

**LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA
RELATIVIDAD: REGLAS FIJAS Y RELOJES CON
ESTUDIANTES DE GRADO SÉPTIMO.**

DEIBERTH SEBASTIAN GUAYARA MORENO



**LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD:
REGLAS FIJAS Y RELOJES CON ESTUDIANTES DE GRADO
SÉPTIMO**

DEIBERTH SEBASTIAN GUAYARA MORENO

Director:

MG. JUAN CARLOS OROZCO CRUZ

Trabajo de grado para optar por el título de licenciado en física

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
BOGOTA D.C.**

2017

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Departamento de Física



Tesis monográfica:

**LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD:
REGLAS FIJAS Y RELOJES CON ESTUDIANTES DE GRADO
SÉPTIMO**

Autor:

Deiberth Sebastián Guayara Moreno

Director

Mg. Juan Carlos Orozco Cruz

Bogotá, 2017

DEDICATORIA

Producto es este trabajo del esfuerzo de mis padres Marienly y Luis, también de la constante paciencia de mi asesor Juan Carlos Orozco Cruz y sus acertados consejos al momento de sugerir textos y correcciones. A mis hermanos por leer a veces sin entender. Para y por ellos el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que colaboraron con la construcción del presente trabajo, por cada coma, cada punto que colaboraron en corregir, también agradezco a esas nuevas personas que llegan a la vida para cambiarla y procurar que ésta jamás sea la misma. A Yuly.

A mis estudiantes, al colegio y mis docentes.

Para todo un gran agradecimiento.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	La enseñanza de la teoría especial de la relatividad: reglas fijas y relojes con estudiantes de grado séptimo
Autor(es)	Guayara Moreno, Deiberth Sebastián
Director	Juan Carlos Orozco Cruz
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017, 53 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	TEORA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD, ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, ESPACIO - TIEMPO

2. Descripción
<p>La física moderna es una rama como su nombre lo indica más actual, pero, a su vez da cuenta de más fenómenos de la naturaleza comparada si se quiere con la física clásica. En lo concerniente a este trabajo, se quiere cuestionar la supremacía de la física clásica en el ámbito educativo colombiano y mostrar si es posible llevar la física moderna al colegio, con estudiantes que no hayan tenido contacto con la física como materia y mostrar así la independencia que tiene la física moderna de la física clásica. Bachelard, afirman que: <i>“La mejor manera para medir la solidez de las ideas [es] enseñarlas, siguiendo en esto la paradoja que se escucha enunciar con tanta frecuencia en los medios universitarios: enseñar es la mejor manera de aprender”</i>, (Bachelard, Gaston, 1978) paradójicamente en Colombia no se ha dado una verdadera oportunidad para que la sociedad incorpore en su cultura las reflexiones hechas por la Teoría Especial de la Relatividad (en adelante TER) y por la física moderna.</p> <p>Con lo anterior queda en evidencia una de las ideas más primitivas de la filosofía que habla de una linealidad temporal, acumulativa la cual está ligada a una concepción de causa y efecto, aunque en el caso de la TER no es clara del todo la causa, pues como resultado de la indagación que se muestra más adelante, se analiza que para algunos autores el génesis de la</p>

TER se dio con el experimento de Michelson-Morley, mientras que otros afirman que el bastión de dicha teoría fue el experimento de Trouton-Noble.

Para adoptar una posición frente a la ambigüedad presentada, se hará uso de los estudios histórico críticos, los cuales son la metodología elegida para el desarrollo de este documento y que, al volver sobre los textos realizados por los autores de las teorías, nos permite analizar sus cuestionamientos y reflexionar acerca de si es adecuada la forma en la que se enseñan las teorías. Así, por ejemplo, entrar en diálogo con los textos de Poincaré, Mach y Einstein, podemos reconocer que la TER rompe con el paradigma de la linealidad del tiempo y del espacio. Por lo tanto, es tarea de los docentes romper con la errada idea acumulativa de la ciencia, enseñando una física que además responda a la cotidianidad de los estudiantes.

En el plano educativo se presenta una situación ya conocida por los docentes pues,

“¿qué deberíamos enseñar primero? ¿Deberíamos enseñar la ley “correcta” pero poco familiar con sus extrañas y difíciles ideas conceptuales, por ejemplo, la teoría de la relatividad, el espacio-tiempo tetra dimensional y cosas similares? ¿o deberíamos enseñar primero la sencilla ley de la «masa constante», que es sólo aproximada, pero no implica ideas tan difíciles?”
(Feynman, 2014)

La dicotomía en la enseñanza es un reto para los docentes y los estudiantes pues *“la primera es más excitante, más maravillosa y más divertida, pero la segunda es más fácil de captar al principio, y es un primer paso hacia la comprensión de la primera idea”* (Feynman, 2014) El presente trabajo apuesta a la primera opción.

