



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

La experimentación mental, una alternativa para la construcción de explicaciones de fenómenos físicos.

Trabajo presentado para optar al título
de Licenciado en Matemáticas y física

Juan Camilo Benítez Builes

Asesor

Yirsen Aguilar Mosquera

Universidad de Antioquia

Facultad de educación

Departamento de enseñanza de las ciencias y las artes

Medellín

2017

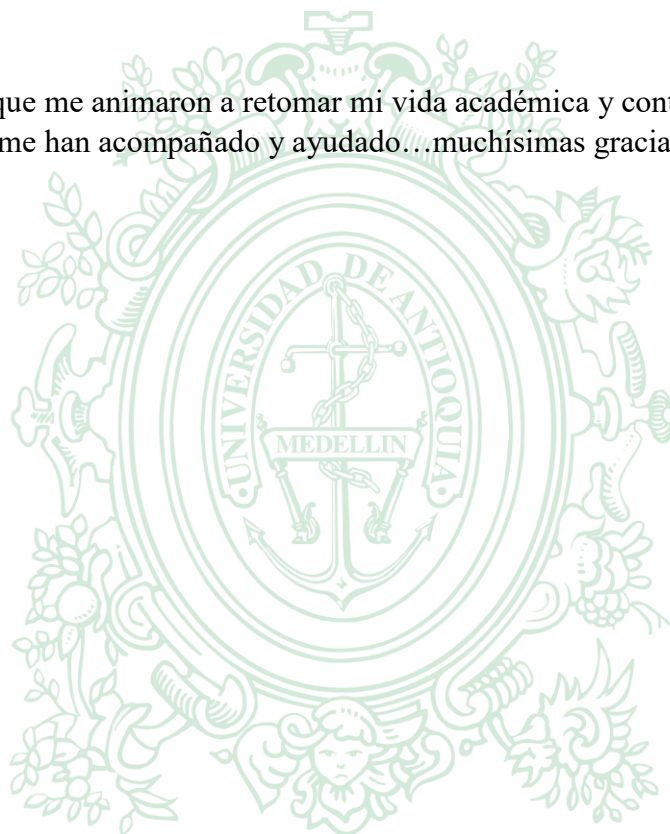


**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación
Agradecimientos

Un total agradecimiento al profesor Yirsén Mosquera por guiar este trabajo entre tanto contratiempo con tanta paciencia...

A todas las personas que me animaron a retomar mi vida académica y continuar en ella...para todos los amigos que me han acompañado y ayudado...muchísimas gracias



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Resumen

La siguiente investigación fue dirigida hacia una búsqueda de nuevas formas de implementar la experimentación en el estudio de la física, ya que se ha evidenciado que los procesos experimentales en el contexto educativo no se han modificado hasta el día de hoy, esto ha implicado que gran parte del estudio y comprensión de los fenómenos físicos quede por fuera de determinado contexto, esto último basado en la implementación de la experimentación física, forma experimental que si bien no está errada sí ha dejado a un lado otras formas de llevar a cabo las experiencias científicas en las aulas de clase.

Se trató entonces de plantear la experimentación mental como una posibilidad más de estudio, donde se establecen nuevas formas de re significación en los conceptos físicos y además entran a tener mayor relevancia las ideas de los estudiantes, ideas que van acompañadas de todo un conjunto de herramientas como lo son la imaginación, los recuerdos, la capacidad de abstracción, entre otros. Para llegar a estas instancias se trató de analizar e implementar las ideas propuestas por el físico teórico Ernst Mach (1905), ideas que fueron dirigiendo y acompañando la investigación en todo proceso que se fue contrayendo

Se tiene además la propuesta del uso de la historia y la epistemología como herramientas claves para la enseñanza de las ciencias y, en este caso partícula de la física, esta idea nace desde la necesidad de mostrar la ciencia como una construcción social en al cual se tengan en cuenta los aspectos sociales y culturales en los cuales nacen las ideas, en este sentido se dirigen propuestas en las que los estudiantes logren debatir acerca de lo que aprenden y el cómo lo aprenden.



Resumen.....	iii
Capítulo 1. Contextualización.....	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Objetivos	13
Capítulo 2. Marco teórico.....	15
2.1 La experimentación mental en la enseñanza de la física.....	15
2.2 Modos de significar la historia en el contexto de la enseñanza	17
2.3 La experimentación mental en la perspectiva de Ernst Mach.....	22
Capítulo 3. Marco metodológico.....	31
3.1 Contexto de investigación	32
3.2 Casos y criterios de selección.....	33
3.3 Recolección de la información.....	34
3.4 Métodos de recolección.....	34
3.5 Sistematización y análisis	35
Capítulo 4. Hallazgos.....	37
4.1 La fuerza como un factor relevante en la caída de los cuerpos.....	37
4.2 la variación de la aceleración de un cuerpo dado los cambios en el ángulo de elevación. ...	38



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

4.3 La masa de los cuerpos en ausencia de fricción no interviene en su movimiento en caída libre.....	38
4.4 La fuerza gravitacional como causante de la caída de los cuerpos	39
4.5 Procedimientos absurdos.....	40
Capítulo 5. Implicaciones didácticas.....	42
5.1 Secuencia didáctica	42
5.2 Fase de introducción.....	42
5.3 Actividades.....	44
5.3.1 Un acercamiento a una alternativa forma de enseñar ciencias.....	47
Capítulo 6. Consideraciones finales.....	64
Referencias.....	68
Anexos

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

1.1 Planteamiento del problema.

En la revisión de la literatura se evidenciaron diversas perspectivas sobre la finalidad de la experimentación en la actividad científica, por un lado, se estima que la experimentación en la ciencia es una de las herramientas de validación de las teorías que construye la comunidad científica, y en consecuencia se piensa que la experimentación es la fuente que legitima las teorías; esta manera de asumir la experimentación en la ciencia no escapa al contexto de su enseñanza, dado que la forma de significar tal relación determina un modo de asumir el papel del experimento en la enseñanza de las ciencias. Por una parte, si el experimento se asume como legitimador de teorías, en la enseñanza este tiene sentido en cuanto permite recrear las construcciones teóricas establecidas por la comunidad científica. Algunas investigaciones, a este tipo de experimentación la denominan experimentación física. No obstante, Mach (1905) plantea que <<fuera de la experimentación física, el hombre que llega a un desarrollo intelectual avanzado, recurre a menudo a la experimentación mental>> (p. 159).

Según las investigaciones analizadas, en la experimentación física el enfoque predominante ha estado enfocado más en la toma de datos, el cual es apoyado por el uso de los instrumentos de medición, proceso que no escapa al contexto actual de la educación, como consecuencia, en el proceso educativo prima la reproducción de ideas más que la producción original de estas. En este proceso lo que interesa es la obtención del dato a través de procedimientos regulares y estandarizados. En este sentido puede entenderse que la experimentación física tiende a tener más relevancia que la mental. Sin embargo, sobre este particular Mach (1905) Plantea que:

Facultad de Educación

Pero la experimentación mental es también una condición previa necesaria de la experimentación física; todo experimentador, todo inventor debe de tener en la cabeza su dispositivo antes de realizarlo materialmente. (p. 161)

Esto último causa interés dado que se señala la experimentación física como el proceso ulterior a la experimentación mental mas no por esto se toma como un proceso de menor calidad o relevancia, empero, las experiencias académicas a través de los años y la literatura correspondiente basada en este tipo de investigaciones muestran que es la experimentación física la que gana mayor relevancia en los procesos de la enseñanza de la ciencia.

La toma de datos experimentales se ha mantenido casi inquebrantable en el desarrollo del estudio de la física, esto asumiendo como punto de partida la actividad experimental como aquello que logra dar cuenta del fenómeno investigado y estableciendo entonces el dato fáctico como el comprobante mayor hacia la descripción de lo que se quería investigar, en este sentido se podría decir que es el dato lo que da certificación de las explicaciones científicas.

Se tiene también que dicha toma de datos se hace tanto eficaz como relevante gracias a la utilización del instrumento de medición el cual no solo genera un factor de credibilidad en pro de la experimentación física, sino que a su vez traduce la teoría en resultados cuantitativos.

Los instrumentos de medición son innegablemente parte necesaria para el desarrollo de la ciencia, empero debe de reconocerse que no depende netamente de estos la construcción y destrucción de las teorías físicas pues los instrumentos son creados para alcanzar un objetivo concreto, objetivo que ya ha sido planificado y posteriormente comprobado. Retomando estas

Facultad de Educación

últimas ideas en el campo de la educación y su forma procedimental con base en la experimentación, podría decirse entonces que la experimentación física es tomada como la comprobación de un objetivo y que este, a su vez, ha sido planteado de manera tal que las necesidades científicas de quien está en proceso de formación académica se ven sumergidas en la incapacidad de ir más allá de un procedimiento cuantitativo., es decir que la experimentación física se reduce al uso del instrumento y a la toma de datos de manera repetitiva. Al respecto, las investigaciones analizadas (Romero, C Ángel y Aguilar, Y. 2013; Malagón, 2011) señalan que se presentan casos en los que un buen experimentador es quién tiene la habilidad de tomar los datos de la manera más exacta posible y si los datos de cualquier experiencia distan de lo esperado se busca la causa en la precisión de los instrumentos, es decir, la precisión de los instrumentos es garantía de los resultados obtenidos en la experiencia; de esta manera resulta apropiado pensar que la experimentación en ciencias tiene sentido en cuanto se centra en la búsqueda de un conjunto de datos. (p. 77).

En estos términos el papel fundamental de la experimentación se cree justificado por la correspondencia de la teoría con los resultados obtenidos mediante la implementación de técnicas o uso del instrumento de medición; es decir, el buen uso de los instrumentos puede constituirse en garantía de verificación de teorías. En esta postura las ciencias se constituyen en un conjunto de modelos con una validez reproductiva a tal punto que cualquier observador obtiene los mismos resultados independientes de los contextos e intereses que se tengan en el uso de los instrumentos. Así pues, resulta adecuado plantear que la experimentación en la ciencia tiene sentido en cuanto cumple el papel de reproducir datos facticos y observables que se constituyen en un factor clave

Facultad de Educación

para la construcción de explicaciones científicas. No obstante, resulta oportuno decir que el diseño de un experimento físico mediante un instrumento responde a una determinada intencionalidad y en tal caso no necesariamente se corresponde con cualquier diseño experimental o que este sea apropiado en todos los procesos de observación. Bajo estas circunstancias resulta de gran interés indagar por, ¿Qué relación se puede establecer entre un diseño experimental y los resultados experimentales?

En los análisis de ciertas investigaciones (Hodson, Gil y Pessoa, 2000; Koponen y Mantyla, 2006) se logra evidenciar que, en algunos casos, la experimentación es significada no solo como el proceso de verificación de las teorías establecidas sino también como un proceso que se reorienta con la teoría. En este sentido, ¿qué relación se puede establecer entre la teoría y la experimentación? Se establece además la re-significación de la experimentación mediante el análisis teórico y crítico; es decir, se considera ahora la posibilidad de modificar la experimentación y con base en ello replantear postulados teóricos o la misma actividad científica; en este contexto de significación, el instrumento puede estar a disposición del observador.

Consecuente con lo anterior, es conveniente señalar que a cada modo de significar la experimentación subyace una manera particular de plantear su relación con la teoría. Por una parte, se plantea una relación de exterioridad entre teoría y experimento, es decir, el experimento y el componente teórico tienen ocurrencia de manera independiente. Por otra parte, entre teoría y experimento se establece una relación dialéctica tal que la discusión entre teoría y experimentación se torne no solo de manera flexible sino también llevando al debate tanto resultados como procedimientos. No obstante, es importante reconocer que a estos modos de significar la

Facultad de Educación

experimentación y su relación con la teoría, le pueden plantear ciertas dificultades, basadas no solo en las limitaciones que brindan los instrumentos con respecto a lo que alcanzan a medir, sino que también se podrían generar otras problemáticas enfocadas en el diseño de la actividad experimental y las teorías que se han construido para ella; es decir, la experimentación física puede quedar limitada por el llamado objetivo con el que se ha diseñado dicha actividad y por ello generar obstáculos en los procesos de análisis tanto de los datos obtenidos, al igual que las diversas teorías que abordan más profundamente determinados fenómenos físicos.

