan opuestas trabajar exitosamente en conjunto? El objetivo ahora no se centra en ahondar en esta problemática, en esta práctica docente se asume que la física y la matemática pueden compartir formas similares en cuanto se pueden considerar que son elaboraciones formales de lo externo, premisa que permite reducir las fronteras entre matemización, formalización y recontextualización de saberes; además no existe una única manera de concebir la materialización de la relación entre matemática y física, pues esta no es universal ni ahistórica, depende tanto de las estructuras de los sistemas matemáticos como de los conceptos y magnitudes físicas (Paty, 1991).

Los procesos de matemización suelen confundirse; matematizar un fenómeno físico no consiste en sobreponer un formalismo matemático al fenómeno físico, se requiere ante todo construir la posibilidad misma de matematizarlo, es decir, de construir las magnitudes, relaciones y procedimientos apropiados para representarlo y cuantificarlo (Romero, 2002). Desde esta postura, la matemización, no se limita al hecho de establecer cantidades y observables físicos y trasciende a la construcción de relaciones de plausibilidad matemática de un fenómeno.

Por otro lado la formalización de los fenómenos físicos es catalogada como uno de los procesos que más dificultades causan a los estudiantes de física, tanto en el ámbito de la educación media como en el de la educación superior (Ayala M. M., 2008), estos procesos de formalización están determinados por las maneras particulares de considerar la naturaleza del conocimiento matemático y del conocimiento físico y sus dinámicas, asunto que se abordó en los párrafos iniciales, donde es importante agregar que los análisis

histórico epistemológicos de la física han contribuido a superar la relación de confrontación entre estas dos disciplinas.

Si asumimos la ciencia como una actividad humana históricamente construida desde una cosmovisión fenomenológica donde el sujeto es “creador” de sus realidades, se puede afirmar que nadie es poseedor ni tiene acceso al conocimiento “real”, el conocimiento aquí es metafórico; consecuente con esto Ayala (2008) afirma que formalizar es un proceso cognoscitivo a través del cual se da forma a los propios modos internos de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos externos según los cuales el acaecer del mundo puede ser reconocido.

De modo similar Paolo Guidoni (1987) define la formalización como:

“Formalizar quiere decir dar una forma definida y esquematizada a alguna cosa: significa ver alguna cosa, operar sobre alguna cosa, según las propiedades y las reglas de un entrecruce de formas que ya se conocen en cuanto tales, que se precisan y se organizan ulteriormente en el acto mismo de formalizar”

Es importante recordar que la dinámica del conocimiento según Guidoni se da como un proceso dialectico entre experiencia, lenguaje y conocimiento, de este modo 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 donde cada sujeto construye sus modelos y representaciones de la realidad (Ayala M. M., 2008).

María Mercedes Ayala clasifica los procesos de formalización de la siguiente forma:

Formalización de Carácter Pragmático: Esta se da de manera inconsciente y se establece el lenguaje como herramienta organizadora, se genera en las prácticas cotidianas de comunicación, están relacionadas con mirar por clases y variables o por sistemas.

Aplicación de las Matemáticas en el Análisis de los Fenómenos Físicos: Aquí matematizar un fenómeno físico no consiste en sobreponer un formalismo matemático al fenómeno físico, se requiere ante todo construir la posibilidad misma de matematizarlo, es decir, de construir las magnitudes, relaciones y procedimientos apropiados para representarlo y cuantificarlo (Romero, 2002).

Axiomatización de las Teorías Física y Unificación de Campos Fenoménicos: Estos procesos de formalización se identifican por la unificación, jerarquización y redefinición de campos fenoménicos.

Matematización de un Campo Fenoménico: En estos procesos se da una “sustitución” de aspectos físicos por un reemplazante matemático.

Como conclusión preliminar formalizar es pues una parte esencial del proceso de construcción de conocimiento, caracterizado ante todo por la elaboración y uso de estrategias según las cuales los “diversos modos de mirar” son adaptados continuamente a aspectos de una realidad que a su vez organizada de acuerdo a estos modos de conocer (Ayala M. M., 2008; Guidoni, 1987). En cuanto a la recontextualización en una definición general de Berstein (1975) se establece como una actividad de producción de significados cuya intención es situar un conocimiento de manera significativa en un contexto diferente al que dicho conocimiento se originó, para estos procedimientos se pueden hacer uso de la matematización y formalización ya mencionada, donde cada uno de estos pueden ser catalogados en sí mismos como procedimientos de recontextualización de saberes.

La importancia de recontextualizar los saberes radica en que el conocimiento para existir socialmente, debe circular, debe ser apropiado en contextos culturales diversos (Granés J. , 1997), idea que va en consonancia con los presupuestos epistemológicos de Elkana al asumir la ciencia como un sistema cultural.

Los principios que presiden la recontextualización orientan la selección, la secuenciación de los contenidos y el ritmo de enseñanza (Berstein B. , 1984)en este sentido es menester precisar el cuidado al recontextualizar a partir de los libros tradicionales de texto, los cuales ya son producto de una recontextualización previa generalmente a partir de cosmovisiones realistas y concepciones de historia lineales; según Kunh es más conveniente hacer estos procedimientos de los textos originales o conocidos como de primera mano.

2.1.3 Sobre las leyes de Newton y los diagramas de fuerza

Sobre los diagramas de fuerza

Los diagramas de fuerza, o como suele llamárseles en algunos contextos, los “diagramas de cuerpo libre”, son sin duda alguna un elemento vital dentro de los análisis de un fenómeno en física y más cuando se habla de la mecánica. Para un análisis de fuerzas en un sistema físico se debe realizar un adecuado registro pictórico de la situación en donde se evidencien las interacciones presentes. Si el diagrama de fuerzas presenta errores, se decantara en el planteamiento de ecuaciones que no modelaran adecuadamente la situación física, es desde este enfoque que es imperante que los estudiantes ejerciten en gran medida la elaboración de estos diagramas, no desde un enfoque netamente mecanicista, sino como producto de las interacciones entre sistemas físicos y aproximaciones a las leyes de Newton.

En particular, para este trabajo de grado se desarrollaron con las informantes los diagramas de fuerzas para sistemas físicos que permiten modelarse a través del concepto de partícula (punto geométrico dotado de masa), delimitación de la cual ya se habló y que no fue conveniente extender a fenómenos ligados a la interpretación de modelos en cuerpos rígidos.

Para su elaboración, se propuso una secuencia sugerida a través de la delimitación de un sistema físico, marco de referencia, interacciones (matriz de interacciones), gráfico de vectores. En una segunda etapa se llegó al establecimiento de ecuaciones a partir de las leyes de Newton, cálculo de observables físicos, verificación y coherencia en los resultados.

Sobre las leyes de Newton

En esta práctica docente se trataron las leyes de Newton para aquellos sistemas que pueden ser simplificados al modelo de una partícula. A continuación se enuncian las leyes de movimiento de Newton para una partícula:

Primera Ley:

Todo cuerpo permanece en su estado de reposo, o de movimiento uniforme en línea recta, excepto si sobre él actúan fuerzas.

Si estamos en un marco inercial de referencia y sobre un cuerpo puntual o partícula no actúa fuerza neta, el cuerpo se moverá con velocidad constante.

Segunda Ley:

Si escribimos $\Sigma \vec{F}$ como la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y m como la masa inercial, que llamaremos simplemente masa, la segunda ley se escribe.

$$\boxed{\Sigma \vec{F} = m \vec{a}}$$

Respecto a un marco inercial de referencia.

Los cuerpos materiales tienen la propiedad de que, para modificarles su velocidad, es necesario ejercer una fuerza sobre ellos.

Tercera Ley:

Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este último ejerce sobre el primero una fuerza de igual magnitud y dirección contraria.

2.2 Antecedentes del tema

Los investigadores Martínez y Aguilera (2003) presentan una propuesta de enseñanza de la física basada en la naturaleza de los sistemas físicos. Según ellos, para el estudio de los fenómenos físicos es necesaria la identificación de observables y de relaciones entre ellos. La relación de estos observables definen el sistema físico en el cual tiene lugar los fenómenos de interés. Desde ésta perspectiva el discutir las propiedades que presentan

los observables, enfocan el mismo fenómeno desde diferentes áreas de la física (mecánica, termodinámica, electromagnetismo,...) y se constituye en una metodología para el estudio de sistemas físicos. El objetivo de estos investigadores es diseñar estrategias con base a estudios detallados que implican la construcción del conocimiento en determinados escenarios epistemológicos. Según Martínez y Aguilera, esta manera de enseñar los conceptos físicos a tratar en un curso, se basan en el método hipotético deductivo a fin de establecer las relaciones entre los diferentes observables que definen el sistema.

De modo similar, Rojas (2003) argumenta en su artículo *On the Teaching and Learning of Physics: A Criticism and a Systemic Approach*, que la cantidad de investigaciones publicadas por *Physics Education Research* muestran, por un lado, un creciente interés en el diseño y desarrollo de estrategias de enseñanza y, por otra parte, un intento por comprender las formas posibles como el cerebro procesa la información científica, a fin de que las destrezas del pensamiento científico puedan ser enseñadas de manera más eficaz, pero que a pesar de estos importantes esfuerzos, los resultados publicados son abrumadores y confusos para los maestros en física, en este sentido, las conclusiones que han surgido en los artículos, son en algunos casos polémicos y lejos de ser concluyentes en señalar una estrategia para superar los problemas de enseñanza. En consecuencia, Rojas concluye con base en el análisis de los trabajos publicados, que una de las principales dificultades para la enseñanza de la física está asociada a la falta de un marco metodológico y coherente que integre, tanto los aspectos conceptuales y los razonamiento matemáticos, en una forma sistémica de pensar.