Las concepciones de espacio y de tiempo son sumamente importantes en la física y en la cotidianidad, preguntas como ¿dónde vives?, ¿qué día es hoy?, ¿qué hora es?, ¿tienes más tiempo?, ¿qué espacio ocupa el carro?, y otras, son cotidianas para todos, teniendo como común denominador la idea intrínseca del espacio y del tiempo, al cuestionarse Einstein dichos conceptos que se asumían definidos para la época, se da en el clavo sobre las consideraciones anteriores que no permitían explicar adecuadamente *“los experimentos [que] solamente nos enseñan las relaciones de unos cuerpos con otros”*, se mostrará si es más cercano el

experimento de Trouton-Noble o el de Michelson-Morley, para ser concebidos como hasta el momento, por diferentes textos, como el punto de partida de la TER.

Como se pudo constatar, el trabajo tiene tres componentes fuertes que se unen por medio de los estudios histórico críticos, la filosofía de las ciencias, la educación y la física se consolidan en este trabajo para analizar un caso particular del ámbito educativo colombiano que se espera sirva de reflexión para los docentes en formación.

3. Fuentes

- Alemañ, R., & Perez, J. (2001). UNA NUEVA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD EN EL BACHILLERATO. *Enseñanza de las ciencias*, 335-343.
- Alonso, M., & Soler, V. (2006). LA RELATIVIDAD EN EL BACHILLERATO. UNA PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA. *Enseñanza de las ciencias*, 439-454.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posiciones*, 19 - 37.
- Ayala, M. M. (3-7 de Julio de 2000). Historia de las ciencias y la formación de profesores. *Historia de las ciencias y formación de profesores de física*. Portalegre, Canela, Brasil.
- Bachelard, G. (1975). *La actividad racionalista de la física contemporánea*. Buenos aires : Siglo veinte.
- Bachelard, G. (1980). El compromiso racionalista. En G. Bachelard, *El compromiso racionalista* (págs. 113-129). Cerro del agua México.: Siglo veintiuno editores S. A.
- Bachelard, Gaston. (1978). *El racionalismo aplicado*. Buenos Aires: PAIDOS.
- Bachelard, Gaston. (1981). El nuevo espíritu científico. En G. Bachelard, *El nuevo espíritu científico* (págs. 43-57). Distrito Federal: Nueva imagen S. A.
- Ben-dov, Y. (1999). *Invitación a la física*. Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Bernstein, B., & Diaz, M. (1984). Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional:
http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/15_08ens.pdf
- Bobin, J., & Woolverton, L. (Dirección). (2016). *Alicia a través del espejo* [Película].
- Bunge, M. (1983). Controversias en física. En M. Bunge, *Controversias en física* (págs. 11-83). Madrid : Tecnos S. A.
- Carroll, L. (1994). *A través del espejo y lo que Alicia encontró al otro lado*. Madrid: Alianza editorial S. A.
- Colegio Cooperativo Tomas Cipriano de Mosquera. (2008). P.E.I. En C. C. Mosquera, *P.E.I.* (pág. 80). Mosquera: Doc. Institucional.
- Concari, S. (2001). LAS TEORÍAS Y MODELOS EN LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA: IMPLICANCIAS

PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *Ciencia & Educación*, 85-94.

- Corte Constitucional. (Enero de 2015). *Corte Constitucional*. Obtenido de Corte Constitucional.gov.co: <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>
- Einstein, A. (1980). El significado de la relatividad. En A. Einstein, *El significado de la relatividad* (págs. 9-45). Madrid: Espasa calpe S. A.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1939). La física aventura del pensamiento. En A. Einstein, & L. Infeld, *La física aventura del pensamiento* (págs. 185-250). Buenos Aires: Losada S. A.
- Einstein, A., & otros. (1993). Grandes obras del pensamiento. En M. Paredes, *La teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* (págs. 61-67). Barcelona: Atalaya S. A.
- Feynman, R. (2014). Seis piezas fáciles. La física aplicada por un genio. En R. Feynman, *Seis piezas fáciles. La física aplicada por un genio* (págs. 33-34). Barcelona: Crítica S. L.
- Figueroa, A., & Orjuela, J. (20 de Mayo de 2015). *Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2177>
- Galison, P. (2005). Relojes de Einstein, mapas de Poincaré. En P. Galison, *Relojes de Einstein, mapas de Poincaré* (págs. 19-20). Barcelona: Crítica.
- González, J. (Noviembre de 1997). Las relaciones entre la física y la filosofía en los conceptos de espacio y tiempo y sus implicaciones pedagógicas. *Las relaciones entre la física y la filosofía en los conceptos de espacio y tiempo y sus implicaciones pedagógicas*. Bogotá D. C., Colombia.
- Granés, J., & Caicedo, L. (s.f.). Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional: http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce34_06expe.pdf
- Guerrero, G. (2006). EINSTEIN Y LA REALIDAD DEL ESPACIO: REALISMO Y CONVENCIONALISMO. *Praxis filosófica*, 131-151.
- Hoffmann, B. (1985). La relatividad y sus orígenes. En B. Hoffmann, *La relatividad y sus orígenes* (págs. 90-110). Barcelona: Labor S. A. .
- Jaramillo, J., Arroyave, E., Higueta, D., & Lopez, S. (2012). UNA APROXIMACIÓN AL DESPERTAR DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. *Asociación Colombiana para la investigación en educación en ciencia y tecnología.*, 426-443.
- Lineamientos curriculares*. (1998). Santa fé de Bogotá: Ministerio de educación nacional.
- Martinez-Chavanz, R. (2006). Einstein y su recepción en Colombia. *Praxis Filosófica*, 29-112.
- MEN, M. d. (20 de Séptiembre de 2006). *Ministerio de educación nacional*. Bogotá: Ministerio de educación nacional. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-340021.html>
- Murphy, J., Zitzewitz, P., & Hollon, J. (1989). *Física: una ciencia para todos*. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company .
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las