Pensando en los resultados de la experimentación física obtenidos por medio del instrumento vale la pena preguntarse por los momentos en los que dichos datos a parte de no ser coherentes podría darse el caso en los que los fenómenos teorizados no pueden ser representados por estos; es decir, hay procesos físicos que no logran ser experimentados o representados mediante la experimentación física; como muestra de ello podríamos pensar en la interacción directa entre dos haces de luz, los cuales asumiremos que son monocromáticos y coinciden de forma puntual, con esto último se aclara que dicha interacción se da en un mismo punto de manera simultánea, para la instrumentación convencional y su forma de abordar resultará imposible describir lo que pasa en el punto de interacción entre los frentes de los dos haces de luz, esta problemática llevaría a que se expanda la teorización con base en los procesos de la luz ya no solo ondulatorios sino también en su comportamiento corpuscular; es decir, la teorización debe ser puesta en un marco teórico diferente y el instrumento puede resultar insuficiente para analizar este fenómeno. Otro ejemplo en el cual la experimentación física resulta insuficiente está en relación con la medición de velocidades cercanas a la velocidad de la luz, en estos casos con la

Facultad de Educación

experimentación física no se logra cuantificar estas velocidades: A la hora de abordar experimentaciones de altas velocidades se debe disponer de otro tipo de instrumentos los cuales son de imposible acceso para un contexto educativo, sin embargo, e incluso si se piensa en las necesidades de experimentación con base en la teorización del átomo y su estructura es algo que queda solo a merced de la imaginación y los modelos matemáticos; donde la aceptación del modelo se da sin ninguna verificación experimental. Queda entonces la posibilidad de encontrar algunas soluciones que logren generar un acercamiento a los fenómenos de dicho comportamiento.

Consecuente con lo anterior, las actividades experimentales físicas pueden presentar ciertas problemáticas dónde se trata de plantear o recrear fenómenos físicos cuyas manifestaciones están por fuera de la reproducción con el uso de los instrumentos, esto último ha llevado a la correspondencia de solo un pequeño grupo de fenómenos ya que la gran mayoría de estos necesitan de un tipo de instrumentación muchísimo más avanzado e incluso podría hablarse de la no correspondencia entre teoría y la experimentación; vale la pena preguntarse entonces por ¿Cómo proceder cuándo no es posible una experimentación física?

Podría decirse que algunos de los problemas basados en la experimentación física son un referente de duda ante el fin último de esta actividad, fin que según la postura tradicional de la experimentación va más allá de la coherencia entre teoría y observación, llevando al sujeto que investiga al encuentro con el determinismo; sin embargo, dichos problemas están basados en las interpretaciones que se le da a la medición dada la *objetividad* del instrumento.

Ante estas dificultades habría que pensar en posibles maneras de significar, no solo el papel del experimento, sino también la experimentación adecuada, en la construcción de las

Facultad de Educación

explicaciones físicas, contexto en el cual caracterizar modos de proceder con la experimentación mental pueden resultar clave.

Lo anterior motiva a indagar por ¿Cómo resignificar la explicación de los fenómenos físicos mediante la experimentación mental, que permita la enseñanza y aprendizaje de la física moderna?

1.2 Objetivos

- **Objetivo general**

Resignificar la experimentación mental como tentativa para la construcción de explicaciones de fenómenos físicos

Objetivos específicos

- Analizar los aspectos estructurantes de la experimentación mental en los planteamientos de Mach (1905).
- Caracterizar los modelos explicativos de tres casos a partir de la implementación de la experimentación mental en el análisis de algunas situaciones físicas.
- Diseñar una secuencia didáctica para la implementación de la experimentación mental como estrategia en la construcción de explicaciones físicas a partir de los aspectos estructurantes planteado por Mach y los modelos explicativos de los tres casos.

2.1 La experimentación en la enseñanza de la física.

Se ha venido mostrando como la experimentación ha estado dirigiendo el proceso de enseñanza en el contexto educativo, de cómo la necesidad de representar los fenómenos físicos va ejerciendo una caracterización del modo en que se asume la experimentación. Se estima que el modo de asumir la física guarda estrecha relación con el modo de asumir el papel del experimento en la enseñanza.

En la perspectiva en la que la física es el conjunto de leyes y teorías incuestionables, es pensable que la experimentación tiene como finalidad la reproducción de hechos para legitimar las construcciones teóricas. En este sentido (Romero y Aguilar, 2013; Malagón, 2011) plantean que se presentan casos en los que un buen experimentador es quién tiene la habilidad de tomar los datos de la manera más exacta posible [...].

No obstante, la significación de la experimentación debe trascender la reproducción de aspectos teóricos y el mero uso del instrumento para la obtención de datos fácticos. Ante el uso del instrumento el proceso de enseñanza queda a merced de la buena disposición de estos, esto quiere decir que tal visión de la experimentación queda aferrada a la buena calibración que tengan dichos instrumentos ya que dependiendo de ello se cree que los resultados que se puedan encontrar serán más fiables, se supone que entre mayor sea la eficiencia del instrumento, mayores credibilidades tendrán los datos que reproduce. Ante esto se plantea que si los datos de

Facultad de Educación

cualquier experiencia distan de lo esperado se busca la causa en la precisión de los instrumentos.

((Romero y Aguilar, 2013).

En este sentido se considera entonces que la no correspondencia entre teoría y el dato está solamente basada en la imperfección del instrumento de medición, empero vale la pena preguntarse por momentos en los que las idealizaciones del experimento no tienen aplicación en esta idea de la física, es decir, vale la pena emprender un cuestionamiento con base en la imposibilidad que obtienen los instrumentos a la hora de establecer abstracciones ante los fenómenos físicos e incluso de la incapacidad de modificación de estos, ya que al ser modificados se estará alterando el fin para el que fueron creados, hecho que deja al descubierto ciertas limitaciones del experimento, como ejemplo se puede referenciar la caída de los cuerpos sobre un plano inclinado de fricción nula, o **la variación de la aceleración de un cuerpo dado los cambios en el ángulo de elevación**. El anterior ejemplo queda por fuera de las posibilidades del típico uso de los instrumentos dado que la imposibilidad de anular la fricción entre los cuerpos, esto a su vez ilustra los límites de la usual experimentación física en el contexto de la enseñanza.

Podría tratarse también otro ejemplo de porque la visión de la experimentación en la enseñanza queda reducida a pequeñas ideas es el hecho de considerar la posibilidad de llevar a cabo actividades experimentales dirigidas hacia **procedimientos absurdos**; esta idea se manifiesta dada la visión amplia de la ciencia, es decir, la visión tradicional de la experimentación plantea una postura positivista de la ciencia, dónde la posibilidad de debate queda por fuera de toda posibilidad y el dato encontrado es el único validador de verdad.

Facultad de Educación

Ante estas circunstancias resulta de gran interés explorar alternativas relacionadas con la historia y la epistemología, en especial porque estas últimas pueden iluminar métodos olvidados y modos de significar conceptos y procedimientos.

2.2 Modos de significar la historia en el contexto de la enseñanza

Puede generarse una visión alternativa de lo que es la realidad, donde no solo esta se interprete desde una postura adulta y egoísta, sino que se geste una mayor amplitud en su concepto, pues, definir la realidad es un proceso en el que el hombre ha estado estrictamente inmerso, quizás es la necesidad de recontar lo que le ha producido un movimiento emocional que logra desestabilizarlo a tal punto que cree que dicho evento debe ser narrado, sea por el o por generaciones venideras, o quién sabe; en últimas puede ser que sea el miedo al olvido el que nos hace recordar y resignificar momentos, nos hace querer permanecer en la perpetuidad del tiempo, descritos y narrados a través de voces ajenas. Sea bien por lo uno o por lo otro pero el ser humano siente, debe y tiene la necesidad de la historia independientemente de su forma de ser contada, donde los personajes sufren transformaciones representativas dependiendo del espacio y el tiempo en que relaten y describan e incluso puede llegar el momento en el que los protagonistas ni importen, donde la historia tome relevancia a veces más por las palabras dichas y en otros casos más por quién las emite...es sin duda alguna la historia una herramienta de las tantas que posee el sujeto para desprenderse de la estática y la soledad, para ello no solo ha utilizado la tinta hecha palabras, sino que también se ha expresado mediante la voz hecha canción.

Pero más allá de la narrativa, la historia toma un rumbo amorfo y la posibilidad de definirla se vuelve tan difícil que cada palabra con la que se intenta describir se torna endeble y no logra

Facultad de Educación

sostener concepto alguno, así pues, la historia deja de recaer en una aglomeración de hechos narrados *puntualmente* y se convierte en un movimiento cambiante y ondeante en el que los hechos se tornan solo en una necesidad de estilo y técnica mas no en el fin último de la narrativa; es allí donde las afirmaciones expuestas por Carr (1961) dan pie para plantear no solo la diferencia entre las posturas positivistas y relativistas de la historia, sino que además se vea un posible entrelazamiento de ambas ya que considero que ante los malestares epistemológicos las reacciones de posibles soluciones ni son estáticas y mucho menos independientes de los problemas; es decir, tanto problema como solución deben coexistir como un dialogo perpetuo y no como una relación en la que se aniquile alguna de las dos posturas.

¿Qué son las posturas relativistas y positivistas de la historia? En palabras de Carr.E.H (1961) en su libro <<El historiador y los hechos>>, comenta que <<No podemos, en esta generación, formular una historia definitiva; pero sí podemos eliminar la historia convencional [...] ahora que toda la información es asequible y que todo problema tiene solución.>> (p. 1). Plantea que el desarrollo de la historia toma dos posibles posturas en las cuales se logra ver una gran diferencia entre historiador e historia; donde se trabaja el hecho (suceso) como un factor independiente del sujeto, inmodificable y totalmente inamovible tanto para el escucha como para él relator; esta forma de concebir la historia es la que recibe el carácter de *positivista*. Por otro lado, se encuentra la postura relativista en la que ya el historiador no emplea un determinismo sobre el hecho y deja de ser un agente externo a este; es decir, quién decide narrar se convierte en un elemento más de la historia y permea de su subjetividad el relato. No solo se trata de la apropiación del hecho o de las posibles interpretaciones que se pueda dar de él, también se pone en juego la disponibilidad del escucha mediante la crítica y la no validación de lo narrado, esto

Facultad de Educación

último no es más que la posibilidad de un diálogo muchísimo más amplio, donde no solo entren a cotejar el historiador y el hecho, sino también quien se dispone a la escucha entra en el cuestionamiento y no se dispone siempre en un estado de confort; con esto se pretende que la historia sea un relato continuo en el marco de lo cronológico pero a su vez discontinuo en el campo de lo interpretativo. Haciendo hincapié en esta última idea se podrá dar lo que considero el estado dual de la historia en la cual la historicidad queda a merced de los sujetos y podrán entrar en comparaciones los diversos relatos de un mismo acontecimiento, más es un proceso de forma que de contenidos contando con la pericia de los sujetos participantes del acto histórico y sus elegantes maneras tan diversas de abordar los sucesos. En palabras de Traveleyen (tomado de Carr. sf, p. 8) <<los hechos de la historia nunca llegan en estado puro>>.

A modo de complemento y esto no por falta de argumentación sino más bien por necesidad de ahondar en lo que creo es un punto necesario de análisis, mucho más allá de una pequeña afirmación que se pueda dar en la cita de algún intelectual. Ahora bien, si partimos de que la historia se toma como un conjunto de hechos aislados de cualquier interpretación del sujeto y además que dicho conjunto pertenece al tiempo y no directamente a los sujetos, podríamos entonces tomar los hechos como los únicos relevantes de la historia, dejando la narrativa como un proceso meramente aislado y casi que irrelevante, pues el hecho estaría en una posición de determinismo y puntualidad tanto temporal como espacial, en el que el historiador solo obtendría el papel de vocero, y esto siendo bastante condescendiente con él, si se considera una sentencia como la que plantea (Scott. S. F) <<Todo periodista sabe hoy que la forma más eficaz de influir en la opinión consiste en coleccionar y ordenar los hechos adecuados. Solía decirse que los hechos hablan por sí solos>> (p.3). Entonces sería el hecho el que marcara la historia y no el sujeto;

Facultad de Educación

además, el hecho tendría que permanecer invariante en el pasar de los años con una obligación bastante mezquina hacia los historiadores en la que deben narrar de forma puntual e igual sin importar el espacio-tiempo en el que se encuentren ubicados; es decir, el hecho no podrá sufrir modificaciones y será el mismo sin importar la intencionalidad del historiador. Luego, tendríamos otra postura en la cual el conjunto de hechos quedan expuesto ante los sujetos y por lo tanto queda a disposición de quienes los quieran tomar sin importar el para qué ni el por qué; con lo que se daría entonces un intercambio de emocionalidades, es decir que el hecho objetivo y estático estaría ya con la posibilidad de ser moldeado a gusto o disgusto de quién lo observa; donde ya no solo importa su contenido solido sino que ahora es el sujeto quién lo interpreta ante los demás partiendo de la carga teórica que tiene, ahora bien, tanto el hecho como el sujeto estarían ya vinculados de forma no perpetua, pues en el justo instante en que otro sujeto tomase el hecho dicha interpretación variaría por la diferencia que se hace evidente entre sujetos no solo de diferente procedencia sino por el mero asunto de tener diferentes cargas tanto emocionales como intelectuales, pero sin desviarse del asunto de las interpretaciones que ya cada sujeto le daría a los hechos. Mediante la interacción con estos últimos se puede tener presente también que no solo se trata de ir alterando algún suceso histórico como dicte las ganas de hacerlo, pues téngase presente que aunque la idea de que el hecho no hable por si solo ya ha sido olvidado en esta postura, debe hacerse la claridad de que tampoco se trata de quitar la carga histórica que estos tienen, es decir, aunque existan modificaciones en el acto narrativo no es posible restar total objetividad al hecho pues un hecho nulo de objetividad no es nada más que un rumor, en lo cual el comportamiento de la narrativa subyace de la intencionalidad de quién narra, escribe, divulga, canta...además de quién escucha, observa, lee...así pues, debe darse un constante diálogo entre objetividad y subjetividad, entre

Facultad de Educación

historiador y hecho; entre sujeto e historia; debe darse pues un camino en el cual ambas posturas creen alianzas y disgustos, camino que aunque no es claro, ni recto y mucho menos estable podría dar una entretenida comunicación entre la objetividad mezquina y la subjetividad imprecisa.