Machado y otros (1992) en su investigación sobre los conceptos de energía y sistema, con estudiantes de ciencias de la salud de la Universidad Simón Bolívar del Valle de Sartenejas, Venezuela, se fundamentan con la teoría cognitiva de Ausubel y tiene como objetivo principal, describir los procesos de aprendizaje para determinar la estructura de la asignatura de física alrededor de un concepto organizador. La información, se obtiene mediante encuestas y entrevistas. Ellos concluyen que el concepto organizador es el de sistema, pues, partiendo de una definición de sistema y de sus propiedades, se presenta el cuerpo humano como un conjunto de sistemas: bioquímico, nervioso, cardiovascular, respiratorio, renal, térmico, digestivo, etc. Se discute la necesidad de que cada sistema funcione adecuadamente, en armonía con el resto y adaptado al medio ambiente.

En Washington, Estados Unidos (Dermott, 1997), se realizó una investigación para indagar concepciones previas en los estudiantes de los cursos de Física Mecánica, arrojando como conclusión inicial que los errores conceptuales de los estudiantes universitarios, no son muy diferentes a los que presentan los estudiantes de los colegios; desde los disciplinar, en particular desde el concepto de fuerza, las concepciones más arraigadas están en la relación inherente entre fuerza y movimiento, la proporcionalidad entre fuerza y velocidad y la interpretación del concepto, como perteneciente a los cuerpos sin necesidad de interacción.

Mcdermott, realizó una investigación con más de 100 alumnos de un curso de introducción a la mecánica donde debían responder a una pequeña prueba en la cual se les indicaba que sus respuestas debían ser cortas, y se trataba sobre los conceptos de fuerza y movimiento (Champagne y al., 1980). Los resultados revelaron que los alumnos que habían estudiado física precedentemente tenían muchas ideas erróneas: una fuerza produce un movimiento; una fuerza constante produce una velocidad constante con una intensidad de la velocidad proporcional a la fuerza; la aceleración es debida al aumento de la fuerza; en ausencia de fuerza los objetos que están en reposo o detenidos. Los resultados de otro estudio indican igualmente que antes y después del curso de introducción a la mecánica numerosos estudiantes parecen creer que el movimiento implica una fuerza (Clement, 1982). El estudio utilizó los tests escritos y entrevistas sobre un péndulo y una pieza de moneda lanzada al aire.

Otra investigación estudió en qué medida de los alumnos aplican de forma consistente diferentes concepciones sobre la fuerza (por ejemplo “el movimiento implica una fuerza”) en contextos variados (por ejemplo en los cuerpos en movimiento y en los cuerpos en reposo) (Finegold&Gorsk, 1991). Más de 500 alumnos de la universidad y de las escuelas secundarias superiores de Israel respondieron a un test escrito, por otra parte se les hizo una entrevista a 35 alumnos. El test comprendía preguntas relativas a las fuerzas actuando sobre objetos variados, como un libro colocado sobre una mesa, una masa suspendida en un péndulo, una bola de cañón en vuelo, etc. Para las preguntas concernientes a los objetos en movimiento, los autores encontraron que los alumnos que utilizaban una fuerza en la dirección del movimiento, la usaban en ciertas situaciones y no en todas. La creencia que alguna fuerza no reacciona sobre un objeto en reposo se presentaba muy a menudo.

Lara y Barragán realizan una investigación acerca de la enseñanza del concepto de fuerza, partiendo del uso correcto del lenguaje, dentro de la metodología se usó la cuantificación del índice de Hake para medir factores de ganancia.

(Mualem, 2007), a través de diferentes estudios, comparte que en la enseñanza de la física en secundaria se abordan problemas de enfoque cuantitativo y poco cualitativos como los propone el FCI. Propone el desarrollo conceptual a partir del análisis de situaciones comparativas por medio de la elaboración de diagramas de fuerzas, con base en bloques y tablas de interacciones, garantizando así un cambio de actitud de los estudiantes hacia la física, mejoras conceptuales y mayor inclinación hacia los saberes científicos.

(Rosengramt, 2009), realiza una investigación de corte cualitativo y cuantitativo en los Estados Unidos, en el cual concluye que la elaboración de representaciones gráficas y pictóricas contribuye con el aprendizaje de los conceptos y explicaciones en física, en particular establece la elaboración de diagramas de cuerpo libre como aspecto fundamental en la modelación de situaciones y problemas. También concluyendo que los

estudiantes elaboran los diagramas, así no se les tenga en cuenta para su calificación y que quienes los realizan, son más exitosos en cuanto a la resolución y explicaciones de fenómenos en física.

Por último, Cesar Mora, midió el impacto de las concepciones de fuerza en la historia, por medio del uso del cuestionario FCI, en el cual ratificó las concepciones erróneas ya mencionadas.

2.3 Elaboración de la hipótesis

La enseñanza de las leyes de Newton desde un enfoque constructivista mediante el uso adecuado y sistemático de los diagramas de fuerza proporcionará una sustancial ganancia de aprendizaje de éstas en las alumnas de X grado del colegio Bethlemitas, en cuanto a su comprensión y correcta aplicación.

3. METODOLOGÍA (PROCEDIMIENTO)

3.1 Caracterización

La metodología del presente trabajo de grado, se fundamenta en características mixtas desde lo cuantitativo y cualitativo con estudio de caso intrínseco.

De acuerdo con Stake (1998) lo cualitativo, permite analizar mejor la experiencia humana, estudiando las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. Se sabe que los problemas en donde se incluyen personas, pocas veces tienen una causa sencilla y no basta con la simple explicación, sino que se hace necesaria la comprensión y esta trasciende a la explicación en la medida en que le ofrece al lector la posibilidad de sentir lo que la experiencia misma trasmite. Por lo tanto, este tipo de investigación exige de la constante observación, análisis e interpretación de los hechos.

Stake (1990) dice que, un niño, un profesor, la escuela, un grupo de niños, los profesores de determinado colegio o las escuelas de una determinada zona son casos. Además, un caso puede ser intrínseco, es decir, cuando no se necesita conocer el caso, para aprender sobre un problema en general, sino porque se aprende sobre el caso en sí mismo. En este tipo de casos, el objeto de estudio, es el caso mismo. El caso también puede ser instrumental, cuando el estudio del caso nos permite comprender otra cosa más general, es decir, el objetivo no es comprender el caso en sí.

Este trabajo de grado es clasificado como un estudio de caso intrínseco, pues esta tiene la posibilidad tener en cuenta el contexto, no permite las generalizaciones sino que su objetivo es conocer a fondo el problema para poder mirar en que contextos y bajo qué circunstancias el estudio es transferible. Es decir, el caso interesa en sí mismo tanto por lo que tiene de único, como por lo que tiene de diferente, más que un proceso es un objeto que cuenta con toda la especificidad y complejidad necesarias como para ser interesante (Stake, 1998).

Dentro del estudio de caso, no hay interés de generalización, se interpreta la argumentación del otro, no tendría sentido generalizar las conclusiones de una investigación por el método de estudio de caso.

Por lo tanto este trabajo es cualitativo con estudio de caso intrínseco ya que el estudio que se adelantó con un grupo de estudiantes en cuanto a la forma como utilizan los diagramas de fuerza para mejorar su desempeño conceptual. También presenta un componente cuantitativo desde la interpretación de índices de Hake y gráficas estadísticas.

3.1.1 Características definitorias del estudio cualitativo

Según Stake (1990) un trabajo cualitativo presenta las siguientes características:

1. Es holístico: La contextualidad está definida, está orientado al caso, se evita el reduccionismo y el elementalismo, es relativamente no comparativo y busca comprender su objeto más que comprender en qué se diferencia de otros.
2. Es empírico: Está orientado al campo de observación; la atención se centra en lo que se observa, incluidas las observaciones hechas por los informadores; es todo lo posible por ser naturalista, no intervencionista; y no hay una relativa preferencia lingüística en las descripciones, con cierto desdén por las grandes expresiones.
3. Es interpretativo: Los investigadores confían más en la intuición, con muchos criterios importantes sin especificar; los observados de campo tratan de mantener despierta la atención para reconocer los acontecimientos relevantes para el problema y sintoniza con la idea de que la investigación es una interacción de investigador y el sujeto.
4. Es empático: Atiende a la intencionalidad del autor; busca los esquemas de referencia del actor, sus valores; aunque planificando, el diseño atiende a nuevas realidades, responde a nuevas situaciones y los informes sirven de experiencia indirecta.

3.1.2 Proceso del trabajo

Aunque el proceso de trabajo no difiere de muchos otros tipos, hay algunas particularidades que debemos considerar: (Fraenkel y Wallen, 1996)

Identificación del problema: El proceso no está estricto a unas variables específicas, el mismo problema o asunto se reformula a medida que se lleva el trabajo en sus inicios.

Identificación de los participantes: generalmente es una selección de participantes, no aleatoria, ya que quien observa procura por participantes que concierne más a los propósitos específicos de la investigación. Para el caso particular se seleccionó varios informantes de cada grupo de décimo para la descripción cualitativa. Para el análisis cuantitativo se indaga en toda la población estudiantil.

La formulación de hipótesis: contrario a los estudios cuantitativos, las hipótesis no se formulan al inicio del trabajo, sino más bien que surgen a medida que se lleva a cabo. Las mismas pueden ser modificadas, o surgen nuevas o descartadas en el proceso.

El análisis de los datos: es uno, mayormente de síntesis e integración de la información que se obtiene de diverso instrumentos y medios de observación. Prepondera más un análisis descriptivo coherente que pretende lograr una interpretación minuciosa y detallada del asunto o problema. Para el caso particular se complementa con un análisis estadístico de datos, debido a la caracterización dual en el proceso.

Conclusiones: se derivan o se infieren continuamente durante el proceso. Contrario a los estudios de índole cuantitativas que resultan al final del trabajo, en el estudio cualitativo se reformulan a medida que se vaya interpretando los datos.

3.2 Fases del trabajo

3.2.1 Fase 1

3.2.1.1 Descripción del Contexto

El contexto de la ejecución de la práctica docente se desarrolla en la Institución Educativa Colegio Bethlemitas; centro educativo ubicado en el sector de Laureles, en Medellín, Antioquia, Colombia, donde se cursan los grados de quinto a undécimo.