- ciencias. *2º congreso sobre formación de profesores de ciencias*, (págs. 1 - 13). Bogotá.
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *2º Congreso de formación de profesores de ciencia.*, (págs. 1-13). Bogotá.
- Ostermann, F., & Moreira, M. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 391 - 404.
- Palacios, S. (2006). *el cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula* .
- Perez, H., & Solbes, J. (2003). Algunos problemas de la enseñanza de la relatividad. *Enseñanza de las ciencias.*, 135-146.
- Perez, H., & Solbes, J. (2006). IMPLICACIONES DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE ALGUNOS CONCEPTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD . *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación científica*, 409-431.
- Pérez, H., & Solbes, J. (2006). Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias* , 269-284.
- Quirantes, A. (2011). Física de Película: una herramienta docente para la enseñanza de Física universitaria usando fragmentos de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 334-340.
- Ramirez, R., & Mauricio, V. (1989). *Investiguemos 11*. Bogotá D. C.: Voluntad S. A.
- Romero, O., & Bautista, M. (2011). *Hipertexto física 2*. Bogotá D. C.: Santillana S. A.
- Romero, Olga. (Junio de 1993). Algunos elementos epistemológicos para la enseñanza de la teoría especial de la relatividad. *Algunos elementos epistemológicos para la enseñanza de la teoría especial de la relatividad*. Bogotá D. C., Colombia.
- Stewart, I. (2013). 17 ecuaciones que cambiaron el mundo. En I. Stewart, *17 ecuaciones que cambiaron el mundo* (págs. 278-279). Barcelona: Crítica S. L.
- Valero, M. (1996). *Física fundamental 2*. Bogotá D. C.: Norma.
- Velarde, A. (2002). Relatividad y el Espacio-Tiempo: Una introducción para estudiantes de colegio. *Revista brasilera de enseñanza de física*, 262-277.

4. Contenidos

Capítulo I: problemática en la cinemática y en la enseñanza clásica de la teoría especial de la relatividad: Dentro del contexto renovador que se presenta en la física para finales del siglo XIX, la **problemática en la cinemática** que dio origen a la teoría especial de la relatividad (T.E.R.) y **la enseñanza clásica de la T.E.R.**, es algo que llama a ser analizado con minucia pues antes

de los desarrollos llegados con el siglo XX, eran imposibles cosas tan comunes hoy día como los viajes espaciales, la exploración de los orígenes del universo y conceptos modernos como agujeros negros y de gusano, que generan una dicotomía entre lo que se ve actualmente en el mundo y la clase de física que no explica en su mayoría ninguno de esos fenómenos.

Capítulo II: conversando con Einstein sobre reglas fijas y relojes: Al denotar el contexto del problema por el cual surgen teorías como la relatividad y la cuántica, se debe realizar una búsqueda exhaustiva sobre por qué las explicaciones que se dieron a los problemas de la cinemática por la nueva generación de científicos fueron más adecuadas y dieron cuenta de mejor manera de los fenómenos problemáticos tales como el experimento de Trouton-Noble (1903) y el experimento de Michelson-Morley (1887). Para ello se debe entrar en un diálogo con los autores, analizando la manera en la que surgieron sus ideas y la forma en la que se explicaron las incoherencias existentes, es así como aterrizado a nuestro interés se plantea que se debe **conversar con Einstein sobre reglas fijas y relojes.**

Capítulo III: Relativamente séptimo y lo hallado allí: En este capítulo se podrán ver las actividades que se desarrollaron con los estudiantes; el trabajo que se hizo por un periodo de más o menos 3 semanas de clase y que pretendió mostrar nociones de los conceptos trabajados por Einstein que dieron un vuelco a la física a inicios del siglo XX.