Dado que la objetividad no da pie a interpretaciones ajenas a lo que ella busca, ¿Podrían coexistir objetividad y subjetividad en el discurso histórico?

No es un desconocimiento social para que las palabras sean tenidas en la cuenta, estas deben provenir de una fuente confiable, en este caso de un historiador de renombre con títulos y honores en su cuello, empero esto podría llevar a una ceguera de los sujetos basada en la demagogia y la elocuencia; valdría la pena entonces preguntarse sí: ¿La historia bien contada está expuesta solo en palabras de pocos para el deleite de muchos? E incluso ¿E la precisión en los datos lo que hace que una historia tenga veracidad o sea una falacia? Estas preguntas se re dirigen además hacia los momentos educativos en donde la enseñanza cumple un papel de historiadora enmarcada tanto en la reconstrucción y continua construcción del conocimiento, es decir, la enseñanza está permeada por un gran conjunto de datos de otrora los cuales van generando ideas rígidas en el contenido escolar, así se logra dar más relevancia a algunas teorías que a otras, así la educación se basaría más en la creencia de datos comprobados en la mayoría de los casos externamente.

La historia es algo que se enseña normalmente en nuestra cotidianidad, se enseñan la historia de hombres y mujeres de otrora, espacios, regiones y costumbres, fechas memorables de sucesos extraordinarios, guerras y batallas que han fracturado tanto el planeta como el desarrollo de naciones enteras; pero ante todo ello dicha forma de presentar la historia solo logra petrificar al sujeto solo como un escucha, como un gran reciclador de datos y eventos estáticos sin

Facultad de Educación

interpretación alguna, por esto se hace necesario una mirada mucho más amplia en la enseñanza de la historia donde los datos pasen a ser un conjunto de interpretaciones no limitadas, a esto último se le suma también la necesidad de incorporar la epistemología en el desarrollo habitual de la enseñanza, en este caso en la enseñanza de las ciencias. Tal idea surge a partir de la idea de que la ciencia es un conjunto de conocimientos no estático y de que además siempre una nueva teoría está sostenida en gran parte sobre su antecesora, es decir, surge la necesidad de promover la ciencia como un estudio inacabado donde no existe última palabra ante un hecho, además de que la enseñanza de este debe en sí incitar a la construcción permanente de conocimiento y no como una enseñanza solo de reproducción de este.

2.3 La experimentación mental en la perspectiva de Ernst Mach.

La necesidad del ser humano en tratar de reproducir los fenómenos naturales ha creado la posibilidad de experimentar, no solo desde el acto de interactuar con la naturaleza sino también de imaginar el porqué de su comportamiento o como bien lo enuncia Mach (1905)

Observando los cambios que sobrevienen a su alrededor, el hombre acumula las experiencias. Los cambios que más le interesan son aquellos sobre los cuales puede voluntariamente ejercer una influencia [...] y es sobre estos cambios que lleva la experimentación. (p.159)

Según nuestras experiencias podemos ir estableciendo relatos y con base en estos ir construyendo una realidad la cual actúe y se comporte tal cual creemos observarla, en este sentido

Facultad de Educación

podría decirse entonces que la realidad se construye a partir de las ideas y construcciones teóricas que disponga el hombre, lo que implica que esta no sea una realidad inalterable e inmodificable.

La capacidad de recordar lo que se observa es quizás una de las necesidades básicas que ha de conservar el ser humano y más aún en el contexto científico y académico; en este sentido Mach (1905) enuncia que <<Podemos encontrar en el recuerdo, detalles que no habían atraído nuestra atención en el momento de la observación inmediata>> (p.160). Esto da pie para pensar que los recuerdos también estarían enmarcados en la necesidad de comprender lo que es de interés para el hombre ya que se crea el apuro de atender a lo llamativo como a lo desconocido, es decir, el hombre selecciona los fenómenos en un marco en el que estos se hagan inteligibles para él y así logre describirlos dado su interés y capacidad descriptiva.

Por otro lado, se genera la relación entre experimentación mental y experimentación física, ambas tan íntimamente relacionadas que separarlas se hace imposible, sin embargo, pareciese que en las últimas décadas la utilización del instrumento de medición lleva a considerar una supremacía de la segunda sobre la primera, empero la historia de la física ha mostrado que las ideas y la imaginación han precedido a dicha experimentación local. Pero tampoco puede ocultarse que la búsqueda de datos conlleva una gran inversión ya no solo en tiempo sino también en recursos, con base en lo anterior Mach (1905) expresa, <<Tenemos nuestras representaciones en nuestra mano más fácilmente que los hechos físicos mismos y experimentamos con los pensamientos, por así decir, con menos gasto>> (p. 160). Además, se tiene que <<la experimentación mental es también una condición previa necesaria de la experimentación física; todo experimentador, todo inventor debe tener en la cabeza su dispositivo antes de realizarlo materialmente>> (Ibid. p. 160). Esto

Facultad de Educación

último que se menciona corresponde al uso de la experimentación llevada más como un proceso y no como un producto, es decir que dicha actividad experimental debe llevarse a cabo teniendo en la cuenta la relación entre la experimentación mental y la física, donde se le dé igual relevancia a las ideas, la imaginación y la interpretación y que no solo se tome el dato y los procedimientos cuantitativos como los únicos válidos en los momentos de la experimentación.

Resulta interesante como las ideas previas a una acción se convierten en el factor clave entre un triunfo o una derrota, entre un acierto y un error, a esto se podría tener la siguiente analogía en la cual se presenta la experimentación mental como un juego de ajedrez sin jaque mate final, téngase entonces presente la siguiente situación:

Trataré de describir lo más puntualmente posible la sensación que se tiene segundos antes de iniciar una partida de ajedrez, la necesidad de estar observando el tablero a su largo y ancho, la indecisión sobre que ficha mover, como moverla y el por qué moverla, y si se mueve esa ficha, ¿Cómo protegerla? Además, si se comienza con las fichas blancas se tiene la posibilidad de un ataque directo o un ataque desprotegido, por otro lado, si se comienza con las negras se está supeditado al primer movimiento de las blancas...así se recae en una cantidad de procesos mentales en los cuales se replantean variaciones de acciones basadas en los posibles movimientos de las fichas, de ataque, de defensa...de incertidumbre.

Jugar ajedrez podría considerarse como un laboratorio aleatorio de acciones basadas en la posibilidad de las predicciones en las jugadas que generan modificaciones en la partida a la vez por su alto contenido imaginativo, en dicho juego se tiene un objetivo final, el de dar jaque mate al contrincante, esto mediante una cantidad incontable de movimientos e ideas, sin embargo, dicho

Facultad de Educación

objetivo final no se da siempre en el mismo caso, pues depende de las habilidades de los contrincantes de lograr inducir él uno al otro en trampas y jugarretas planeadas con el fin de un triunfo.

Personalmente no veo y no siento que lo comentado hasta el momento en los párrafos anteriores estén desligados de la experimentación en física, ¿Por qué? Porque tanto la experimentación en física como el momento de ejecutar un movimiento en el ajedrez conllevan grandes procesos de pensamiento, de reflexión y análisis en pro de un resultado positivo con base en un objetivo fijado, objetivos que corresponden tanto al acercamiento de un fenómeno natural como a la ganada de una partida. Es decir que los procesos ejecutables son ulteriores a pensamientos mentales y aunque esto último no puede sonar para nada nuevo y revelador; si hace parte de mi interés en plantear la relevancia de las ideas y las abstracciones de los pensamientos en el sentido de la buena experimentación, además justificando la postura unificadora entre los procesos ejecutables de la ciencia y los procesos mentales, procesos que no tratan sino de la experimentación física y la experimentación mental respectivamente.

Por experimentación mental comenzaré entonces no definiéndola con palabras de corte brillante o puntuales, creo mejor ir tanteando la idea mediante la comparación del juego ya comentado y de todo el conjunto de acciones e ideas que fluyen en este.

Imaginemos ahora la siguiente jugada en una partida de ajedrez en la cual se tiene la disposición de las fichas negras de la siguiente forma: reina a4, caballo b5, tercer peón c3, caballo

Facultad de Educación

f3. Por el momento no hablaré de la configuración de las fichas blancas además de que debe de tenerse presente de que dicha disposición se da independiente del movimiento de las fichas del adversario. Ahora bien, dicho desplazamiento de las fichas negras se da con la intención de generar al inicio de la partida una respuesta al ataque de las blancas y posteriormente se arma con el fin de tratar de generar un jaque mate en una brevedad de tiempo azarosa, en este sentido se puede hablar entonces de un momento previo en el cual se planea determinada jugada y para ello se recurre entonces a la imaginación y los recuerdos, por un lado sin una buena experiencia en enfrentamientos de ajedrez no habrían configuraciones de jugadas aprendidas mediante la observación y la reflexión de partidas ganadas o perdidas, es decir, los recuerdos hacen parte del aprendizaje constante del ser humano, una idea no ajena a los pensadores de otrora ya que como bien lo enuncia Mach en el capítulo XI de su texto Conocimiento y error (1905) <<se comprende que Platón haya sido conducido a pensar que todo lo que se estudia y todo lo que se aprende no sea sino un recuerdo>> (p. 167). Téngase presente también que es la imaginación la que actúa como mediadora entre la idea y la acción, pues es la capacidad de imaginarse el movimiento de las fichas y la posible reacción del adversario la que se desarrollan previo a la ejecución del desplazamiento de cualquiera sea la ficha. En este sentido podría ir considerándose entonces la alta relevancia de la imaginación y los recuerdos pues es en estos que comienza a radicar la posibilidad de variación de los movimientos en el juego y con ello un vaivén entre la incertidumbre y la certeza.

Volviendo a la configuración de nuestras fichas negras en el párrafo anterior debe comentarse ahora que depende de una sola jugada el jaque mate a las fichas blancas, empero

Facultad de Educación

aclarece antes que es en este momento donde la adivinación y la interpretación se hacen presente en nuestro juego. Antes de revelar la configuración de las blancas pensemos un momento en que ha sido la posibilidad de combinaciones en las jugadas tanto de las negras como de las blancas las que han permitido llegar hasta dicha configuración. Pues bien, la adivinación hace parte de los procesos experimentales, debe aclararse además que en este momento me refiero netamente a la experimentación mental, a ese instante de idealización del juego antes de ejecutar la acción, en este sentido Mach (1905) plantea que <<si la experimentación mental no nos conduce a ningún resultado bien determinado, antes de pasar a la experimentación física tenemos la costumbre de tratar de *adivinar* ese resultado y aceptamos provisoriamente una determinación aproximada>> (p. 166). Ahora bien, la configuración de las fichas blancas será la siguiente: caballo c6, cuarto peón d6, caballo e4. Bien se notará que se parte desde una idealización del juego en el cual él atacante logra inducir los movimientos oportunamente en el adversario y así generar la configuración planteada en este caso, entonces la idealización también comienza ya a hacerse presente en este caso y como tal en la experimentación.

Acto seguido se dará entonces el movimiento de las negras, el caballo se mueve hacia e5, con lo cual queda a disposición del caballo de las blancas que se encuentra en la posición c6, posteriormente se da el movimiento de las blancas y efectivamente el caballo de la posición c6 se come el caballo de las negras de la posición e5. Es en este momento en el que todo el proceso mental toma tanta valoración ya que gracias a los pensamientos se logra adelantar una serie de eventos favorables a las fichas negras, además, podría equipararse el tablero de ajedrez con los instrumentos de medición en la experimentación física. Esto con el fin de poner al tablero de

Facultad de Educación

ajedrez como el objeto que brinda la posibilidad de llevar a cabo las ideas y las jugadas imaginadas al plano de lo real, al igual que el instrumento de medición permite dar cuenta de manera cuantitativa los resultados que se esperaban de una experimentación tanto mental como física, claro está que esto último teniendo en cuenta las características como la imaginación, la *adivinación* y los recuerdos.