Con una población de aproximadamente 550 estudiantes, todas de género femenino y ubicadas entre los estratos económicos 3, 4 y 5 principalmente. Es una institución educativa dinámica, participativa y actualizada que sirve a la Iglesia y a la sociedad con renovado compromiso evangelizador.

Forma integralmente niñas y jóvenes con una educación de calidad fundamentada en valores humano-cristianos, una excelente preparación académica y un alto compromiso social.

Cuenta con el mandato misionero de Jesús y la experiencia pedagógica innovadora del Santo Hermano Pedro de Betancur y la Beata Encarnación Rosal, con un proyecto educativo que integra Ciencia - Cultura – Evangelio y con la calidad humana, espiritual y profesional de quienes conformamos la familia Bethlemita.

Tiene certificación ISO-9001 y goza de acreditación ICFES en categoría muy superior. Su modelo pedagógico está enmarcado en el uso de la EpC (Enseñanza para la comprensión) que va en sintonía con las ideas del constructivismo y el aprendizaje significativo, además goza de excelentes instalaciones y laboratorios.

3.2.1.2 Génesis de la pregunta

Quien desarrolla la práctica docente, tiene el privilegio de ser profesor del Colegio Bethlemitas (Jefe de Área de Matemáticas) y trabajar como monitor de postgrado en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, y entre algunas de sus funciones esta acompañar el curso de física de mecánica, por lo cual ha evidenciado problemas en los estudiantes en cuanto al concepto de fuerza y elaboración de diagramas, como complemento, la escuela de física y en particular el Ms.c Diego Aristizabal durante una gran trayectoria y el acumulación de gran experiencia docente durante muchos años, han permitido identificar que los estudiantes llegan a la universidad con falencias procedimentales y conceptuales que pueden “entorpecer” la enseñanza de la física en los niveles superiores, es así, como surge esta iniciativa para establecer un puente de mejora

entre la enseñanza de la física en los niveles escolares y universitarios, tomando como eje fundamental la elaboración de diagramas de fuerzas.

3.2.2 Fase 2

3.2.2.1 Descripción de los informantes

Los informantes dentro del estudio de caso, son estudiantes (todas mujeres) entre las edades de 15 y 16 años, ubicadas entre los estratos económicos 3,4 y 5 principalmente, todas inscritas y matriculadas en el Colegio Bethlemitas Laureles.

Los grupos se distribuyen como es común en las instituciones educativas, para el caso particular, se nombran como 10A, 10B y 10C, conformados en promedio por 35 estudiantes.

Para el análisis cuantitativo de los datos suministrados por las informantes, se procedió a interpretar todo el conjunto, discretizando por grupos y un enfoque global final, en cuanto a la información y análisis cualitativo, se realizó una selección de varias informantes que sirvieron para establecer correspondencias y avances según la propuesta de enseñanza y las categorías medibles.

3.2.2.2 Diseño de actividades conceptuales

Para la actividad diagnóstica se procede de dos formas:

1. Elaboración del Test FCI
2. Elaboración de mapas conceptuales por parte de los estudiantes.

Estas dos estrategias permitieron indagar en la estructura cognitiva de los informantes y de esta forma identificar conceptos de anclaje, además permiten el establecimiento de niveles aprendizaje (subordinado, superordinado o combinatorio) para los procesos de diferenciación progresiva o reconciliación integradora.

Dentro la implementación de la propuesta como tal, se ejecutaron guías como la presentada en el ejemplo de delimitación temática (el cual se registra en el apartado de actividades conceptualización), además de actividades experimentales, simulaciones y desarrollos histórico-epistemológicos, todos estos enmarcados en el constructivismo y desarrollados con base en la indagado en la fase de indagación.

Finalmente se ejecutó una prueba final que permita establecer comparaciones con la inicial y describir mejoras o decrementos en los niveles de comprensión en los informantes.

3.2.3 Fase 3

3.2.3.1 Criterios de análisis

Cuantitativo

El análisis se realizó a partir de los resultados arrojados por el cuestionario FCI desarrollado por las informantes antes y después de ser ejecutada la propuesta de enseñanza, esto permitió establecer un criterio cuantitativo de ganancia por medio del cálculo de un índice de Hake g :

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100\% - \text{pretest}(\%)}$$

Este factor puede tomar valores entre 0 y 1, donde 0 representa que no hay mejora conceptual alguna, mientras que 1 corresponde a la máxima comprensión conceptual posible. Estableciendo con la ganancia relativa de aprendizaje es posible clasificar tres niveles de logro, estos son:

- g alto: cuando el resultado obtenido para g es > 0.7
- g medio: cuando el resultado obtenido para g está en el rango $0.3 < g \leq 0.7$
- g bajo: cuando el resultado obtenido para g es ≤ 0.3

Cualitativo

En cuanto a las descripciones cualitativas, fueron de vital importancia la elaboración de mapas conceptuales y de diagramas de fuerzas.

Se buscó establecer correspondencia entre las argumentaciones de los informantes en cuanto a las siguientes categorías:

- C1: Interpreta el concepto de fuerza como producto de la interacción entre dos o más sistemas físicos y no como una propiedad inherente a cada cuerpo.
- C2: Diferencia el modelo de partícula y cuerpo rígido en la elaboración de un diagrama de fuerzas.
- C3: Interpreta el concepto de marco inercial de referencia y establece diferencias con la elección y ubicación de ejes coordenados
- C4: En la elaboración de diagramas de fuerzas, genera evidencia de la comprensión de las tres leyes de Newton, a partir de las descripciones de interacciones, reacciones y matrices.

Para establecer si un informante aplica o no en cada criterio y categoría, se indaga en sus argumentaciones y respuestas, de forma descriptiva y cualitativa; además se coteja con sus resultados cuantitativos.

3.2.3.2 Actividad diagnostico

Se realizará a partir de dos instrumentos:

Cuestionario FCI

El Force Concept Inventory es un test compuesto por una serie de cuestiones de opción múltiple diseñado para determinar la comprensión de los conceptos básicos de la Mecánica de Newton. Puede ser utilizado con distintos propósitos, siendo los más importantes como herramienta de evaluación de los conocimientos de Mecánica y de la eficiencia didáctica, y de detección de preconceptos en Mecánica.

El término rendimiento académico integra la eficiencia didáctica con el estado de conocimientos de Mecánica, una vez finalizado el proceso enseñanza-aprendizaje de la Mecánica.

El FCI fue elegido como la principal herramienta de evaluación de la presente investigación, al haber sido observadas en él unas capacidades de evaluación que se ajustaban a los objetivos de la misma, y por tratarse de un test que goza de gran reconocimiento en el ámbito de la investigación educativa relacionada con la enseñanza de la Física y, en particular, de la Mecánica.

Los propios autores del FCI destacan el concepto de fuerza como fundamental en la Mecánica de Newton y atribuyen al test la utilidad para conocer la percepción que tienen los alumnos de dicho concepto, en comparación con la concepción newtoniana.

El test consta de treinta preguntas en las que debe elegirse una de entre cinco opciones posibles, a excepción de la pregunta dieciséis que tiene sólo cuatro. Sólo una de ellas de cada pregunta se considera correcta y es aquella que coincide con la concepción newtoniana del concepto cuestionado. Su resolución requiere, por tanto, la elección entre unas alternativas basadas en concepciones erróneas y aquellas acordes a la percepción newtoniana de la Mecánica. La prueba usada se agrega en el anexo, la cual fue adaptada con un número de veinte preguntas y las informantes contaron con treinta minutos para dar cumplimiento al test.

Mapas Conceptuales:

Se indagó en la estructura cognitiva del estudiante por medio de la elaboración de mapas conceptuales a partir de lecturas y situaciones, se pretende verificar la noción de fuerza y la jerarquía de los conceptos, además de las relaciones que se establecen por medio de los

conectores, todo esto según los parámetros establecidos por Novak y las categorías establecidas en los criterios de análisis.

3.2.3.3 Actividad de Conceptualización

Se presenta un ejemplo de actividad de elaboración de diagramas de fuerza, similar a la mostrada en el siguiente ejemplo, se darán gran cantidad de actividades.

Ejemplo

1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN FÍSICA



Ilustración 2. Foto ejemplo

Sistema físico: El libro:

Libro en reposo sobre mesa horizontal.

2. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE LA SITUACIÓN FÍSICA

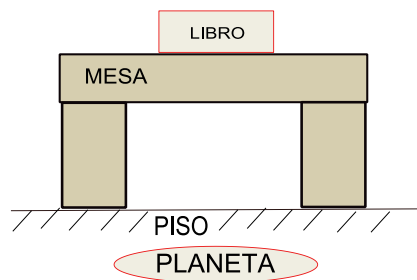


Ilustración 3. Esquema ejemplo

3. REPRESENTAR EN FORMA MATRICIAL LAS INTERACCIONES ENTRE SISTEMAS

	LIBRO	MESA	PISO	PLANETA
LIBRO	IMPOSIBLE	SI	NO	SI
MESA	SI	IMPOSIBLE	SI	SI
PISO	NO	SI	IMPOSIBLE	SI
PLANETA	SI	SI	SI	IMPOSIBLE

Celdas del mismo color corresponden a un par de ACCIÓN-REACCIÓN (Tercera ley de Newton)

Tabla1. Interacciones en ejemplo

4. REPRESENTAR CON LÍNEA PUNTEADA CERRADA EL(LOS) SISTEMA(S) FÍSICO(S) DE INTERÉS

Sistema físico de interés: El libro

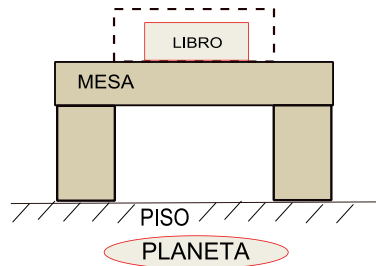


Ilustración 4. Esquema 2 en ejemplo

5. LISTA DETALLADA DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL(LOS) SISTEMA(S) FÍSICO(S) DE INTERÉS Y ASIGNAR UNA NOTACIÓN

Sistema: El libro

- Fuerza que ejerce la mesa sobre el libro (Fuerza Normal): N
- Fuerza de atracción que ejerce el planeta tierra sobre el libro (Peso del libro): P

¿Cuáles son las fuerzas de reacción?