5. Metodología

Este trabajo de grado integra varias metodologías, la primera consiste en un estudio histórico crítico sobre los conceptos de espacio y de tiempo empleado en la física moderna y la posibilidad de enseñarlo a estudiantes de grado séptimo; para esto se analizan diferentes metodologías y para su elección se tienen en cuenta algunos aspectos. Para la doctora Hernández de la universidad de la laguna “*Elegir una forma de enseñar frente a otra no es casual ni aleatoria. Por el contrario, esta elección depende de diversos factores*” (Hernández Jorge, 2016), entre estos factores están: la experiencia del docente, las concepciones propias del estudiante, la relación existente entre la metodología y el objetivo de enseñanza, y finalmente se debe tener en cuenta la población.

Se quiere mostrar que el cine, la literatura y el arte se puede relacionar con las teorías modernas y a su vez esto puede ser utilizado por los docentes quienes en su papel de investigadores desarrollan estrategias que motiven a los estudiantes a una clase de ciencias que conteste sus preguntas, que genere nuevas ideas y que permita que su relación con el mundo que los rodea sea mejor y más comprensible.

En la primera parte hablando de la experiencia, en el caso que nos ocupa no se posee mucha, por tal razón el modelo que se va a aplicar es el resultado del estudio a experiencias realizadas por otros docentes para la enseñanza de conceptos abstractos. Se da inicio a un estudio histórico-crítico con el fin de conocer de una manera más profunda, el ambiente en el que se formuló y se desarrolló dicho concepto. Los estudios históricos, no sólo permiten realizar una

línea de tiempo en el que se desarrolló un estudio, tampoco es ver las limitaciones que se tenían en la época con respecto a la formulación, manera de demostrar o experimentar sobre una teoría; este tipo de estudios le permiten al futuro docente apropiarse del conocimiento desarrollando una mayor comprensión y aplicar herramientas que le permitan implementar una nueva metodología, de esta manera es posible afirmar que se realizó un proceso de re-contextualización y formación significativa que es fundamental para la enseñanza.

Metodología evaluativa

Al ser un trabajo en el que no se maneja un test cuantitativo, es necesario verificar dentro de las diferentes metodologías de evaluación que abarcan el desarrollo argumentativo, a continuación, se muestra una tabla que permite de una manera sencilla los métodos de evaluación basados en los textos escritos por los estudiantes.

Fases de la investigación

- Fase 1 (fase heurística): recopilación de bases (documentos originales, antecedentes entre otros que permiten dar cuenta de las diferentes concepciones, dependiendo de los autores)
- Fase 2: Enunciado del problema, Se plantean los conceptos espacio temporales, relacionándolo con actividades que permitan (la apropiación conceptual
- Fase 3: Formulación, Realizar una propuesta didáctica que gire en torno a la relativización del espacio-tiempo, por medio de las reglas fijas y los relojes.
- Fase 4: Aplicación, Aplicar la propuesta didáctica con los estudiantes de grado séptimo del Colegio Cooperativo Tomás Cipriano de Mosquera
- Fase 5: Análisis de resultados, Concluir si del trabajo, fue o no adecuado según la estrategia implementada en el aula de clase (más específicamente en el grado 7º).

6. Conclusiones

- Dentro de la clase se observó un mayor interés por parte de los estudiantes, con preguntas y situaciones que no eran simples de explicar para ellos como: ¿por qué Alicia se hace pequeña?, ¿se puede viajar en el tiempo? Entre otras. Esto permitió que la clase progresara y que los estudiantes vieran la física interesante y novedosa, (en palabras de Bachelard, descubrieron la ciencia actual y no la de sus abuelos que les aburriría y les parecería tediosa).
- Se pudo determinar a través de los textos seguidos, que el experimento de Trouton- Noble, es más significativo en el seno de la creación de la TER, aunque el de Michelson-Morley gozase de más renombre por el mismo prestigio de científicos que si lo trabajaron y para los cuales fue fundamental como para Lorentz.

- Se evidenció cómo el trabajo con los chicos pone de presente la posibilidad de llevar estos contenidos para que sean apropiados en la educación básica, en contraste con la idea más generalizada de las dificultades que representan estas teorías debido a su edad y a la asumida complejidad que tienen estos conceptos.
- Se responde a los planteamientos que se encontraron en la descripción de la problemática y a la pertinencia de los trabajos que en distintos contextos que vienen concretando experiencias de aula sobre las teorías de la física moderna aplicada a la enseñanza, lo cual es muy pertinente y novedoso en la escuela.
- En concordancia adicionalmente con el trabajo que el mismo Einstein en compañía de otros físicos realizó para hacer posible el acceso de los ciudadanos a la comprensión de la TER, incluso desde muy tempranos años. Confirmando una de las tesis descritas en el trabajo, que la TER debe hacer parte del bagaje cultural de la sociedad.