Como jugada final el caballo de las negras se mueve hacia d6 lo que inmediatamente genera un doble jaque al rey blanco. En este caso las fichas negras ganan la partida con un jaque mate configurado y preparado mediante la imaginación, e igualmente en la física la experimentación mental es ese conjunto de procesos que permiten sea bien adelantarse a algunos procedimientos, imaginarlos, retorcerlos, reconfigurarlos y replantearlos, es esa capacidad de conjeturar mediante la abstracción, es ese proceso en el que se vale y se puede idealizar, donde se toma en la cuenta la experiencia y vivencias experimentales, lo observado y lo conocido, la experimentación mental es pues todo lo mencionado a lo largo de este ensayo...es lo que ha permitido a las fichas negras generar un doble jaque e inhabilitado a las fichas blancas a generar acción alguna para evitarlo e incluso, lo que permite que se generen infinitos tipos de jaques mates y que estos sean posibles en un tablero finito limitado por la cantidad de fichas y de recuadros, es pues la experimentación mental la infinitud del pensamiento ante la finitud de los objetos.

Mach (1905) plantea que << es necesario hacer variar las circunstancias que influyen sobre un resultado y lo que es mejor es imaginar una variación continua que pase revista a todos los casos posibles>> (p. 162). A esta idea no ha escapado lo planteado en la partida de ajedrez en donde las fichas negras han salido victoriosas más aún cuando la idea ha sido generar una ruta no

Facultad de Educación

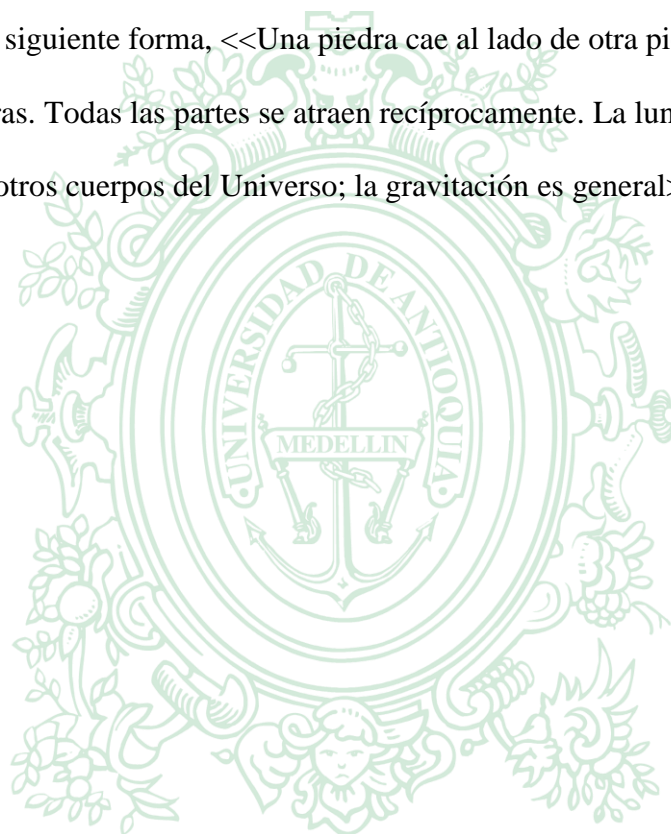
lineal de eventos capaces de generar dudas, avances y retrocesos en las ideas del juego y, dichas ideas con la intención de enfocarse en el desarrollo científico, de la enseñanza y estudio de la ciencia. Con base en las variaciones en las ideas y la imaginación y, como un gran ejemplo de la experimentación mental Mach (1905) comenta lo siguiente:

[...] Una piedra cae a tierra. Hagamos crecer su distancia a la tierra. Es completamente natural admitir que la piedra, aun situada a la distancia de la luna, no perderá repentinamente su tendencia a caer. Una piedra grande cae como una pequeña. Si suponemos que la piedra ha llegado a ser tan grande como la luna, también la luna tiende a caer hacia la tierra. Imaginemos que la luna crezca hasta llegar a ser tan grande como la tierra: no podemos admitir que una sea atraída hacia la otra, sin que la recíproca sea verdadera. La atracción es pues recíproca. Pero permanecerá recíproca también para cuerpos desiguales, pues se pasa de un caso al otro sin discontinuidad [...] (p. 162).

En este sentido Mach deja entrever como la imaginación va dirigiendo una explicación del fenómeno físico desde un punto particular a un punto general, esto no solo basándose en la posibilidad de la variación de la variables sino también en el uso de la experiencia, pues es notable que en la cotidianidad se puede apreciar muy fácilmente la caída de una piedra, así pues las vivencias de los sujetos queda anclada al conjunto de elementos que posibilitan la explicación de los fenómenos físicos o lo que bien puede leerse en Mach (1905) cuando plantea que observando los cambios que sobrevienen en su entorno los hombres van acumulando experiencias. (p. 159). Como se venía diciendo la caída de una piedra no es ajena en ningún contexto en el que se encuentre el ser humano, más aún en el contexto educativo.

Facultad de Educación

En estos últimos párrafos puede verse como Mach logra dar argumentos sobre la atracción de los cuerpos de forma general basándose en idealizaciones y variaciones mediante el uso de la experimentación a mental lo cual además le permite llegar a conclusiones con base en dicho fenómeno físico de la siguiente forma, <<Una piedra cae al lado de otra piedra. La luna y la tierra se componen de piedras. Todas las partes se atraen recíprocamente. La luna y la tierra no difieren esencialmente de los otros cuerpos del Universo; la gravitación es general>> (Ibid. p. 163).



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

La investigación se llevó bajo un enfoque cualitativo dada la necesidad de mantener una posición neutral ante las ideas propias y las externas, ya que este permitió desarrollar posturas más flexibles sobre la actividad experimental mediante una mirada más constructivista, sumado a esto está que no se pretendía estudiar los casos en sí mismos sino sus modos de comprender la experimentación en la física y sus formas de abordar algunas descripciones de algunos fenómenos físicos. Se buscaba además re-significar la intencionalidad del experimento como una de las tantas herramientas de la física para el abordaje del estudio de los fenómenos naturales y para ello se precisaron rutas alternativas que generen lo que en palabras de Clifford (1973, citado por Stake, 1999) se conoce como una *descripción abierta* (p.43). Idea que da la posibilidad del debate tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de la física, trata además de generar una construcción con la cual no se pretende dar una mirada netamente aislada o divagadora, sino que se busca dar más participación a todos los sujetos vinculados al momento formativo e investigativo a través de la actividad experimental. En este sentido la investigación cualitativa brinda tanto al investigador como a los casos participantes de la investigación la posibilidad de establecer un diálogo constante sin la necesidad de que se vean alteradas las ideas que manifiesta cada uno.

El método a implementar fue el estudio de caso instrumental dado que la intención de la investigación radica es en la implementación de la experimentación mental como una alternativa tanto de aprendizaje y enseñanza de la física, en como los casos interpretan y emplean dicha herramienta experimental mas no es intención de la investigación estudiar y comprender el comportamiento de los casos en ninguno de sus contextos, la necesidad y el interés de interactuar

Facultad de Educación

con algunas problemáticas y distanciamientos que se cree hay entre la teoría y la experimentación, es decir, este modelo investigativo permite estudiar los casos sin alterar su proceder y mucho menos generando sobre ellos un dictamen o juicio sobre sus ideas, se debe también a la necesidad de llevar la investigación hacia determinados casos que se hacen de mayor interés, en este caso Stake (1998) plantea que <<algunos casos servirán mejor que otros. Algunas veces un caso “típico” funciona bien, pero a menudo otro poco habitual resulta ilustrativo en circunstancias que pasan desapercibidas en los casos típicos>> (p. 14). Se debe tener claro que esta investigación no busca puntualizar una idea única del cómo debe ser llevado el momento experimental sino que se dé una postura diversa acerca de la finalidad del experimento, donde sus ventajas y desventajas queden al descubierto para luego buscar posibles cambios de ideas en pro del desarrollo descriptivo de la experimentación, las cuales puedan ser descritas por un medio no siempre numérico; donde se busque además un diálogo bilateral entre las ideas a priori y a posteriori en el desarrollo de la experimentación; es decir, tratando que se genere una construcción de la experimentación de manera más argumentada donde tanto el sujeto instruido como el que se instruye entren a debatir con la *objetividad* del instrumento de medición donde esta última es vista como la juez única de la experimentación.

3.1 Contexto de investigación.

La investigación se llevó a cabo en la institución educativa Comercial de Envigado, la cual se encuentra ubicada en el barrio La Mina del mencionado municipio con dirección Cra 41 sur N.º 24 c71 B, institución en la cual se trabaja bajo la jornada única y en esta convergen estudiantes de estratos diversos entre el 1 y el 3, lo cual se toma como un factor clave para el momento de proceder

Facultad de Educación

con la investigación, esto último pensado desde la necesidad de reconocer y analizar las ideas que tienen los estudiantes acerca de lo que es la experimentación en física y más aún de su forma de afrontar las posibles explicaciones de los fenómenos físicos, ya no solo basados en los algoritmos matemáticos sino también teniendo presente la propuesta de la experimentación mental como una posible ayuda o herramienta para el abordaje de la física. Además, se hace interesante que dicha institución sea de estratos bajos ya que esto permitiría concentrar la investigación de forma tal que logre arrojar una posible mirada de los resultados que va generando la educación pública. La institución educativa Comercial de Envigado cuenta con diferentes zonas tanto de entretenimiento deportivo como académico, entre cuyos espacios se encuentran la cancha de micro fútbol y adyacente a esta se encuentra la cancha de voleibol; se encuentra también espacios como la biblioteca, un aula taller de matemáticas y robótica y un aula taller de física.

3.2 Casos y criterios de selección.

Al momento de seleccionar los casos para la investigación se tuvo en cuenta algunos factores que se fueron observando con el transcurrir de las clases, entre estos factores están la capacidad para participar en las clases aportando ideas o respondiendo a preguntas hechas con base en los temas que se trabajaban, también se tuvo presente el interés de algunos casos en temas que sobrepasaban los explicados y también se trató con interés las actitudes manifestadas en las clases. Pero el momento de la selección de los casos también se basó en otras características no tan típicas ya que la idea de buscar respuestas no convencionales fue dando pie para tener presente algunos estudiantes de no tan buen rendimiento académico, esto con el fin de no generar una investigación de forma tan dirigida hacia la reproducción de lo que ya tenían aprendido sino más bien de que

Facultad de Educación

lograsen vincular sus ideas con el aprendizaje académico y así tratar de generar respuestas más auténticas.

Los casos a escoger fueron tres y cada uno de ellos contaba con características diferentes tanto en su personalidad como en su actitud académica. Los tres casos seleccionados fueron hombres del grado 11 de la instrucción educativa Comercial de Envigado, con edades entre los 17 y los 17 años. Esto se hizo relevante a la hora de llevar a cabo la investigación ya que permitía posiblemente tener una mejor mayor diversidad tanto en respuestas como en las interpretaciones de los instrumentos de investigación. Tal selección correspondió al interés de plantear respuestas no homogéneas por lo que se decidió tener presente la no relevancia académica de estos, además de escoger a quienes se les atribuía poco rendimiento académico ya que esto podría ser un factor clave a la hora de implementar los instrumentos de investigación dado que según las personalidades observadas era posible encontrar respuestas por fuera de rigidez que generan las clases oficiales y el estudio solo basado en las notas.

3.3 Recolección de la información.

Las sesiones se llevaron a través de varios instrumentos investigativos basados en la necesidad de recoger la información que diese argumentación sólida y coherente a dicho trabajo, esta implementación se llevó a ritmo de dos sesiones las cuales tuvieron una duración de dos horas cada una aproximadamente. Los instrumentos aplicados fueron creados de manera tal que lograsen dar cuenta de las posibilidades que brinda la experimentación mental en el contexto de la enseñanza de la física, estos instrumentos constaban entonces desde planteamientos de cuerpos que se deslizaban sobre planos inclinados, pasando por cuestionamientos sobre la caída libre de

Facultad de Educación

los cuerpos equiparándose pelotas en movimiento con el sistema solar; hasta terminar con planteamientos matemáticos (ecuaciones) buscando que los casos dieran lecturas e interpretaciones de estas tal que se lograra evidenciar la utilización de la experimentación mental como una herramienta más en la enseñanza de la física.