- Fuerza que ejerce el libro sobre la mesa (actúa sobre la mesa): N'
- Fuerza de atracción que ejerce el libro sobre el planeta (actúa sobre el planeta): P'

6. REPRESENTACIÓN DE LAS FUERZAS (DIAGRAMA DE FUERZAS) QUE ACTÚAN SOBRE EL(LOS) SISTEMA(S) DE INTERÉS

- Debe “aislarse el sistema”.
- Las fuerzas, en la medida de lo posible, se representarán con longitudes relativas.

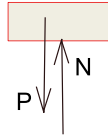


Ilustración 5. Aislado el Sistema mecánico.

7. REPRESENTACIÓN DE LAS FUERZAS SIMPLIFICANDO EL MODELO A UNA PARTÍCULA (SÍ ES POSIBLE)



Ilustración 6. Diagrama modelo de partícula.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Resultados (FCI)

A continuación se presentan los resultados estadísticos arrojados por la presentación del FCI. Para este informe se tendrá en cuenta la comparación de porcentajes de aprobación inicial y final, por cada grupo; se incluye además cada índice de Hake.

También se presentan los gráficos, donde se mira el comportamiento y comparación de índices de aprobación según el concepto que impactan las preguntas, en diferentes bloques como primera ley de Newton, segunda ley de Newton, tercera ley de Newton, cinemática y clases de fuerzas, acompañadas de respectivo índice de Hake.

4.1.1 Resultados generales por grupos

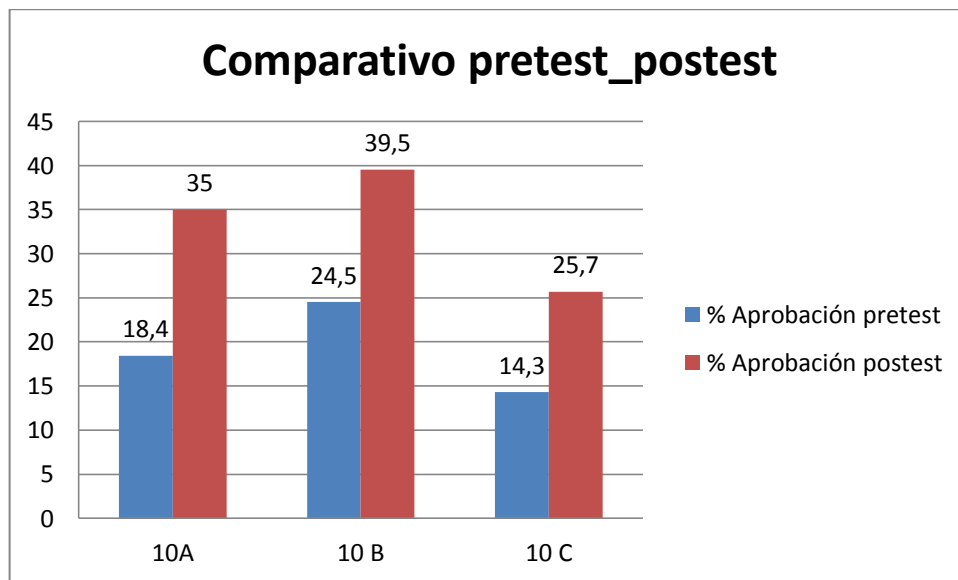


Ilustración 7. Comparativo pretest-postest

GRUPO	% Aprobación pretest	% Aprobación postest	Índice de Hake
10 A	18,4	35	0,20
10 B	24,5	39,5	0,20
10 C	14,3	25,7	0,13

Tabla2. Índice de Hake general por grupos

4.1.2 Resultados por conceptos por grupos

La caracterización de preguntas se realizó según la descripción de la tabla 6, donde los números corresponden al número de la pregunta según la adaptación del cuestionario FCI, el cual se adjunta en el anexo:

TEMA	AGRUPACIÓN DE PREGUNTAS
PRIMERA LEY	5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15 y 19.
SEGUNDA LEY	1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 y 20.
TERCERA LEY	4, 7, 8 y 18
CLASES DE FUERZA	1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 19 y 20.
CINEMÁTICA	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 20.

Tabla 3. Caracterización de preguntas en FCI (adaptado)

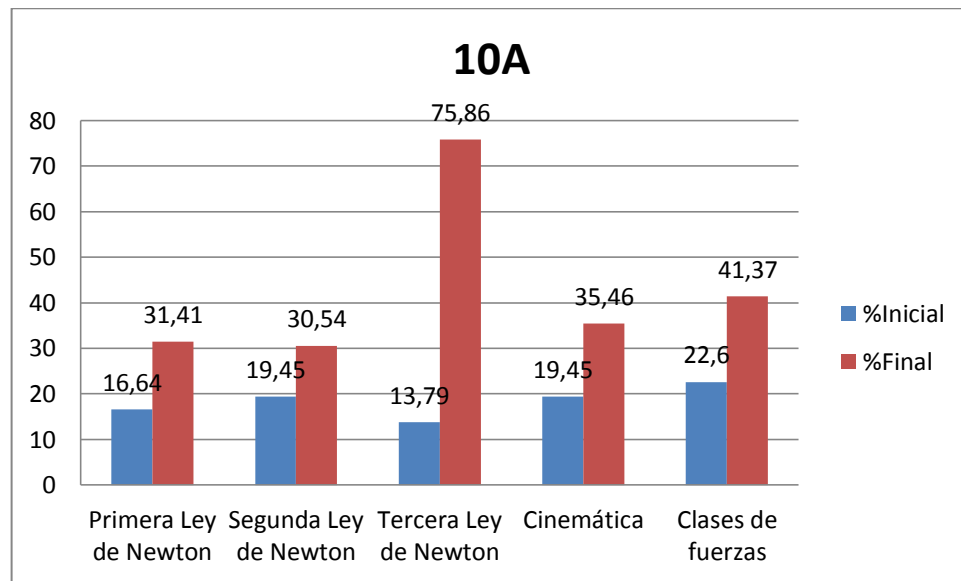


Ilustración 8. % Aprobación 10 A (por conceptos)

CONCEPTO	% Aprobación pretest	% Aprobación postest	Índice de Hake
PRIMERA LEY	16,64	31,41	0,18
SEGUNDA LEY	19,45	30,54	0,14
TERCERA LEY	13,79	75,86	0,72
CINEMÁTICA	19,45	35,46	0,20
CLASES DE FUERZA	22,6	41,37	0,24

Tabla 4. Índice de Hake por conceptos del grupo 10 A

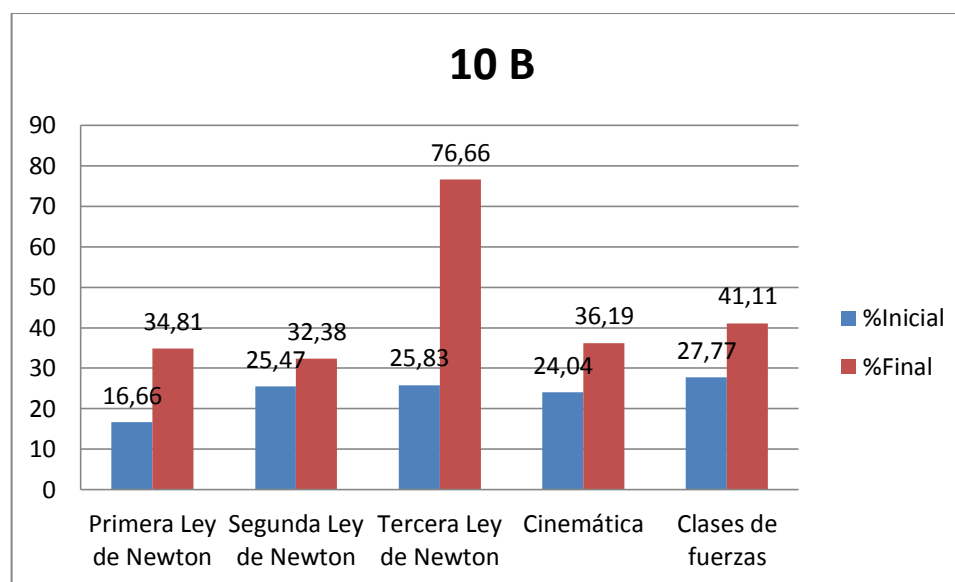


Ilustración9. 10 B (por conceptos)

CONCEPTO	% Aprobación pretest	% Aprobación postest	Índice de Hake
PRIMERA LEY	16,66	34,81	0,22
SEGUNDA LEY	25,47	32,38	0,09
TERCERA LEY	25,83	76,66	0,69
CINEMÁTICA	24,04	36,19	0,16
CLASES DE FUERZA	27,77	41,11	0,18

Tabla 5. Índice de Hake por conceptos del grupo 10 B

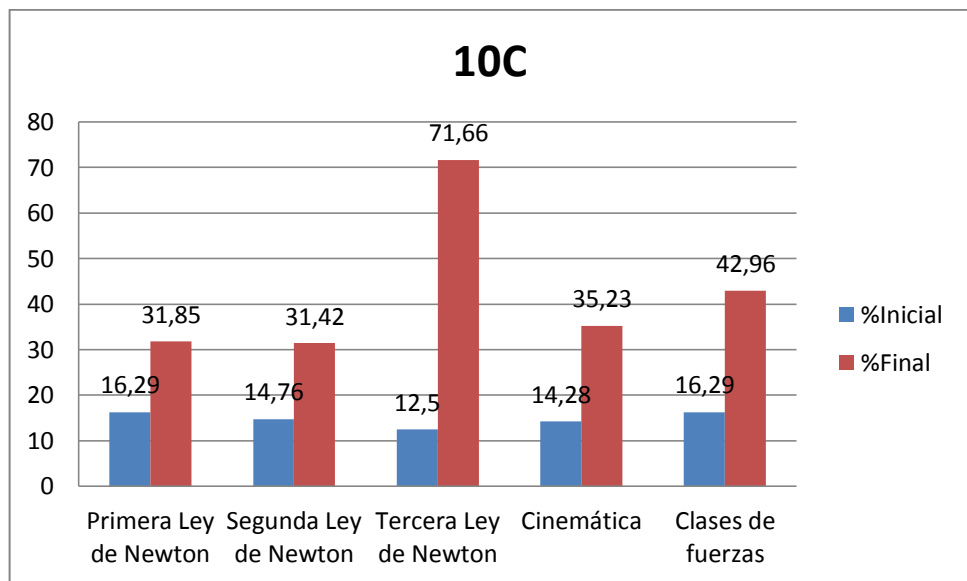


Ilustración 10. Aprobación 10 C (por conceptos)