Elaborado por:	Deiberth Sebastián Guayara Moreno
Revisado por:	Juan Carlos Orozco Cruz

Fecha de elaboración del Resumen:	20	02	2017
--	----	----	------

Contenido

LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD: REGLAS FIJAS Y RELOJES CON ESTUDIANTES DE GRADO SÉPTIMO.....	0
Metodología evaluativa.....	11
INTRODUCCIÓN	15
PROBLEMÁTICA.....	17
JUSTIFICACIÓN	20
CONTEXTO DE ACTUACIÓN.....	22
OBJETIVOS.....	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	23
METODOLOGÍA	24
METODOLOGÍA EVALUATIVA	28
FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	29
ANTECEDENTES	30
MARCO TEÓRICO	35
1. PROBLEMÁTICA EN LA CINEMÁTICA Y EN LA ENSEÑANZA CLÁSICA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD.....	36
1.1 ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD.....	37
1.1.1 Marco legal.....	37
1.1.2 La ciencia, ¿una concepción o una idealización?.....	39
1.1.3 La T. E. R. en Colombia.....	44
1.1.4 CONTEXTO PROBLEMÁTICO PARA INICIOS DEL SIGLO XX	47
2. CONVERSANDO CON EINSTEIN SOBRE REGLAS FIJAS Y RELOJES.....	52
3. RELATIVAMENTE SÉPTIMO Y LO HALLADO ALLÍ	59
Actividad 1	60
Actividad 2	63
Actividad 3	63

Actividad 4	63
3.1 REFLEXIONES	65
ANEXOS.....	68
MÓDULO DE ACTIVIDADES	69
Evidencias	76
BIBLIOGRAFÍA	78

INTRODUCCIÓN

La física moderna es una rama como su nombre lo indica más actual, pero, a su vez da cuenta de más fenómenos de la naturaleza comparada si se quiere con la física clásica. En lo concerniente a este trabajo, se quiere cuestionar la supremacía de la física clásica en el ámbito educativo colombiano y mostrar si es posible llevar la física moderna al colegio, con estudiantes que no hayan tenido contacto con la física como materia y mostrar así la independencia que tiene la física moderna de la física clásica. Bachelard, afirman que: *“La mejor manera para medir la solidez de las ideas [es] enseñarlas, siguiendo en esto la paradoja que se escucha enunciar con tanta frecuencia en los medios universitarios: enseñar es la mejor manera de aprender”*, (Bachelard, Gaston, 1978) paradójicamente en Colombia no se ha dado una verdadera oportunidad para que la sociedad incorpore en su cultura las reflexiones hechas por la Teoría Especial de la Relatividad (en adelante T.E.R.) y por la física moderna.

Con lo anterior queda en evidencia una de las ideas más primitivas de la filosofía que habla de una linealidad temporal, acumulativa la cual está ligada a una concepción de causa y efecto, aunque en el caso de la T.E.R. no es clara del todo la causa, pues como resultado de la indagación que se muestra más adelante, se analiza que para algunos autores el génesis de la T.E.R. se dio con el experimento de Michelson-Morley, mientras que otros afirman que el bastión de dicha teoría fue el experimento de Trouton-Noble.

Para adoptar una posición frente a la ambigüedad en el génesis de la relatividad presentada, se hará uso de los estudios histórico críticos, los cuales son la metodología elegida para el desarrollo de este documento y que, al volver sobre los textos realizados por los autores de las teorías, nos permite analizar sus cuestionamientos y reflexionar acerca de si es adecuada la forma en la que se enseñan las teorías. Así, por ejemplo, entrar en diálogo con los textos de Poincaré, Mach y Einstein, podemos reconocer que la T.E.R. rompe con el paradigma de la linealidad del tiempo y del espacio. Por lo tanto, es tarea de los docentes romper con la errada idea acumulativa de la ciencia, enseñando una física que además responda a la cotidianidad de los estudiantes.

En el plano educativo se presenta una situación ya conocida por los docentes pues,

“¿qué deberíamos enseñar primero? ¿Deberíamos enseñar la ley “correcta” pero poco familiar con sus extrañas y difíciles ideas conceptuales, por ejemplo, la teoría de la relatividad, el espacio-tiempo tetra dimensional y cosas similares? ¿o deberíamos enseñar primero la sencilla ley de la «masa constante», que es sólo aproximada, pero no implica ideas tan difíciles?” (Feynman, 2014)

La dicotomía en la enseñanza de enseñar física moderna que aunque más abstracta es más cercana a los estudiantes o la enseñanza de física clásica un poco más sencilla pero menos general, es un reto para los docentes y los estudiantes pues *“la primera es más excitante, más maravillosa y más divertida, pero la segunda es más fácil de captar al principio, y es un primer paso hacia la comprensión de la primera idea”* (Feynman, 2014) El presente trabajo apuesta a la primera opción.