3.4 Métodos de recolección.

La recolección de los datos se llevó a cabo mediante la observación y encuentros académicos a través de la implementación de instrumentos de investigación, tales instrumentos fueron aplicados en un par de sesiones con una duración de dos horas aproximadamente cada una.

Observación.

Durante el día a día de la práctica pedagógica se fueron presentando llamativos comportamientos los cuales se fueron haciendo relevantes para la hora de escoger los casos participes de la investigación. Gran parte de esta observación fue recogida también en un diario en el que no solo se depositaban las ideas obtenidas durante las sesiones de clase, sino también un conjunto de emocionalidades encontradas en dicho espacio. Esta observación sirvió como ruta para ir estableciendo interés sobre algunos comportamientos en el aula de clase a tal punto que se logró ir observando por un lado el interés hacia el pensamiento físico y por otro lado una total apatía hacia él mismo, pero más allá de la aceptación o el rechazo de dicha área de la ciencia la relevancia radicaba en que sin importar la postura frente a la física los posibles casos comenzaban a aportar ideas de alto valor para el desarrollo de los instrumentos de investigación, más aún de preguntas y

Facultad de Educación

planteamientos que se extendían mucho más allá tanto del aula de clase como de la hora de la misma.

Instrumentos.

Los instrumentos implementados fueron pensados de tal manera que pudiesen dar cuenta de las ideas y conceptos que los casos utilizaban en su cotidianidad con respecto a la física; ambos instrumentos contenían procedimientos que iban dirigiendo las sesiones de una forma bastante entendible y en las cuales se trataba de promover las explicaciones libres sin la necesidad de estar cuestionando los conocimientos que allí se tenían presentes, es decir, dichos instrumentos iban buscando un encuentro entre las ideas del investigador y de los casos, mucho más allá de la cotejar las idea y conocimientos se trató de enrutar un diálogo en pro del desarrollo de lo que se creyó conveniente para acercarse a los objetivos de la investigación.

Tales instrumentos abarcaban ideas como la caída libre de los cuerpos, velocidades cercanas a la de la luz, movimiento planetario, algunas propiedades del vacío entre otros.

3.5 Sistematización y análisis.

En esta investigación se llevó a cabo un análisis por medio de palabras, esto según Sampieri (2000, p. 653) trata sobre

[...] La presencia de cada categoría. La frecuencia con la cual aparece en los materiales analizados (cierto sentido cuantitativo). ¿Qué tanto emergió cada categoría? La mayoría de los programas de análisis cualitativo efectúa un conteo de categorías, frases y palabras.

Facultad de Educación

Esta forma de análisis llevó la investigación a plantear la ayuda de dos matrices de doble entrada (Ver anexos) las cuales lograron que la identificación de los asertos fuera mucho más simple y certera. la configuración de las matrices se dio de tal manera que las preguntas de investigación se organizaron de forma horizontal y los casos investigados de manera vertical. Se trabajó además con la idea de obtener la información por medio del método de la triangulación de casos, en palabras de Sampieri (2006) se comprende que <<en la indagación cualitativa poseemos una mayor riqueza y profundidad en los datos si estos provienen de diferentes actores del proceso>> (p, 623), lo cual se observó al momento de comenzar el momento del análisis ya que eso permitió establecer similitudes y diferencias entre los casos con base en las respuestas que estos planteaban en los instrumentos de investigación.

3.6 Categorías Apriorísticas

Durante el análisis del teórico y el de los casos se logró encontrar varias categorías apriorísticas tales que iban desvelando la comprensión de los casos con respecto a las problemáticas planteadas en los instrumentos de investigación con base en algunos fenómenos físicos. Estas categorías fueron las siguientes: las aceleraciones de los cuerpos dada la variación den el ángulo de elevación de una cuña (plano inclinado), esto con base en los planteamientos de Mach (1905, p. 162) en los cuales comenta que

[...] mentalmente se puede imaginar que ellas varían a voluntad, sin modificar ese resultado [...]



Facultad de Educación

Se tiene también categorías como el planteamiento de procedimientos absurdos, la independencia de la masa en la caída de los cuerpos, la fuerza de la gravedad actuando de igual forma en todos los cuerpos.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

Capítulo 4. Hallazgos.

El siguiente capítulo se construye con base en el análisis de los casos mediante el desarrollo de los instrumentos de investigación y de cómo estos fueron generando una ruta hacia la utilización de la experimentación mental como una alternativa para la solución de problemas basados en algunos fenómenos físicos, además las categorías fueron pensadas con base en las ideas desarrolladas por él teórico (Ernst. Mach) y algunas consideraciones del investigador.

4.1 La fuerza como un factor relevante en la caída de los cuerpos.

En este momento de la investigación los casos dirigieron sus respuestas hacia la necesidad de ejercer una fuerza sobre un cuerpo para que este se desplazara, como ejemplo se cita una de las respuestas de uno de los casos << Con la ayuda de una fuerza mayor a la masa >> (Caso # 1), esto atendiendo a la idea de ir generando movimientos y diferentes magnitudes de fuerzas virtuales sobre un objeto mediante el uso de la imaginación, tal hecho fue llevando de forma paulatina a los casos a la utilización de la experimentación mental como una herramienta a la cual podían acceder de manera instantánea y eficientemente. Por otro lado, se encontró también que tales ideas de caída de los cuerpos no dejan de ser miradas newtonianas de la física, estas ideas no son para nada ajenas a la visión mecánica de los fenómenos, dado que se tiene en los casos una mirada bastante detallada de las posturas clásicas de la física, desde Serway. Vuille (2013) se tiene que <<usualmente imaginamos una **fuerza** como empujar o jalar un objeto >> (p, 87). Lo que no deja escapar la relación entre fuerza y movimiento que dejan entre ver los casos al momento de la investigación

Facultad de Educación
4.2 La variación de la aceleración de un cuerpo dado los cambios en el ángulo de elevación.

Con la aplicación del primer instrumento de investigación se encontró que los tres casos lograron relacionar la variación de la aceleración de un cuerpo dado los cambios en el ángulo de elevación, esto iba dando muestra de cómo la experimentación mental lograba generar en ellos un espacio imaginario en el que aparentemente iban obteniendo resultados mediante la variación continua de los ángulos, ante ello se encontraron respuestas como las siguientes, <<Sí, mientras aumente el ángulo aumenta la aceleración>> (Caso # 3), esto también podría atribuirse al uso de los *recuerdos* como parte fundamental de la experimentación mental ya que esta permite encontrar en la memoria una gran cantidad de información antes obtenida y observada la cual logra generar imágenes a priori en los casos, ante esta idea Mach (1905) considera que <<observando los cambios que sobrevienen a su alrededor, el hombre acumula las experiencias. Los cambios que más le interesan son aquellos sobre los cuales puede voluntariamente ejercer una influencia [...] y es sobre esos cambios que lleva la experimentación>> (p, 159).

4.3 La masa de los cuerpos en ausencia de fricción no interviene en su movimiento en caída libre.

<<Un objeto en movimiento sobre una superficie o bien a través de un medio viscoso como aire o agua encuentra resistencia cuando interactúa con sus alrededores. Esta resistencia se conoce como **Fricción**>> (Serway, Vuille, p, 105). En este caso no todos los casos respondieron en la misma línea ya que para algunos de ellos, aunque la ausencia de fricción se hacía notoria esto no

Facultad de Educación

implicaba una relación entre la masa y la caída de los cuerpos, sin embargo, uno de los casos dio una respuesta de forma coherente y puntual, ante esto se cita una de las respuestas de los casos:

¿Qué relación establece sobre las aceleraciones y las masas de los cuerpos en las respectivas figuras?

<<Ninguna creo que la m no tiene que ver>> (Caso # 2). (m es la masa del cuerpo). En este sentido Mach (1905, p, 154) plantea que:

Por el pensamiento puede hacerse decrecer y finalmente *suprimir*, uno o varios elementos que tienen sobre un hecho una influencia cuantitativa [...] Este procedimiento importante, a menudo inaplicable desde el punto de vista físico, puede ser considerado como una idealización o una abstracción. Imaginemos que el frotamiento de un cuerpo impulsado sobre un camino horizontal disminuye hasta desaparecer; llegamos así a figurarnos un cuerpo animado de un movimiento uniforme sin resistencia exterior.

Lo cual reafirma la idea de las idealizaciones que realizan los sujetos mentalmente mediante la utilización de la experimentación mental y así generar una variedad de posibles soluciones y variaciones con base en la explicación de problemas físicos. En este sentido se plantean también preguntas con respecto a las densidades de los cuerpos tal que este tipo de preguntas dieran paso a una continuidad tanto en la interpretación como en la comprensión del concepto de fricción, a muestra de ello se establece la siguiente pregunta con su respectiva respuesta.

Si en el balde con sustancia de densidad cero se dejasen caer dos pelotas de densidades diferentes tal que una pelota tiene una densidad cinco veces mayor que la otra, es decir, la pelota número uno tiene una densidad D y la pelota número dos una densidad $5D$.

¿Qué cree que pasaría?

<<Caen igual ya que la densidad es cero y esta no afectaría su caída>> (Caso #1)

4.4 La fuerza gravitacional como causante de la caída de los cuerpos.

Se identificó para este momento de la investigación la relación que establecían los casos con respecto a la fuerza de gravitación, para muestra de ello se cita una de las respuestas de los casos; <<Sí porque en la pelota solo está influyendo la fuerza gravitacional, en el sistema solar está la fuerza gravitacional>> (Cao # 3), en este sentido se fue haciendo entonces notorio el vínculo que planteaban entre el peso de los objetos, la gravedad y la caída libre de estos, esto nuevamente se iba haciendo posible a través del uso de la experimentación mental dada la posibilidad de abstracción de cada uno de los casos, donde la calidad de las respuestas no dependió en ningún momento del uso de algún instrumento de medición y mucho menos de una receta guía para la experimentación; en este sentido se retoman entonces las ideas de la imaginación, los recuerdos, la abstracción y la posibilidad de variación...como elementos principales de la experimentación mental. En este caso hay entonces una relación entre lo que plantean los casos y lo planteado en los textos de estudio de física, se tiene entonces que Sears y Zemansky (1971, p. 100) enuncian la fuerza gravitacional de la siguiente forma:

[...] *Toda partícula material del Universo atrae a cualquier otra partícula con una fuerza directamente proporcional al producto de las masas de ambas partículas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separe [...]*

Facultad de Educación

Con base en lo anterior se ejecutaron otro tipo de preguntas relacionadas con el movimiento planetario a lo cual los caos respondieron en la mayoría de los casos de manera acertada, a continuación, se muestra una de las respuestas.

¿Cree que es posible que los planteamientos anteriores tengan alguna relación con el movimiento planetario?

<<No, para el movimiento planetario solamente influye la gravedad>> (Caso #3).

4.5 Procedimientos absurdos.

En este momento se encontraron desde respuestas dudosas como respuestas coherentes y acertadas, más aún cuando en este segundo instrumento se planteaba también el análisis de un par de ecuaciones que se pensaba impulsarían un poco más la experimentación mental, se encontró también que en algunos de los casos se dificultaba asociar el análisis de las ecuaciones planteadas con algunos fenómenos físicos. Empero se logró encontrar que la experimentación mental ayudo a encontrar procedimientos absurdos y encontrar respuestas a tales preguntas, a continuación, se muestra una de estas respuestas, según como lo plantea Mach (1905) << por el pensamiento puede hacerse decrecer u finalmente suprimir, uno o varios elementos que tienen sobre un hecho una influencia cuantitativa>> (p. 164). A muestra de ello se cita la respuesta de uno de los casos:

¿Cree que sería esto posible, que, aunque ambos cuerpos se desplacen con la misma velocidad de la luz uno logre llegar más rápido desde un punto fijo A a un punto fijo B?

<<no, porque si tienen la misma velocidad y hacen el mismo recorrido tiene que llegar al mismo tiempo>> (Caso # 2).



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

El siguiente capítulo se dedicará a la implementación de una secuencia didáctica que plantee la experimentación mental como una posibilidad más de abordar la enseñanza de la física, donde se haga énfasis en problemas que promuevan el uso de la imaginación y su estrecha relación con las teorías y las interpretaciones de las ecuaciones. Esto atendiendo a la necesidad de visualizar la correlación entre la experimentación mental y la experimentación física. La idea es lograr que los estudiantes alcancen a presenciar de una forma alternativa a la convencional lo que usualmente se les muestra como experimentación, donde no solo se comprometa el estudio de los fenómenos físicos al manejo de los instrumentos de medición, sino que se estimule la capacidad creativa, deductiva, interpretativa e imaginativa de los estudiantes. Para ello se tendrán en cuenta diferentes situaciones en las que se deje lo más claro posible la necesidad de llevar a cabo algunas experiencias mediante el uso de algunas actividades cuya duración estará basada en las necesidades de cada clase.