CONCEPTO	% Aprobación pretest	% Aprobación posttest	Índice de Hake
PRIMERA LEY	16,29	31,85	0,19
SEGUNDA LEY	14,76	31,42	0,20
TERCERA LEY	12,5	71,66	0,68
CINEMÁTICA	14,28	35,23	0,24
CLASES DE FUERZA	16,29	42,96	0,32

Tabla 6. Índice de Hake por conceptos del grupo 10 C

4.2 Análisis

Es evidente a partir de los gráficos (y tablas), que aunque el índice de Hake en la mayor parte de los aspectos da en el rango bajo (excepto en la tercera ley de Newton, en donde presenta un valor en el rango alto o muy cerca de este), todos los grupos de informantes presentan una mejoría en sus índices de aprobación luego de ser ejecutada la propuesta de enseñanza basada en el uso de diagramas de fuerzas a partir de un enfoque constructivista, si bien el objetivo de este trabajo final no es generar una palabra definitiva o una conclusión absoluta en cuanto a la enseñanza de la física, es muy plausible afirmar que la metodología es funcional y eficaz en proporción. Estableciendo criterios de continuidad en la implementación, se pueden aumentar las ganancias conceptuales.

En términos generales los índices no superan el rango medio, pero observando las categorías dentro la clasificación, es evidente una desviación importante en los índices, es así como los marcos conceptuales de clasificación de fuerzas y en particular la tercera ley de Newton (ganancia de aprendizaje en promedio de 0.70), se resaltan presentando una mejora conceptual de buenas proporciones.

Para lograr dimensionar un poco el resultado obtenido de la ganancia de aprendizaje de las leyes de Newton con la propuesta implementada en esta práctica docente (Tablas 2, 4, 5 y 6), se puede observar las ganancias de aprendizaje obtenidas para este mismo tema (evaluadas empleando también el FCI), en algunas instituciones educativas de los Estados Unidos y de España, Tabla 7, (Regales y otros, 2008). Adicionalmente en la Institución San José Obrero del municipio de Medellín se implementó simultáneamente esta propuesta, en dos grupos muestra de X grado y se consideró un grupo de control (con enseñanza tradicional), obteniéndose una ganancia de aprendizaje en promedio para los primeros de 0.32 y para el segundo de 0.01.

Población		Factor de Hake
Hestenes (1992), [28]	Universitarios EE. UU.	0.53
	Bachilleres E.E. U.U.	0.38
Crouch y Mazur (2001) [28]. Estudios realizados entre los años 1990 y 2000	Harvard University (Enseñanza tradicional)	0.35
	Harvard University (Instrucción interactiva por pares: peer instructions)	0.62
Algunas instituciones Españolas: estudio realizado por Covián Regales y otros [28], entre los años 1992 y 2001	Escuelas Técnicas	0.18
	Institutos de enseñanza secundaria	0.10

Tabla 7. Índice de Hake de otras Instituciones

La variable tiempo queda implícita en el análisis, para la institución educativa donde se realizó el proyecto, hay metas y parámetros de cumplimiento de fechas que hay que respetar, sin embargo la ejecución del cronograma trajo índices satisfactorios de mejoras conceptuales; no solo verificables desde la implementación del FCI, sino también desde las argumentaciones en clase, el gusto y empatía por la asignatura y el acercamiento al lenguaje formal y científico por partes de las informantes, las cuales participaron en clases teóricas, laboratorios, discusiones conceptuales, elaboración de maquetas y en trabajo de resolución de problemas.

En cuanto al análisis con base en los diferentes conceptos, la interpretación de las leyes de Newton mejoraron en buena proporción, en particular, la tercera fue de mayor aprehensión entre las informantes. Esto era de esperarse, ya que la metodología implementada apunta a este aspecto en particular, desde que se construye la matriz de interacciones, se pueden evidenciar pares de fuerzas que cumplen con el principio de acción y reacción, al ser identificados con un código de colores, de modo similar, las informantes deberían hacer un listado de las fuerzas y reacciones presentes en cada análisis de las situaciones propuestas; en este orden de ideas, se promueve fuertemente la identificación de la tercera ley de Newton a través de análisis de interacciones, enfatizando sobre qué sistema físico actúa cada fuerza y que en un diagrama de fuerzas no es posible encontrar dos fuerzas que cumplan con esta ley propuesta por Newton, que tradicionalmente es un obstáculo para su interpretación e identificación en los estudiantes.

En cuanto a los criterios establecidos, se cumplen a cabalidad, como se pudo verificar en la realización de los mapas conceptuales (en el anexo se ilustran el de tres estudiantes):

- las estudiantes establecen el concepto de fuerza como producto de la interacción entre dos o más sistemas físicos y no como una propiedad inherente a cada cuerpo,
- diferencian el modelo de partícula y cuerpo rígido en la elaboración de un diagrama de fuerzas,
- interpretan el concepto de marco inercial de referencia y establece diferencias con la elección y ubicación de ejes coordenados,
- en la elaboración de diagramas de fuerzas, generan evidencia de la comprensión de las tres leyes de Newton, a partir de las descripciones de interacciones, reacciones y matrices.

Los conceptos subsunsores para acceder al de fuerza giran en torno al de aceleración, y en términos generales las informantes hacen uso del aprendizaje subordinado a partir del concepto de fuerza y leyes de Newton. Se pudo establecer diferentes momentos del concepto de fuerza, inicialmente desde un nivel representacional, donde poco se establecía relaciones y se consideraba al concepto como una característica intrínseca al cuerpo, luego paso al nivel conceptual, donde se interpretó como producto de una interacción y al final llegó a un nivel propositivo donde sirvió de reconciliador para diferentes tipos de fuerzas.

En cuanto a la actitud de los informantes, se caracterizó por estar en tendencia creciente de interés, entre sus argumentaciones se vio cada día el uso de los términos adecuados en cuanto a las interacciones y reacciones, las problemáticas trascendieron de la mera elaboración mecánica del uso de ecuaciones y muchos problemas y situaciones en clase sirvieron de puente hacia discusiones de tipo conceptual y a veces con tintes epistemológicos.

Definitivamente la experiencia docente es vital para poder medir alcances de la propuesta, en comparación con años anteriores, fue evidente la mejora conceptual en las estudiantes, la interpretación de fenómenos y la claridad en la modelación matemática posterior a la implementación de la propuesta de enseñanza.

5. CONCLUSIONES

Una vez aplicados los métodos y las actividades de conceptualización, para obtener la información por parte de los informantes y conjuntamente con los respectivos análisis, se obtuvieron unos resultados que permiten presentar el siguiente conjunto de conclusiones:

El concepto que sirve de ancla entre los estudiantes del grado X del colegio Bethlemitas, es el de aceleración, con base en este concepto como subsunor, se puede fijar un soporte para el concepto de fuerza y en particular las leyes de Newton. Luego que los estudiantes construyen el concepto de fuerza como producto de la interacción entre sistemas físicos, desarrollan un aprendizaje subordinado, en el cual hay gran presencia de reconciliación integradora. El concepto de fuerza presentó un devenir desde lo representacional, conceptual y proposicional.

Queda plasmado que a través de una propuesta que gira en torno al constructivismo, donde la elaboración de diagramas de fuerza pensados en contexto es una herramienta vital, se genera mejora conceptual, no solo evidenciada desde los resultados del FCI y el índice de Hake, sino también en la argumentaciones de los dicentes, la elaboración de mapas conceptuales y su actitud frente al conocimiento científico en física. Aspectos que son vitales dentro la formación académica de los informantes y que sirven de punto de referencia para estudios posteriores como lo sugiere el estudio de caso intrínseco

La matematización y formalización de la física si bien son importantes, pueden encontrar su fuerte en los predios universitarios, en el campo escolar es vital reforzar la formación de conceptos sanos, lecturas de fenómenos a la luz de correctas interpretaciones y fomentar el lenguaje correcto de una situación y estudio de un sistema físico, en particular, desde el estudio de las fuerzas, la verificación de quien ejerce la fuerza sobre qué sistema físico y buscar reacciones, pares y subsistemas permite al estudiante desarrollar destreza y capacidad de análisis de un fenómeno en mecánica.

Los estudiantes mejoraron en cuanto a las categorías:

- C1: Interpreta el concepto de fuerza como producto de la interacción entre dos o más sistemas físicos y no como una propiedad inherente a cada cuerpo.
- C2: Diferencia el modelo de partícula y cuerpo rígido en la elaboración de un diagrama de fuerzas.
- C3: Interpreta el concepto de marco inercial de referencia y establece diferencias con la elección y ubicación de ejes coordenados
- C4: En la elaboración de diagramas de fuerzas, genera evidencia de la comprensión de las tres leyes de Newton, a partir de las descripciones de interacciones, reacciones y matrices.

Lo anterior fácilmente verificable desde las evidencias suministradas en los anexos a la hora de indagar en la estructura cognitiva de los estudiantes por medio de herramientas como los mapas conceptuales y preguntas guías cercanas a los procedimientos heurísticos

Por tanto se puede afirmar que el estudio de caso realizado sirve para ser transferido a otro posterior y de posible investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, Y. (2002). A proposito de las cosmovisiones: la realista y la fenomenológica.