Las concepciones de espacio y de tiempo son sumamente importantes en la física y en la cotidianidad, preguntas como ¿dónde vives?, ¿qué día es hoy?, ¿qué hora es?, ¿tienes más tiempo?, ¿qué espacio ocupa el carro?, y otras, son cotidianas para todos, teniendo como común denominador la idea intrínseca del espacio y del tiempo, al cuestionarse Einstein dichos conceptos que se asumían definidos para la época, se da en el clavo sobre las consideraciones anteriores que no permitían explicar adecuadamente *“los experimentos [que] solamente nos enseñan las relaciones de unos cuerpos con otros”*.¹, se mostrará si es más cercano el experimento de Trouton-Noble o el de Michelson-Morley, para ser concebidos como hasta el momento, por diferentes textos, como el punto de partida de la T.E.R.

Como se pudo constatar, el trabajo tiene tres componentes fuertes que se unen por medio de los estudios histórico críticos, la filosofía de las ciencias, la educación y la física se consolidan en este trabajo para analizar un caso particular del ámbito educativo colombiano que se espera sirva de reflexión para los docentes en formación.

¹ La traducción se realizó a partir del original en inglés por parte de Maria Cecilia Gramajo, Clara Inés Chaparro y Juan Carlos Orozco en el marco del seminario tópicos de Mecánica clásica de la maestría de docencia de la física de la Universidad Pedagógica Nacional

PROBLEMÁTICA

Existe una creciente preocupación acerca de la poca investigación en el campo de la enseñanza de la física moderna y contemporánea en Colombia. A esto se suma la falta de estudios críticos de la historia y la filosofía de las ciencias (frente a este tema nos ilustra mejor un trabajo como el realizado por (Orozco J. C., 2005)), que permitan volver a las fuentes originales y adecuar a partir de dichos estudios un análisis actual y contextual de la física en Colombia, propiamente en el campo de la física moderna y contemporánea. Este problema no solo aqueja a Colombia, también permea a países de Iberoamérica, que trabajan en investigaciones de este tipo hace aproximadamente 20 años, trabajos como el realizado por (Ostermann & Moreira, 2000) en Brasil, (Alemañ & Perez, 2001) y (Pérez & Solbes, 2006) en España y a nivel local (Jaramillo, Arroyave, Higueta, & Lopez, 2012) y (Figueroa & Orjuela, 2015) son prueba de ello. Se evidencian falencias en los programas educativos de los países ya nombrados, en lo concerniente a la escuela secundaria, puesto que:

- *“Los estudiantes no tienen contacto con el excitante mundo de la física actual, pues la física que ven no pasa de 1900. Dicha situación es inaceptable en un siglo en el cual ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia.*
- *Los estudiantes oyen hablar de temas como agujeros negros [viajes en el tiempo] y big bang en la televisión o en películas de ficción científica, pero jamás en clases de física.*
- *La física moderna y contemporánea es considerada difícil y abstracta; no obstante, las investigaciones en enseñanza de la física han mostrado que la física clásica también es difícil y abstracta² para los alumnos, que presentan serias dificultades conceptuales para comprenderla (Ostermann & Moreira, 2000)”*

² Nota del autor (N de A), Yoav Ben-dov, afirma también la abstracción y el nivel de dificultad de la filosofía natural planteada por Newton comparada con la filosofía “del sentido común” de Aristóteles (Ben-dov, 1999)

En Colombia desde los estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales, propiamente la concepción de ciencias que orientó la construcción de los mismos, se entiende *“la llamada “verdad científica” como un conjunto de paradigmas provisionales, susceptibles de ser revaluados y reemplazados por nuevos paradigmas. Ya no se habla entonces de leyes universales, sino de hipótesis útiles para incrementar el conocimiento”* (MEN, 2006). Surge entonces la siguiente pregunta, ¿por qué no se enseñan los contenidos de las teorías modernas y contemporáneas las cuales vieron la luz hace más de 100 años y fueron un cambio de paradigma en la física? Este, es un punto que llama a cuestionarnos sobre los conocimientos que se imparten en la escuela puesto que existe una amplia investigación sobre la actualización de contenidos de la física en el colegio trabajos como los de: *“(Gil et al., 1987; Barojas, 1988; Aubrecht, 1989; Stannard, 1990; Kalmus, 1992; Wilson, 1992; Swinbank, 1992; Terrazzan, 1992 y 1994)”* (Ostermann & Moreira, 2000), evidencian la necesidad de reajustar los contenidos previstos para la enseñanza de la física en el colegio.