5.1 Secuencia didáctica

Objetivo.

- Diseñar una secuencia didáctica para la implementación de la experimentación mental como estrategia en la construcción de explicaciones físicas a partir de los aspectos estructurantes planteado por Mach y los modelos explicativos de los tres casos.

5.2 Fase de introducción

Inicialmente se pretenderá contextualizar a los estudiantes acerca de lo que es la experimentación mental el cómo esta ha ayudado a la ciencia a construir teorías y el cómo se ha

Facultad de Educación

logrado dar con falencias en otras, para ello se tendrán entonces dos tipos de actividades, la primera de ellas mediante el uso de un cuestionario KPSI la cual se realizará de manera individual con una duración de aproximadamente 30 minutos y, un cuestionario seccionado en dos partes enfocados en determinados experimentos mentales, esto con el ánimo de generar una postura más amplia que busca introducir y dejar entre ver las ideas de los estudiantes con base en determinados temas.

5.2.1 Nuevas formas de enseñanza y aprendizaje de la física

A la hora de abordar un proceso de enseñanza y aprendizaje el maestro no solo cuenta con el manejo de determinados temas específicos sino que además de ello se manifiestan puntos de apoyo como lo son la historia y la epistemología, es decir que el maestro debe de permanecer en un auto cuestionamiento acerca de lo que enseña, cómo lo enseña y para qué lo enseña y más aún desde dónde lo enseña, esto último va dirigido hacia la necesidad de que los maestros establezcan posturas con base en los temas enseñados, donde se tengan presentes las diferentes posturas científicas en constante diálogos entre teóricos, maestros y estudiantes. En este sentido se cree habrá una mayor y mejor relación entre lo que se debe enseñar y el cómo se enseña además de establecer un vínculo entre las ciencias y los estudiantes pues se estaría dejando de lado muchas restricciones que normalmente se plantean en el momento de la enseñanza, restricciones que han llevado a los estudiantes a pensar que los temas deben de ser aprendidos de forma puntual y de recetario, dónde sus voces quedan rezagadas y se convierten solo en reproductores de datos ya encontrados, esto último logrando una mutilación de las ideas que los estudiantes pueden desarrollar con base en el estudio de la física, cabe resaltar que en esta investigación se ha

Facultad de Educación

evidenciado que la forma en la que se pueden generar explicación a algunos fenómenos físicos varía tanto en sentido como en forma, es decir, la investigación ha mostrado que la experimentación mental permite a los estudiantes hablar con voz propia y establecer juicios a la hora de indagaciones científicas. Por ello el maestro debe entonces ir más allá del uso del algoritmo matemático y la reproducción de datos establecidos como únicos medios de enseñanza de la física, más bien se trata de generar espacios amenos y brindar la posibilidad de que los estudiantes se planteen como sujetos activos de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia

5.3 Actividades
Actividad # 1
KPSI
(Knowledge and Prior Study Inventory)
Inventario de Conocimientos Antes de Estudiar

Nombre:

Curso: Fecha 1: Fecha 2:

Indicaciones:

Esta Evaluación inicial tiene como propósito el darse cuenta de algunos aspectos de la Unidad que comenzaremos a trabajar; tus aprendizajes previos, con esa información podremos saber tu punto de partida, para posteriormente saber cuánto hemos aprendido.

Utilizando las categorías siguientes, marca con una X en el recuadro que lo represente.

Facultad de Educación
CATEGORÍAS:

Utilizando las categorías siguientes, marca con una X en el recuadro que lo represente.

CATEGORÍAS:

1. Lo sé y como lo sé lo podría explicar a alguien.	2. No estoy seguro de saber, no podría explicárselo a alguien.	3. No lo entiendo	4. No lo sé
---	--	-------------------	-------------

1. NIVEL CONCEPTUAL

Planteamientos	1	2	3	4
La caída de los cuerpos no depende de la masa				
La gravedad actúa igual en todos los cuerpos				
Cualquier cuerpo puede viajar a la velocidad de la luz				
La gravedad es una aceleración				
Un cuerpo en el centro de la tierra flota				
No todos los observadores ven caer un cuerpo de igual forma				

2. NIVEL PROCEDIMENTAL

Planteamientos	1	2	3	4
Distinguir fenómenos físicos				
Establecer una relación entre las ecuaciones y los fenómenos físicos				
Reconocer e interpretar ecuaciones				

Facultad de Educación

 Identificar movimientos relativos

--	--	--	--

3. NIVEL ACTITUDINAL

Planteamientos	1	2	3	4
Respetar opiniones de mis compañeros.				
Escuchar a mis compañeros.				
Valorar el entorno natural.				
Participar en las actividades propuestas.				

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Téngase presente que la idea de que en dicho cuestionario se presenten dos fechas es con el fin de que los estudiantes lo realicen dos veces y así logren tener una retroalimentación de su conocimiento y auto cuestionen sus planteamientos.

Posteriormente se buscará dar planteamientos más amplios tal que los estudiantes logren indagar y describir de una forma más tranquila y personal lo que se les plantea, para dichas actividades entonces se dará como tiempo límite dos horas a cada estudiante por actividad realizada.

5.3.1 Un acercamiento a una alternativa forma de enseñar ciencias.

La función de maestros debe de estar más allá de la reproducción de conocimientos dentro del aula, en este sentido vale totalmente la pena tener en cuenta la necesidad de que el maestro plantee formas diversas a la hora de la enseñanza y en nuestro caso particular en la enseñanza de la física; donde se deje entrever el interés del maestro en promover los discursos científicos planteados por los estudiantes con base en la explicación de fenómenos físicos con el fin de mostrar que estos van más allá del planteamiento de un algoritmo matemático o la búsqueda de un dato inmodificable. No obstante, el maestro tampoco podrá dejar de lado la posibilidad de encontrarse en el aula con descripciones y explicaciones fuera de lo común ya que el uso de la *imaginación* será un factor altamente relevante a la hora de la construcción de las explicaciones planteadas por los estudiantes.

Actividad # 2

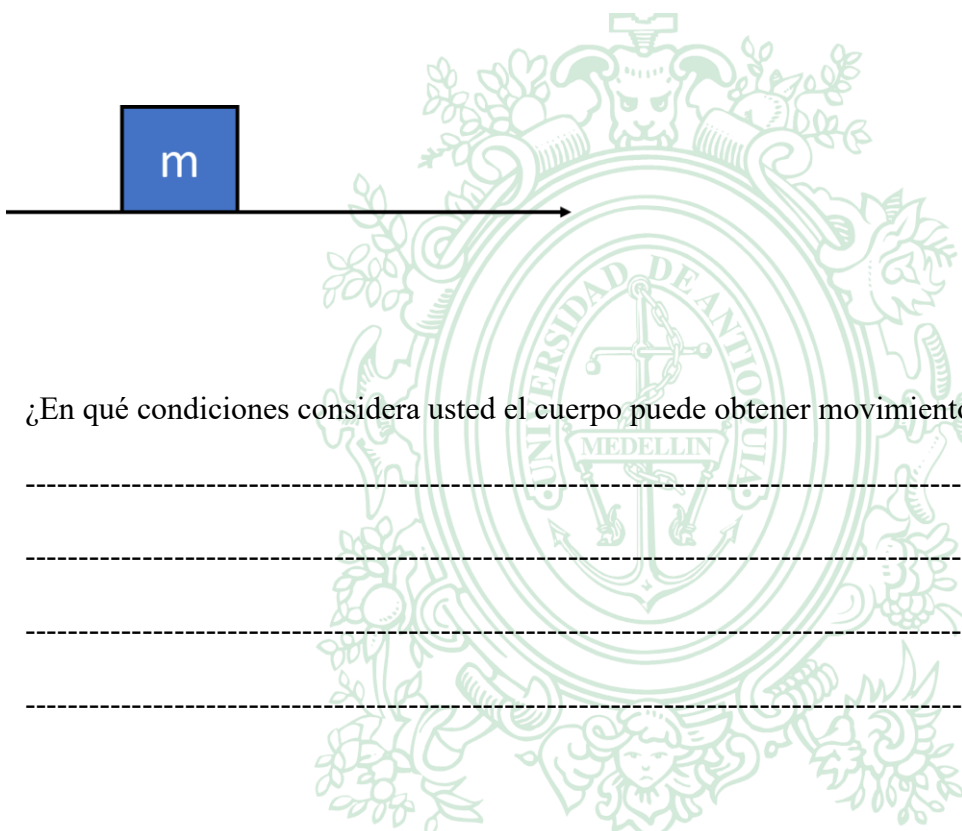
Posibles acercamientos a la comprensión de la caída libre de los cuerpos.

Introducción. En el siguiente trabajo se encontrarán algunas ideas para abordar la caída libre de los cuerpos a través de una serie de experimentos mentales.

Objetivo:

Aproximarse al concepto de caída libre por medio de las situaciones planteadas en pro del uso de la imaginación y la experimentación mental.

Imagine que se tiene en principio un plano horizontal sin fricción sobre el cual reposa un cuerpo de masa (m) como se muestra en la siguiente figura.

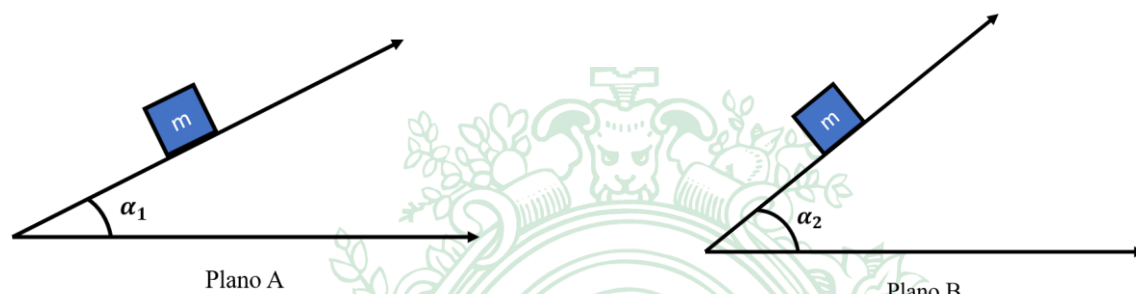


¿En qué condiciones considera usted el cuerpo puede obtener movimiento acelerado?

Si ahora inclinamos un poco el plano, tal como se ve en las figuras y ambos cuerpos descienden por el plano.

¿qué puedes decir de la aceleración de los cuerpos?, ¿cuál de las dos es mayor, la del plano A o la del plano B?, ¿por qué?

1 8 0 3



Tenga en cuenta ahora que el ángulo $\alpha_1 < \alpha_2$

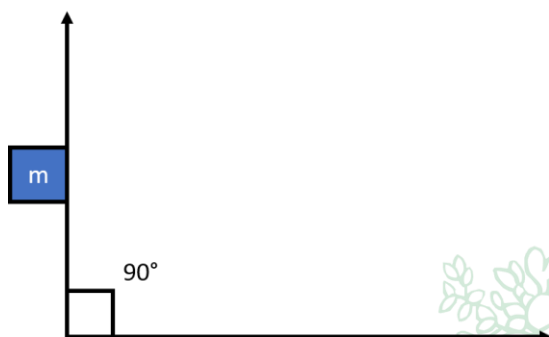
¿Qué relación establece usted con respecto a la aceleración de los cuerpos teniendo presente la variación en los ángulos? Justifique su respuesta.

Imagine ahora que el plano sigue elevándose al punto en que se hace perpendicular con respecto a la horizontal, tal cual como se muestra en la siguiente figura, en este caso $\alpha = 90^\circ$



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación



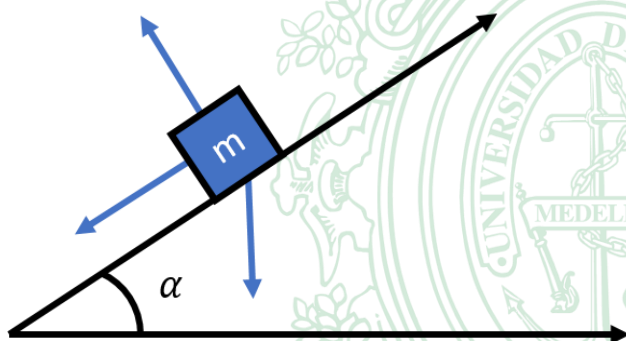
En relación con la situación anterior ¿Que cree que pasará con la aceleración del cuerpo?

Justifique su respuesta.

¿Será posible que exista una relación entre la elevación del plano y la aceleración del cuerpo?