Aguilar, Y. (2002). *El movimiento desde la perspectiva de sistemas, estados y transformaciones*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Ayala, M. M. (2000). Historia de las Ciencias y la Formación de Profesores de Física. Relatorio Final de la VII Conferencia Interamericana sobre Educación en Física., (pp. 75 - 78). Portoalegre (Canela) - Brasil.

Ayala, M. M. (2006). *Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Campinas: Pro-posicoes.

Ayala, M. M. (2008). *Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos*.

Ayala, M. M., Malagón, F., Garzón, I., Castillo, J. C., & Garzón, M. (2001). El tensor de esfuerzos. Un análisis epistemológico desde una perspectiva pedagógica. In M. M. Ayala, F. Malagón, I. Garzón, J. C. Castillo, & M. Garzón, *La relación mecánica - electromagnetismo y la mecánica de medios elásticos* (pp. 33-48). Bogota: Universidad de Pedagógica Nacional.

Barros, S. G. (1998). Hacia la Innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 353-366.

Berstein, B. (1975). Selección de textos. *Revista Colombiana de Educación*, 15.

Berstein, B. (1984). Hacia una Teoría del Discurso Pedagógico. *Collected Original Resources in Education*.

Boom, A. (1999). La Enseñanza como posibilidad del Pensamiento. In *La Enseñanza como posibilidad del Pensamiento*.

Carr, E. (1991). El historiador y los hechos. In E. Carr, *¿Qué es Historia?* (pp. 49-76). Barcelona: Ariel S.A.

Cauchy, A. (1844). *Phisique Mathématique*. Paris: Bachelier- Impremiur Libraire.

Covalada, R., Moreira, M. A., & Caballero, M. C. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1).

D., H. (1994). Hacia Un enfoque más Crítico del trabajo en el Laboratorio. *Investigaciones Y experiencias* , 299-313.

Dermott, L. C. (1997). Concepciones de los Alumnos Y Resolución de Problemas en Mecánica . *ICPE*.

Einstein, A. (1949). *The World as I See It*. Filiquarian Publishing LLC., 2007.

Elkana, Y. (1983). La ciencia como un sistema cultural: una aproximación epistemológica. *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, 3(10-11), 65-80.

Feynman, R. (1963). *Lectures on Physics*. United States of America: California Institute of Technology.

Granés, J. (1997). Del contexto de la producción de conocimiento al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica. *Revista Colombiana de Educación*, 34.

Granés, J., & Caicedo, L. M. (2009). *Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Analisis de una experiencia pedagógica*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Guidoni, P. (1987). *Guardare por sistema, guardare por variable*. Torino: Emme Edizioni.

Guidoni, P., Arca, M., & Mazzoli, P. (1990a). De la cultura común a la construcción de conocimientos especializados. In P. Guidoni, M. Arca, & P. Mazzoli, *Cómo enseñar ciencia, cómo empezar: reflexiones para la educación científica de base* (pp. 169-187). Rosa Sensat: Paidós Educador.

Guidoni, P., Arca, M., & Mazzoli, P. (1990b). Realidad y estructuras disciplinarias: iniciar a los niños en los criterios del conocer. In P. Guidoni, M. Arca, & P. Mazzoli, *Cómo enseñar ciencia, cómo empezar: reflexiones para la educación científica de base* (pp. 139-165). Rosa Sensat: Paidós Educador.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 294-313.

Kelly, R. E. (1976). A Systems Approach to Teaching. *Association for Educational Communications and Technology Annual Conference*. California.

Kuhn, T. S. (1982). La función de la medición en la física moderna, en la tensión esencial. México: FCE/CONACYT.

Machado, J. M., Martínez, A. D., & Salvador, H. O. (1992, Noviembre 12). Energía y sistemas: Conceptos relevantes en un programas para aprender física dirigido de ciencias de la salud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(1), 9-15.

Martínez, J. R. (2003). *Enfoque sistémico como estrategia para la enseñanza de la física*. México: Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*(12(2)), 255-277.

Maxwell, C. (1925). *Matter and Motion*. Great Britain: The Sheldon Press.

Monroy, G. S. (1985, Marzo). Enseñanza - Aprendizaje de conceptos de sistemas y la actividad profesional del ingeniero. *Memoria 12a. Conferencia Nacional de la Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Ingeniería*.

Orozco, C., & J. C. (1996). La dimensión histórico - filosófica y la enseñanza de las ciencias. *Física y Cultura*(2).

Paty, M. (1991). *Le caractere historique del' adequation des mathematiques a la physique. Contribution a la recontre franco - espagnole sur l'histoire des mathematiques*.

Perez, D. G. (1990). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de papel y lápiz y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*.

Porlan, R. (2004). El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula. In R. Porlan. Sevilla: Díada editora.

Regales C, Matachana E, Matachana C. *Diez años de evaluación de la enseñanza - aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos*. Enseñanza de las ciencias. 2008. 26(1). p 23-42.

Rodriguez, & Romero. (1999).

Rojas, S. (2009, Febrero 6). *On the teaching and learning of physics: A Criticism and a Systemic Approach*. Retrieved Febrero 7, 2009, from arXiv: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2009arXiv0902.1151R>

Romero, A. (2002). *La matematización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos y termicos. Análisis conceptuales y elementos para propuestas didácticas. Informe de investigación*. Medellín: Universidad de Antioquia, facultad de educación CIEP, Escuela Normal Superior María Auxiliadora.

Rosnay, J. (1975). *The macroscope: A new world scientific system* . (F. S. Vacas, Trans.) Madrid: Editorial AC.

Rosengrant. D. (2005) *Free Body Diagramas: Necessary or sufficient?*(N.J EEUU)

Segura, D. (2008). La comprensión y la explicación. *La comprensión y la explicación*. Medellín: IV congreso sobre la enseñanza de la física.

Severino, A. J. (2000). *Metodología del Trabajo Científico*. Bogota: Cooperativa Editorial Magisterio.

Stake, R. E. (1998). *The Art of Case Study Reserch*.(R. Filella, Trans.) 1998: EDICIONES MORATA.

Zahn, E. O. (2003). *Vom systemischen Denken zur Methode System Dynamics*. Florian Kapmeier: Betriebswirtschaftliches Institut der Universität Stuttgart.

7. ANEXOS

Adaptación FCI

Cuestionario sobre el Concepto de Fuerza (Force Concept Inventory)

- 1. Dos esferas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Se dejan caer estas esferas desde el techo de un edificio de un solo piso en el mismo instante de tiempo. El tiempo que tardan las esferas en llegar al suelo es:**
 - (A) aproximadamente la mitad para la bola más pesada que para la bola más liviana.
 - (B) aproximadamente la mitad para la bola más liviana que para la bola más pesada.
 - (C) aproximadamente el mismo para ambas bolas.
 - (D) considerablemente menor para la bola más pesada, pero no necesariamente la mitad.
 - (E) considerablemente menor para la bola más liviana, pero no necesariamente la mitad.

- 2. Las dos bolas de metal del problema anterior ruedan sobre una mesa horizontal con la misma velocidad y caen al suelo al llegar al borde de la mesa. En esta situación:**
 - (A) ambas bolas golpean el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.
 - (B) la bola más pesada golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más liviana.
 - (C) la bola más liviana golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más pesada.
 - (D) la bola más pesada golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
 - (E) la bola más liviana golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más pesada, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

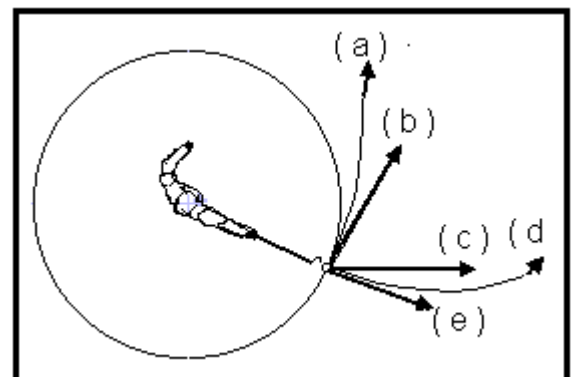
- 3. Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:**

- (A) alcanza un máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
- (B) aumenta su velocidad mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
- (C) aumenta su velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
- (D) cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
- (E) cae debido a los efectos combinados de la fuerza de la gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.

4. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño automóvil. Durante la colisión:

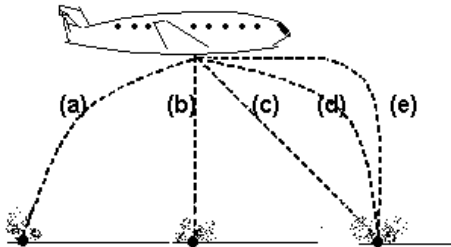
- (A) la intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la de la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
- (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
- (C) ninguno ejerce una fuerza sobre el otro, el auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
- (D) el camión ejerce una fuerza sobre el automóvil pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
- (E) el camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.

- 5. Una bola de acero está atada a una cuerda y sigue una trayectoria circular en un plano horizontal como se muestra en la figura adjunta. En el punto P indicado en la figura, la cuerda se rompe de repente en un punto muy cercano a la bola. Si estos hechos se observan directamente desde arriba, como se indica en la figura, ¿qué camino seguirá de forma más**



aproximada la bola tras la ruptura de la cuerda?

6. Una bola se escapa accidentalmente de la bodega de carga de un avión que vuela en una dirección horizontal. Tal como lo observaría una persona de pie sobre el suelo que ve el avión como se muestra en la figura de la derecha, ¿qué camino seguiría de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión?



USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (7 y 8).

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta.



7. Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:
- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
 - (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.