Un foco de acercamiento a los lineamientos del currículo para los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional es la práctica pedagógica, en la cual es evidente el grado de autonomía que tiene el docente al preparar y impartir sus clases aunque se ve limitado al tema que según el MEN el estudiante debe aprender para el desarrollo de competencias básicas que le permitirán a *“los y las estudiantes [aproximarse] progresivamente al conocimiento científico, tomando como punto de partida su conocimiento “natural” del mundo y fomentando en ellos una postura crítica que responda a un proceso de análisis y reflexión”*. (MEN, 2006). Esta aproximación progresiva es lo que llama ahora nuestra atención, puesto que se tiene una visión lineal acerca de la historia de las ciencias y por tanto de su enseñanza, como un acumulado de conocimientos que avanzan en el tiempo y no se concibe la posibilidad de la independencia temporal de las mecánicas contemporáneas, puesto que, las físicas modernas y contemporáneas,

“son ciencias sin abuelos. Nuestros sobrinos nietos se desinteresarán sin duda de la ciencia de nuestros bisabuelos. Sólo verán en ella un museo de pensamientos que se han vuelto inactivos, o, por lo menos, de

pensamientos que ya no pueden valer como pretexto de reforma de instrucción". (Bachelard G. , 1975).

Para el tema que concierne a este trabajo de grado, los conceptos del espacio y del tiempo de la Teoría Especial de la Relatividad, es importante plantear que la T. E. R. no es una evolución de la mecánica clásica, sino que ella tiene sus propias bases. Un ejemplo de ello es que *"la astronomía relativista, no surge en modo alguno de la astronomía Newtoniana. El sistema de Newton era un sistema acabado"* (Bachelard, Gaston., 1981) se pone de manifiesto la intencionalidad del autor de concebir la no linealidad del desarrollo de las teorías modernas con respecto a las teorías clásicas, lo cual será un tema desarrollado a lo largo del presente trabajo, pues *"ya no se concibe una ciencia "inactual". Muy lejos en el pasado la ciencia es erudición. Demasiado lejos en el futuro, es utopía"* (Bachelard G. , 1975).

En suma, tenemos dos problemas, uno la falta de estudios en Colombia en el campo de la enseñanza de las ciencias sobre la puesta en escena de la física moderna y contemporánea en la escuela. Y dos la asumida linealidad que tiene los desarrollos de la física contemporánea debidos a la física clásica. ¿Es acaso totalmente necesario enseñar física moderna luego de aprender física clásica?, ¿Deberían los docentes asumir su rol de investigadores e innovar como lo hace la tecnología que rodea a los estudiantes? Y hoy en día ¿son más cercanos a los estudiantes, los desarrollos logrados con la aplicación de la física clásica o de la física moderna? Estas preguntas se responderán a lo largo del trabajo.

Por tanto, se plantea que por medio de los estudios histórico-críticos se realice una propuesta de enseñanza de conceptos espacio-temporales de la teoría especial de la relatividad a la escuela, más exactamente a estudiantes de grado 7º, por medio de las reglas fijas y los relojes; abordando así el problema uno y dos *"definiendo desde la cúspide las bases de la física moderna y contemporánea"* (Bachelard G. , 1975).

JUSTIFICACIÓN

En primera instancia el MEN plantea dentro de sus escritos los constantes cambios de paradigmas que se viven en la ciencia y por tanto en la enseñanza de la ciencia, pero no existe una materialización de dichas consideraciones al ámbito educativo, como se evidenció en la problemática con los estándares.

El diseño e implementación de una herramienta didáctica que permita aproximar a los estudiantes de 7° grado a la concepción del espacio y del tiempo en la T.E.R. utilizando las reglas fijas y los relojes, es una forma de mostrar el inconformismo que debería ser latente, pero, ¿por qué estudiantes de grado séptimo y no de educación básica media?, realmente lo que se quiere mostrar es que no es requisito el curso, por el contrario, es posible aplicarlo a estudiantes de básica y media, que tengan una noción intuitiva del tiempo, que es evidente debido a que los estudiantes no han tenido dentro del colegio clase de física, por tanto la idea que tienen la han adquirido de su entorno y sus reflexiones. Adicionalmente, ¿por qué conceptos como el espacio y el tiempo? Se ha demostrado que *“los libros de texto utilizados en los niveles inferiores de la secundaria que se han analizado no presentan adecuadamente los conceptos de tiempo y espacio”*(Perez & Solbes, 2003) y como se sabe, son conceptos fundamentales de la T. E. R. lo cual los hace indispensables a la hora de enseñar las teorías modernas.