¿Qué sucede con la aceleración del cuerpo a medida que aumenta la inclinación del plano?

Observe ahora la descripción matemática de lo anteriormente planteado.



Teniendo en cuenta que:

$$F=ma$$

$$\Sigma f(x) = mg\text{sen}\alpha = ma$$

$$\Sigma f(y) = mg\text{cos}\alpha = 0$$

Cuando α toma el valor de cero, es decir, $\alpha=0^\circ$

¿Qué resultado toma la ecuación?

1 8 0 3



¿Qué implicaciones tendrá el valor encontrado?

Ahora el valor de α se incrementará hasta tomar el valor de 90 grados, es decir $\alpha=90$

¿Podría dar una descripción del resultado de la ecuación cuando α toma el valor de 90° ?

¿Cree que la ecuación desarrollada tiene coherencia con las actividades planteadas anteriormente?

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

De una breve explicación de todo el desarrollo trabajado hasta el momento.

Facultad de Educación

Para esta siguiente situación se comenzará a variar el valor de la masa del cuerpo tal que el ángulo de elevación del plano permanezca constante y cabe recordar que nuevamente se considera la ausencia total de la fricción.

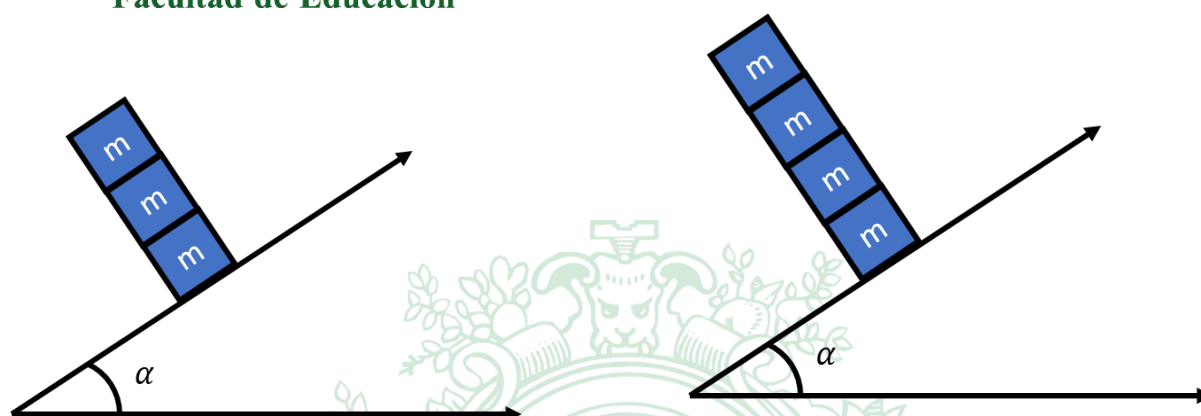
Observe las siguientes figuras y responda las siguientes preguntas.



¿Cómo cree que son las aceleraciones de los dos cuerpos?

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Qué cree que pasaría si se sigue aumentando la masa de los cuerpos como se ilustra en la siguiente figura.



Nuevamente, ¿Cómo cree usted que son las aceleraciones de los cuerpos?

¿Qué relación establece sobre las aceleraciones y las masas de los cuerpos en las respectivas figuras?

Si en el plano no se presenta fricción, ¿Qué variables cree usted que intervienen en la aceleración de los cuerpos?

Actividad # 2.1

En la siguiente actividad se tendrá una charla con base en las ideas tanto propias como de los estudiantes, esta situación buscará encontrar cómo los casos interpretan algunos conceptos físicos y posiblemente los relacionan no solo con eventos de la cotidianidad sino con sucesos no visibles o tan solo imaginables.

Objetivos:

Confrontar algunas posibles ideas que tienen los casos a acerca de algunos conceptos físicos obtenidos a través de su vida académica.

En principio se tenía la idea de que los cuerpos entre más pesados más rápido caían, sin embargo, el italiano Galileo Galilei objetaría este razonamiento y expondría que el peso de los cuerpos no afecta la caída de estos, además el italiano logra llevar la idea aristotélica a tal contradicción que la sociedad científica no tuvo más remedio que comenzar a escuchar las nuevas ideas que el atrevido cuentico exponía, dicha contracción se basaba en imaginar dos cuerpos de diferentes pesos, a continuación se expondrá parte de dicho experimento.

1 8 0 3

Imagine que se tiene un cuerpo de peso 10 y otro de peso 1, según el razonamiento aristotélico el peso de mayor peso debería de caer primero, en este caso sería 10 veces más rápido que el cuerpo



Es de uso cotidiano la utilizar la explicación de que las cosas caen debido a la gravedad como una fuerza que atrae todo objeto hacia el centro de los planetas, en nuestro caso del planeta tierra. Ahora bien, se le atribuye a Isaac Newton la acertada explicación de dicho fenómeno y además de la contribución matemática de la siguiente ecuación:

$$F=GMm/R^2$$

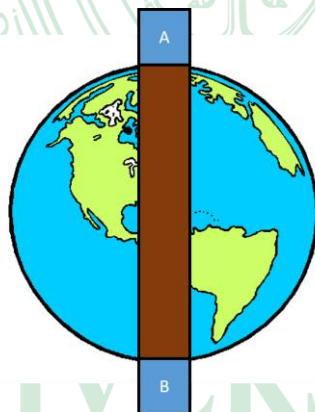
Donde G es la constante de gravitación universal, M y m son las masas de los cuerpos que interactúan y R es la distancia que hay entre los cuerpos.

Teniendo en cuenta la anterior ecuación y el argumento de que todos los cuerpos son atraídos por la gravedad hacia el centro de la tierra trate de responder las siguientes preguntas.

¿Partiendo de la ecuación qué cree que pasaría si un objeto lograra estar en el centro de la tierra?

Ahora imagine que se tiene un ascensor sobre la superficie de la tierra, si bien se requiere imagine que este se encuentra sobre el hemisferio norte y por medio de un túnel que atraviesa la tierra dicho ascensor es capaz de viajar desde el hemisferio norte al hemisferio sur atravesando la tierra a una gran velocidad, la siguiente figura ilustrará mejor la idea.

Tierra



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

¿Considera que es posible la anterior situación?

¿Sí?

¿No?

Quizás la idea de que los objetos caen no es ya nada nueva para usted, en su día a día se ha acostumbrado a ver como caen las gotas de la lluvia, el cómo caen los objetos que deja de sostener repentinamente, el cómo cae un balón de fútbol después de ser pateado entre un millón de objetos más.

Entonces piense ahora en el sistema solar, sistema que va desde el Sol hasta Plutón, se sabe también que los planetas giran alrededor del sol y que además cada planeta tiene una velocidad de giro promedio con respecto al sol, ahora bien, imagínese que usted cuenta con la capacidad de observar un sistema solar en miniatura, imagine ahora que dicho sistema solar lo sostiene en las manos y lo deja caer desde una altura considerablemente grande, tenga presente que el sistema solar no puede ser alterado, es decir, tanto el sol como todos sus planetas y las respectivas lunas de cada planeta no pueden ser desprendido y todo se moverá en conjunto.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Podría dar alguna conclusión

**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Por último, observe y analice la siguiente ecuación y trate de responder a las preguntas que se plantean.

Facultad de Educación

Se define matemáticamente la ecuación de velocidad como la relación entre la distancia recorrida por un cuerpo y el tiempo que demora este en recorrer dicha distancia, lo anteriormente dicho se resume entonces en la siguiente ecuación:

$$V = X \backslash T$$

Se tiene además que la luz se desplaza a una velocidad constante de 300,000 km/s, a la velocidad de la luz se le denotará con la letra C.

Asuma ahora que se tienen dos cuerpos iguales los cuales se desplazan desde un punto fijo A a un punto fijo B a la velocidad de la luz, sin embargo, se tiene que el cuerpo 1 llega más rápido que el cuerpo 2.

A B

Matemáticamente el comportamiento de ambos cuerpos se relaciona de la siguiente forma.

$C_1 = C_2$ dónde C_1 y C_2 son las velocidades de ambos cuerpos y representan además la velocidad de la luz.

Pero se tiene también que $V = X \backslash T$ y dado que la velocidad en te caso es la de la luz entonces la ecuación anterior queda de la siguiente forma.

$$C = X \backslash T$$

Dado que $C_1 = C_2$ se tiene entonces que $X_1 \backslash T_1 = X_2 \backslash T_2$ donde X_1 y X_2 representan la distancia AB y T_1 y T_2 representan los tiempos empleados en recorrer dichas distancias.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

Con base en la anterior información responda las siguientes preguntas.

¿Cómo interpreta la anterior información?

¿Qué podría decir del tiempo y la distancia recorrida por cada cuerpo?

¿Cree que sería esto posible, que, aunque ambos cuerpos se desplacen con la misma velocidad de la luz uno logre llegar más rápido desde un punto fijo A a un punto fijo B?

¿Sí?

¿No?

¿por qué?

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

La idea de llevar a cabo esta investigación se toma gracias a los procedimientos experimentales que comúnmente se llevan en la facultad de educación de la Universidad de Antioquia, esto dado la línea procedimental que se da en la mayoría de los cursos de física en la licenciatura en física y matemáticas de dicha universidad en donde la idea de recetario como guía de laboratorio está aún vigente en el desarrollo de las clases, esto entonces llevó a tomar conciencia y preguntarse por maneras alternativas de abordar las actividades experimentales y más aún de pensarse el cómo sería posible aplicar otras formas de experimentación en el contexto de la enseñanza tanto secundaria como profesional.

Con base en lo planteado en el párrafo anterior podrían considerarse algunos planteamientos que lograsen dirigir una investigación futura tomando algunos parámetros los cuales no fueron trabajados en esta investigación, como ejemplo estaría la capacidad de abstracción de los estudiantes en el momento de analizar alguna teoría física y los resultados que esta arroja mediante una adecuada lectura de las variables de las ecuaciones y el constante re formulación de las teorías físicas.

La experimentación en la ciencia es de una innegable importancia y ante ello la educación recoge dicha significación empleando variados tipos de experimentación física que bien se han ido constituyendo en un pilar fundamental de la enseñanza, sin embargo, este tipo de experimentación va dejando algunas fracturas educativas dado su poca flexibilidad y egoísmo académico, es decir, la experimentación física ha llevado a la enseñanza de las ciencias a la idea de la reproducción de pruebas y datos donde la no modificación de este tipo de proceder ha estado inquebrantable e

Facultad de Educación

inamovible. Es de recalcar que esta investigación ha dejado entrever que existen formas alternativas de abordar la experimentación en la física al igual que la explicación de los fenómenos físicos, estos últimos planteados en igual relevancia para el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias pues en la explicación de estos radica la conceptualización de la física. Ergo, vale la pena considerar algunas preguntas en pro de la experimentación tanto física como mental, tales como ¿Qué tanto facilitaría la experimentación mental la enseñanza de la física moderna en la secundaria?

Cuando se piensa en Ernst Mach como teórico principal para este trabajo se hace con la intención de mostrar como este personaje va mostrando una serie de ideas basadas en la experimentación mental, ideas que a su vez van siendo hiladas y alineadas en el marco del uso de la historia y la epistemología dadas en una serie de planteamientos que dejan ver como grandes científicos de otrora daban solución parcial a sus problemáticas, tanto de manera particular hasta general.

La investigación llevada a cabo durante este tiempo trató de transmitir y de dejar visualizar gran parte de los planteamientos que Mach planteaba como relevantes a la hora de abordar la experimentación mental, por un lado, estos elementos fueron tenidos en la cuenta como sustento teórico para dar cuenta de algunas falencias en las que recaía la experimentación física y por otro lado se consideraban planteamientos que fuesen generando una posible solución a dichas problemáticas. Sin embargo, se debe dejar claro que dicha investigación no concluye al final de estas páginas, pues aún quedan muchas ideas que retomar y preguntas que formular en el sentido del mejoramiento de la enseñanza de las ciencias.