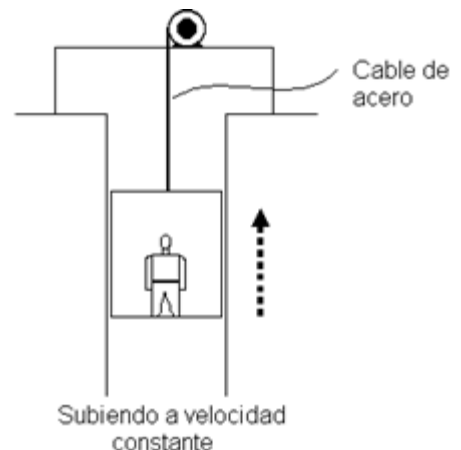
- (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

8. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar el camión:

- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

9. Un ascensor sube por su hueco a velocidad constante por medio de un cable de acero tal como se muestra en la figura adjunta. Todos los efectos debidos a la fricción son despreciables. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:

- La fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.



- (A) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es igual a la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (B) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es menor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (C) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la suma de la fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
- (D) ninguna de las anteriores. (El ascensor sube porque el cable se está acortando, no porque el cable ejerza una fuerza hacia arriba sobre el ascensor).

10. La figura adjunta muestra a un chico columpiándose en una cuerda, comenzando en un punto más alto que A. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
3. Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
4. Una fuerza en la dirección de O hacia A.

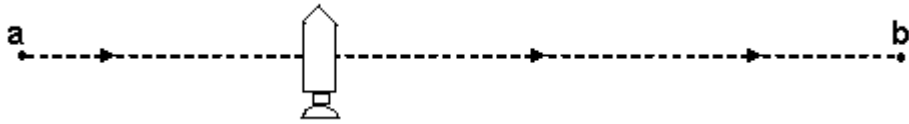
¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el chico en la posición A?

- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 1 y 3.
- (D) 1, 2 y 3.
- (E) 1, 3 y 4.

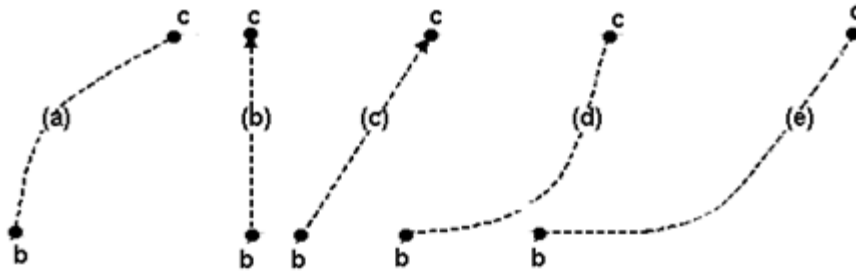


USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (11 a 14).

Un cohete flota a la deriva en el espacio exterior desde el punto "a" hasta el punto "b", como se muestra en la figura adjunta. El cohete no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa. En la posición "b", el motor del cohete se enciende y produce un empuje constante (fuerza sobre el cohete) en un ángulo recto con respecto a la línea "ab". El empuje constante se mantiene hasta que el cohete alcanza un punto "c" en el espacio.



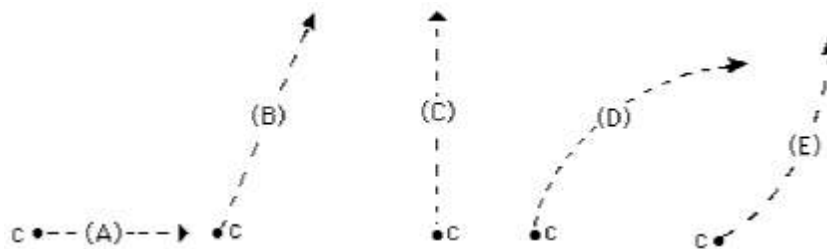
11. ¿Cuál de los siguientes caminos representa mejor la trayectoria del cohete entre los puntos "b" y "c"?



12. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es:

- (A) constante.
- (B) continuamente creciente.
- (C) continuamente decreciente.
- (D) creciente durante un rato y después constante.
- (E) constante durante un rato y después decreciente.

13. En el punto "c" el motor del cohete se para y el empuje se anula inmediatamente. ¿Cuál de los siguientes caminos seguirá el cohete después del punto "c"?



14. A partir de la posición "c" la velocidad del cohete es:

- (A) constante.
- (B) continuamente creciente.

- (C) continuamente decreciente.
- (D) creciente durante un rato y después constante.
- (E) constante durante un rato y después decreciente.

15. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

- (A) tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
- (B) es mayor que el peso de la caja.
- (C) tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- (D) es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- (E) es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

16. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:

- (A) con una velocidad constante que es el doble de la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior.
- (B) con una velocidad constante que es mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
- (C) con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior durante un rato, y después con una velocidad que aumenta progresivamente.
- (D) con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
- (E) con una velocidad continuamente creciente.

17. Si la mujer de la pregunta 25 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:

- (A) se parará inmediatamente.
- (B) continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
- (C) comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.
- (D) continuará a velocidad constante.
- (E) aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

18. En la figura adjunta, el estudiante "a" tiene una masa de 95 Kg y el estudiante "b" tiene una masa de 77 Kg. Ambos se sientan en idénticas sillas de oficina cara a cara. El estudiante "a" coloca sus pies descalzos sobre las rodillas del estudiante "b", tal como se muestra. Seguidamente el estudiante "a" empuja súbitamente con sus pies hacia adelante, haciendo que ambas sillas se muevan. Durante el empuje, mientras los estudiantes están aún en contacto:



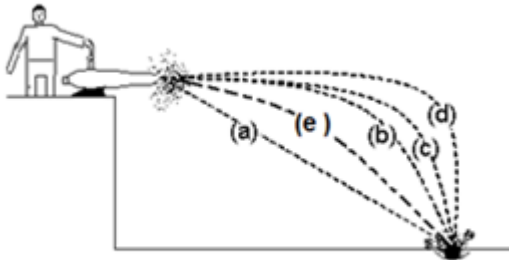
- (A) ninguno de los estudiantes ejerce una fuerza sobre el otro.
 - (B) el estudiante "a" ejerce una fuerza sobre el estudiante "b", pero "b" no ejerce ninguna fuerza sobre "a".
 - (C) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "b" ejerce una fuerza mayor.
 - (D) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "a" ejerce una fuerza mayor.
 - (E) ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.
19. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza hacia arriba ejercida por el suelo.
3. Una fuerza neta hacia abajo ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la silla de oficina?

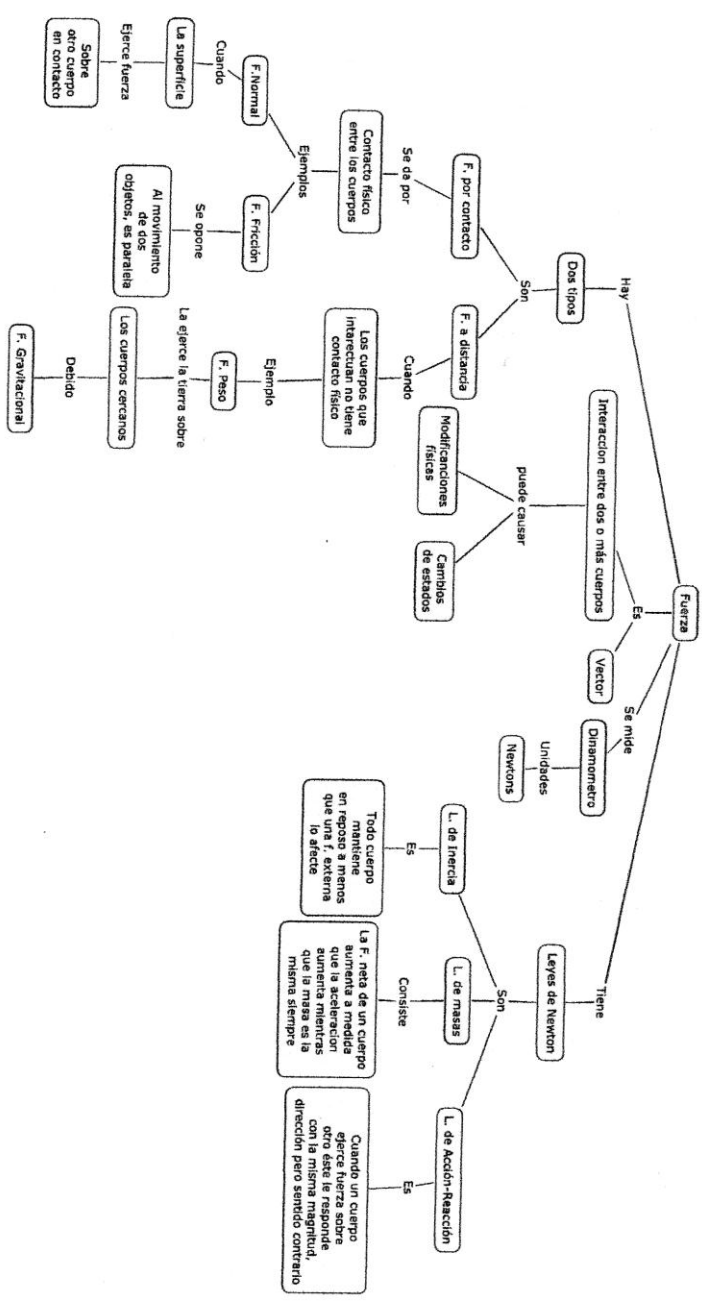
- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 2 y 3.
- (D) 1, 2 y 3.
- (E) ninguna de las fuerzas. (Puesto que la silla está en reposo no hay ninguna fuerza actuando sobre ella).

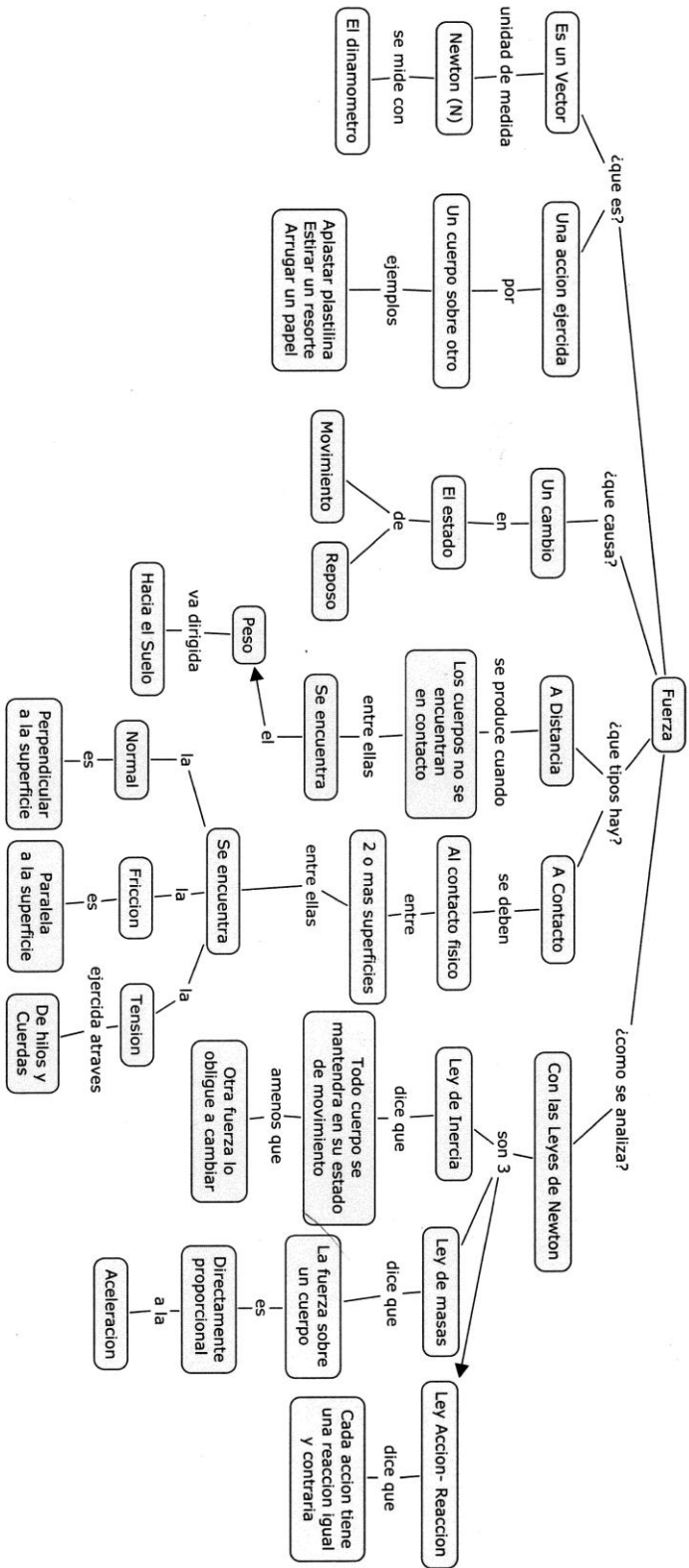
20. Con un cañón se dispara una bola desde el filo de un barranco como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada dicha bola?



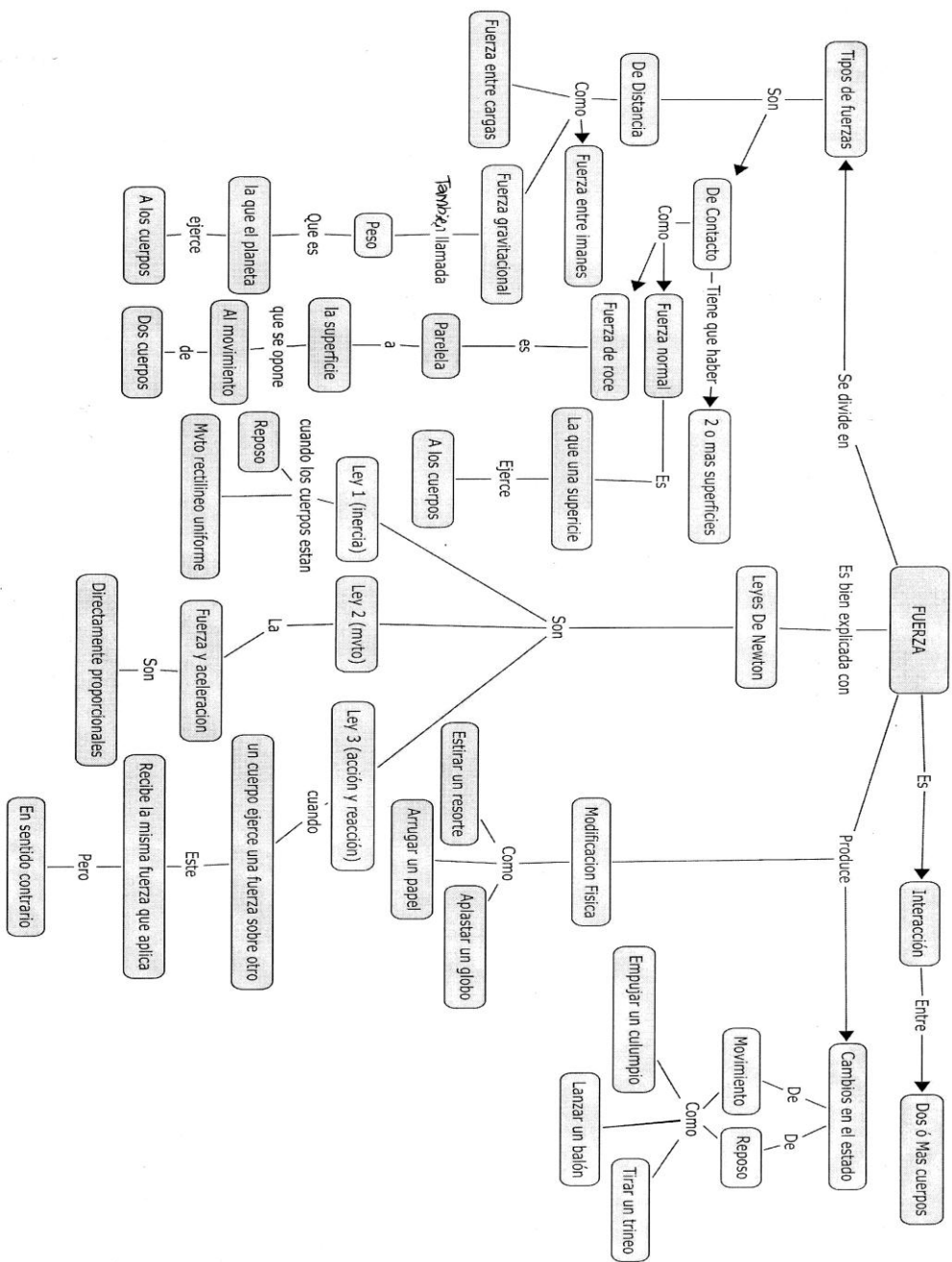
Janilda Rodriguez Hejira 10a

Mapas conceptuales

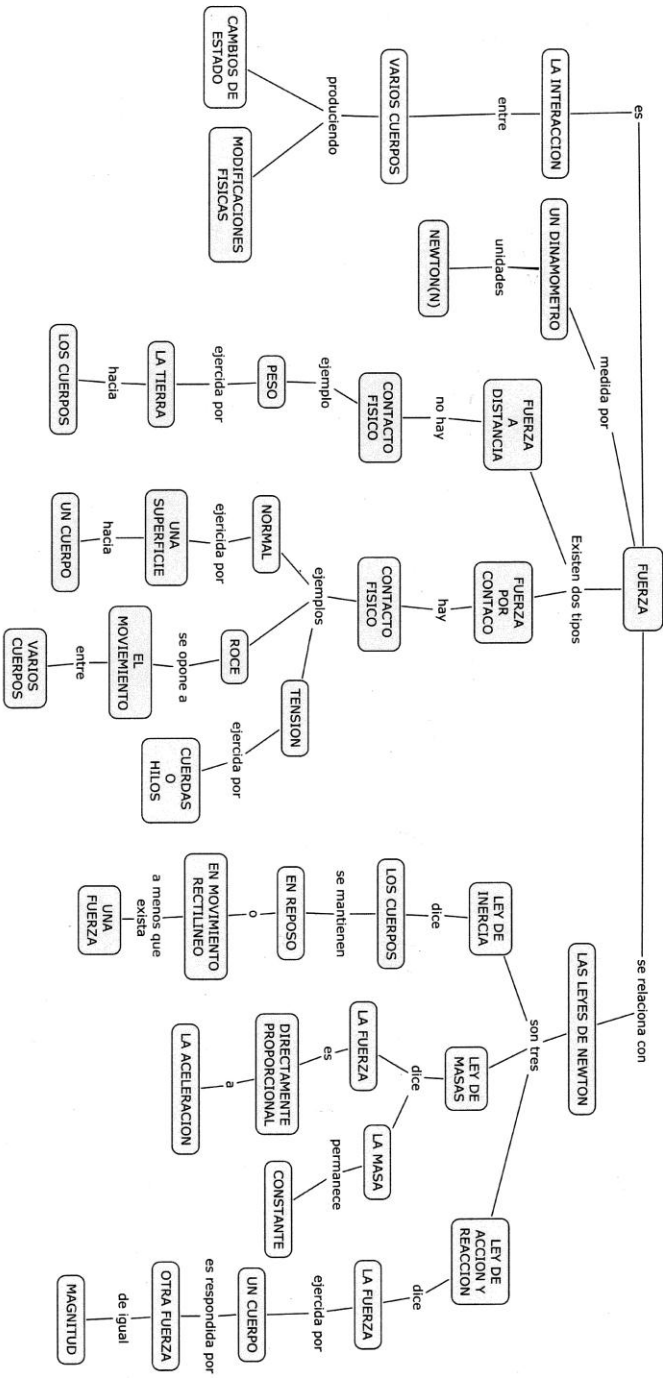




Daniela Ramirez 10°C.



Algarandia Polgarin laurde 10°C



Fotos