Facultad de Educación

Por otro lado, se pensó entonces en cómo llevar a cabo la posibilidad de nuevas formas de abordar la experimentación y en este caso en el contexto escolar, esta investigación, llevada a cabo mediante el uso de un par de instrumentos de investigación a partir del proceso investigativo con base en la participación de tres casos de una institución educativa del Valle de Aburrá arrojó información que ayudó a establecer las formas en la que dichos casos establecían explicaciones con base en algunas situaciones físicas, es decir, el análisis de las explicaciones de los tres casos con base en la solución de algunos fenómenos físicos se tornó enriquecedora dado que se logró evidenciar como la experimentación mental brindaba una salida diferente a las situaciones planteadas, en este sentido se manifestaron diversas soluciones e incluso se logró observar como la idea de la experimentación mental lograba que los casos plantearan respuestas tan significativas que las ideas planteadas por Mach se iban haciendo claras y notorias en la investigación, ideas que van desde el uso de los recuerdos, la imaginación, hasta el análisis de procedimientos o planteamientos absurdos, esto último se evidencia en algunos planteamientos de Mach (1905) en los cuales plantea que <<podemos encontrar, con el recuerdo, detalles que no habían atraído nuestra atención en el momento de la observación inmediata>> (p. 160). Además de que << la sola experimentación mental es suficiente a menudo para llevar al absurdo una regla supuesta evidente>> (p. 164). Podría incluirse además lo llamativo que fue que a la hora de escoger los casos para la investigación no se pensó en los que suelen ser descritos como los más capacitados, atentos e inteligentes de la institución, pues a la hora de proceder las respuestas más coherentes y acertadas las construyó el caso de una supuesta menor capacidad cognitiva y menor desempeño escolar. Punto que para esta investigación no deja de ser llamativo. En este sentido vale la pena

Facultad de Educación

preguntarse por el ¿Cómo significar y promover las ideas que se creen no coherentes solo por desprenderse de la cotidianidad escolar?

Por último se considera que el uso de la historia y la epistemología debe de ser un factor decisivo a la hora de la enseñanza dado su relevancia en el momento de dar explicaciones de fenómenos físicos, esto se piensa dado que por medio de ambas áreas del conocimiento se logra llegar con mayor profundidad a las ideas de grandes teóricos de otrora y además de reconocer los contextos en que las grandes ideas han sido planteadas, esto es, la historia y la epistemología logran proyectar un marco de referencia mucho más amplio con base en la idea de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias ya que de no hacer uso de estas áreas del conocimiento tanto la enseñanza como el aprendizaje quedaría establecido de manera pasajera y superficial.

Mach, E (1905), Conocimiento y error, capítulo XI, Espasa – Galpe Argentina, S.A. 159-169

Carr, H, Edward. (S.F) Módulo de historia y epistemología, capítulo número uno, Modos de ver a partir de la significación de la historia y las concepciones de la ciencia, Artículo número uno, El historiador y los hechos. 1-8

R.E. Stake, (1999), Investigación con estudio de casos, segunda edición, Ediciones Morata. S. L. Madrid. 14-49

Raymond A. Serway y Cris Vuille, 2013, Fundamentos de física Novena edición, Cengage Learning Editors, S.A de C.V. Traducción por Dra. Ana Elizabeth García Hernández, Universidad La Salle, Morelia. 86-109

W, F, Sears. Mark, W, Zemansky. Física. Versión española de Albino Yusta Almarza, licenciado en ciencias de la física. (1971). 99-101

Romero C. Ángel. Aguilar, Y (2013.). La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos. Editorial Universidad de Antioquia. 70-82

Sampieri, R., Hernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. Mexico: McGRAW HILL Interamericana.



Facultad de Educación

Koponen, L y Mänyala. T. (2006). Generative role of experiments in Physics and in Teaching Physics. 98-119

Gil, D y Pessoa de Carvalho, A, M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. Educ. Quim, 2: 250-257

[66&bih=589&tbm=isch&q=tierra+dibujo&sa=X&ved=0ahUKEwiZg_e4mf_VAhXKOiYKHUB](https://www.researchgate.net/publication/2666666666&bih=589&tbm=isch&q=tierra+dibujo&sa=X&ved=0ahUKEwiZg_e4mf_VAhXKOiYKHUB)

[YD5oQhyYIKQ#imgre=uodTt-65VG5S5M](https://www.researchgate.net/publication/2666666666&bih=589&tbm=isch&q=tierra+dibujo&sa=X&ved=0ahUKEwiZg_e4mf_VAhXKOiYKHUB): (agosto 5)



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Anexos

Anexo A. Protocolo ético



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
LA EXPERIMENTACIÓN MENTAL, UNA ALTERNATIVA PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DE FENÓMENOS FÍSICOS.
PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO**

Ante esta instancia, como autoras de la investigación titulada La experimentación mental, una alternativa para la construcción de explicaciones de fenómenos físicos. presentamos nuestro compromiso ético con los participantes en este proceso. Entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos de la propuesta y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la educación en los ámbitos propios de la investigación.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada en el caso de publicación de los productos derivados de la investigación sobre algún tópico indagado y que, en relación con ello, se evitará la alusión a nombres propios, se valorará con respeto y responsabilidad los datos aportados y, finalmente, que los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a algunos de estos participantes, para su evaluación.

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a las investigadoras para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, etc.; se constituyan en bases de datos para los eventos señalados. Al respecto, se solicita también a los firmantes de este documento anotar, algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan.

Nombre	Firma	Sugerencia o recomendación

Anexo B. Instrumentos

Instrumento # 1

Preguntas	1. ¿En qué condiciones considera usted el cuerpo puede obtener movimiento acelerado?	2. ¿Qué puedes decir de la aceleración de los cuerpos?, ¿Cuál de las dos es mayor, la del plano A o la del plano B? ¿Por qué?	3. ¿Qué relación establece usted con respecto a la aceleración de los cuerpos teniendo presente la variación de los ángulos? Justifique su respuesta	4. ¿Qué cree que pasará con la aceleración del cuerpo?	5. ¿Será posible que exista una relación entre la elevación del plano y la aceleración del cuerpo?	6. ¿Qué sucede con la aceleración del cuerpo a medida que aumenta la inclinación del cuerpo?	7. Cuando α toma el valor de cero, ¿Qué resultado toma la ecuación?	8. ¿Qué implicaciones tendrá el valor encontrado?	9. Ahora α tomará el valor de 90 grados, ¿Podría dar una descripción del resultado de la ecuación cuando α toma el valor de 90 grados?	10. ¿Cree que la ecuación desarrollada tiene coherencia con las actividades planteadas anteriormente?	11. ¿Cómo cree que son las aceleraciones de los cuerpos?	12. Nuevamente, ¿Cómo cree que son las aceleraciones del cuerpo?	13. ¿Qué relación establece sobre las aceleraciones y las masas de los cuerpos en las respectivas figuras?	14. Si en el plano no se presenta fricción, ¿Qué variables cree usted que intervienen en la aceleración de los cuerpos?	Asertos
Caso #1	Con la ayuda de una fuerza mayor a la masa	B, ya que su ángulo de inclinación es mayor	Porque es más alta mayor será la caída (movimi	Este cambiaría a ser caída ya que no está pegando a la superficie	Si porque a medida que se va elevando el plano	Se aumenta	0, ya que ni se desplazará a excepción si sería con ayuda de una fuerza	Velocidad constante	Sería caída libre con una aceleración de 9,8 m/s ²	Sí, porque tratan de la misma temática planteada desde el inicio	La aceleración del cuerpo de las dos cajas es mayor	El cuerpo del lado derecho es más pesado por ende caerá el del izquierdo	Que podría ser la misma dependiendo del peso y del ángulo	Ninguna ya que se deslizaría de igual velocidad sin fricción	Caída Mayor cuerpo



Facultad de Educación

			ento) del cuerpo	ie caería con una aceleración de 9.8 m/s ²	obtiene una inclinación por ende no habría fricción y otras cosas					por su peso	más rápido				
Caso # 2	Cuando se le aplica una fuerza superior a la masa	La aceleración del cuerpo del plano B es mayor porque tiene un mayor ángulo	Por el plano estar inclinado y sin fricción ambos obtienen movimiento	La aceleración sería de 9.8 m/s ² porque el cuerpo estaría en caída libre	Sí, a mayor ángulo mayor aceleración	Aumenta	0 N	El cuerpo quedaría en el estado natural	Al ángulo ser de 90 grados el cuerpo a estar en caída libre por lo tanto solo actúa la fuerza gravitacional	Sí	Creo que son iguales porque están siendo afectado por la misma fuerza gravitacional	Creo que son iguales porque están siendo afectado por la misma fuerza gravitacional	Ninguno, creo que la m no tiene que ver	La resistencia del viento	Fuerza Aceleración ángulo gravitacional cuerpo
Caso #3	Cuando este adquiere una masa	Se puede decir que es el plano B por el ángulo	Como vemos hay un ángulo	Aumenta a	Sí, mientras aumentan	Aumenta porque también va	0 N	Que para que haya sido 0 N tendría	Esto puede ser que esté en caída	No, porque en las otras estaba o	Que estas dependen de los cuerpos	Pueden ser iguales esto ya	Que hay una variación	Pues no creo porque la A puede	ángulo



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

	y de esta hay otra en la que está actuando ha sentido contrario	plano que está inclinado y por el ángulo de este	mayor y el otro menor y de esto puede variar mucho su aceleración depende de su masa	e el ángulo aument a la aceleración	aumentan do la m y la caída del ángulo con respecto al plano		que haber estado en constante	libre ya que su ángulo es de 90 grados	se tenía en cuenta la aceleración	es decir en el 1 puede ser menor al 2	depende de su masa y pueden variar por su peso		ser la misma	aceleración masa
Asertos	Masa	ángulo	mayor	aceleración caída	Ángulo aceleración			Ángulo caída		cuerpo				

Instrumento # 2

Preguntas Casos	Según el razonamiento aristotélico, ¿Que cree usted que pasaría?	Ahora trate de responder la misma pregunta, pero basándose ahora en el	¿Partiendo de la ecuación que cree que pasaría si un objeto lograra estar en el	¿Considera que es posible la anterior situación? ¿Sí?	¿Habría diferencia entre dejar caer una pelota y el sistema solar miniatura	Y si tanto el sistema solar miniatura como la pelota ahora son lanzados verticalmente hacia arriba,	Podría dar alguna conclusión	¿Cómo podría interpretar la anterior información?	¿Qué podría decir del tiempo y la distancia recorrida por cada cuerpo?	¿Cree que sería esto posible, que, aunque ambos cuerpos se desplacen con la misma	Asertos
--------------------	--	--	---	---	---	---	------------------------------	---	--	---	---------



Facultad de Educación

		razonamiento de Galileo	centro de la tierra?	¿No? ¿por qué?	desde la misma altura? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?	¿Qué cree que pasaría?				velocidad de la luz uno logre llegar más rápido desde un punto fijo A a un punto fijo B?	
Caso #1	En la unión de dos cueros de 10 y 1 de masas y que se dejen caer sería igual su caída sin afectar el peso de este arrastraría más el peso de 10 que el de 1	Sería igual caída en ambos	Aumentaría su fuerza de gravedad y nace su fuerza al objeto	No, porque sería una temperatura demasiado alta a parte podría afectar el planeta o su eje traslacional	Porque el sistema se puede caer una misma velocidad que la pelota	El sistema se elevaría menos que la pelota	No, no se me viene ninguna conclusión por el momento	Lo que cambia la distancia y tiempo en diferentes distancias y tiempo es	Constantes	Sí, porque las distancias recorridas pueden ser diferentes por ente el tiempo cambia.	Distancia tiempo
Caso #2	Creo que Aristóteles diría que ya no son dos cueros sino uno solo por lo tanto caería un poco más	Galileo diría que ambos cueros unidos caerán igual a como caían individualmente	El cuero estaría estático	Sí, pero tendría complicaciones como el cambio del sentido de la gravedad	No porque igualmente están siendo afectados por la misma fuerza gravitacional	Si son lanzados con la misma fuerza dependerían del peso que tengan para	No importa cuánto peso tenga un cuero siempre y cuando estén afectados con la misma	El experimento estuvo mal tomado porque ambos tenían que llegar al	Uno de los dos cueros fue distinto	No, porque si tienen la misma velocidad y hacen el mismo recorrido tiene que	Cuero tiempo



Facultad de Educación

	rápido por tener un cuerpo más de peso			respecto al cuerpo	y no tener resistencia	llegar a la misma altura	fuerza gravitacional caerán al mismo tiempo	mismo tiempo		llegar con el mismo tiempo	peso
Caso #3	Que ya no serían 2 si no uno ya que fueron unidos y por lo tanto como hay uno más pesado que el otro caería al lado de mayor peso	Que no importa su peso ya que fueron unidos y su fuerza ya sería una sola	El cuerpo quedaría estático	No, porque la temperatura del centro de la tierra no dejaría que esto pasara	Sí porque en la pelota solo está influyendo la fuerza gravitacional , en el sistema solar está la fuerza gravitacional más fuerzas que se atraen entre sí	Que la pelota caería y el sistema solar no	Que independiente de donde esté o que pretenda influir, el sistema solar no se afectaría	Que influye es decir que cambia el tiempo	Constantes	Sí, porque no importa la velocidad sino el tiempo y la proporción de la distancia	fuerza gravitacional
Aserto	Peso cuerpo				Fuerza			tiempo		Velocidad tiempo	