Es menester contextualizar a los estudiantes sobre la relatividad del espacio y del tiempo, por medio de escritos (Carroll, 1994) y películas de ciencia ficción (Bobin & Woolverton, 2016), como por ejemplo Alicia a través del espejo, son aproximaciones a los conceptos físicos por medio de herramientas alternas que los hace más simples para los estudiantes. Lewis Carroll, es famoso por sus críticas a una concepción lineal, clásica y absolutista del espacio y del tiempo, y por tanto, Alicia a través del espejo, es una película que permite de manera muy sencilla y divertida cuestionarse, ¿Es el tiempo simplemente una máquina que indica un progreso frente a los sucesos?, ¿Es el espacio una idea que surge solo al relacionarnos con otros cuerpos, pues Alicia atraviesa el espejo y ya no es de tamaño grande?, ¿Es acaso producto de la lógica del autor que surgen cuestionamientos a las ideas

espaciales y temporales, y que evidencian lo interesante de enseñar conceptos de espacio y tiempo no lineales?

Trabajos como el realizado por (Palacios, 2006), nos permiten afirmar que este tipo de herramientas evidencian no sólo una mayor recepción por parte del estudiante, sino una mayor conceptualización, pues el cine y la literatura son herramientas que le permiten al docente jugar con los conceptos de tal manera que se hace interesante para el estudiante; el autor implementa su herramienta con estudiantes universitarios y pone sobre la mesa algunas películas que permiten tratar temas de mecánica clásica; por otro lado el estudio realizado por el profesor Arturo Quirantes Sierra demuestra que los estudiantes evidencian una mejoría en sus calificaciones y afirma lo siguiente:

“Desde su infancia, el alumno se encuentra sometido a todo tipo de estímulos audiovisuales. Por dicho motivo, puede reaccionar favorablemente ante el uso de fragmentos de películas en el aula como recurso docente. Un reciente proyecto universitario de innovación combina ejemplos de cine con explicaciones desarrolladas ad hoc, para mostrar al alumno ejemplos de Física General. Los resultados obtenidos en el último curso muestran una mejora significativa en los resultados académicos de la asignatura Física I” (Quirantes, 2011)

de esta manera es posible el desarrollo y análisis de la contextualización.

Queda claro entonces que la idea es aproximar a los estudiantes a nociones de física moderna desde experiencias cotidianas, la más interesante son las llamadas reglas fijas y relojes, gracias a las cuales los estudiantes podrían determinar si, *“el espacio es lo que miden las reglas y el tiempo lo que miden los relojes. En otras palabras, el observador define su propio espacio y su propio tiempo. Es imposible decir si un observador está realmente en movimiento y otro realmente en reposo: como los relojes de todos los observadores poseen el mismo estatus no existe el “tiempo verdadero” al que uno pudiera relacionarlos y determinar si están en reposo absoluto o movimiento absoluto”* (Ben-dov, 1999) o plantear una interpretación diferente.

Es menester por tanto hacer que los estudiantes conozcan estas concepciones y hay que destacar que en *“la literatura sobre la teoría de la relatividad es vastísima. Por millares se cuentan libros y artículos que se han escrito para explicarle al lego -incapaz de seguir las ecuaciones matemáticas con la ayuda de las cuales queda todo claro para el físico- qué es lo que significa la relatividad. Una de las mejores obras de divulgación sobre este tema fue escrita por el propio Einstein”*. (Einstein & otros., 1993) Trabajos que ayudarán a que la relatividad sea en pocos meses una teoría discutida en toda Alemania y en corto plazo en Europa; aunque a Colombia no llegará sino tiempo después y con gran oposición por parte de los académicos de nuestro país.

CONTEXTO DE ACTUACIÓN

El proyecto se plantea para ser desarrollado en un colegio ubicado en el casco urbano de Mosquera, municipio de Cundinamarca, llamado Tomás Cipriano de Mosquera, es un colegio que tiene 36 años preocupándose por la educación de la población Mosquera, teniendo un énfasis comercial sin olvidar las materias básicas que son exigidas por el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN), entre ellas una comprensión de la vida y lo vivo que se comprende a través de las ciencias naturales, las cuales al interior de la institución son concebidas como la ventana que permite mostrar de manera más analítica la naturaleza tal como se observa y que a su vez, permite una mejor relación del estudiante con el entorno de manera responsable, respetuosa y que procura la conservación y la armonía de la nombrada relación. Adicionalmente la tecnología es la aplicación de los conceptos científicos aprendidos en ciertas etapas, proyectándolo al desarrollo tecnológico que necesita el país, el lema del colegio es *“construyendo futuro”*, haciendo evidente la proyección vocacional que se da a los estudiantes. (Colegio Cooperativo Tomas Cipriano de Mosquera, 2008)

La institución cuenta con una población aproximada de 300 estudiantes, ofrece educación desde grado 1° hasta grado 11°. Para describir la población con la cual se va a trabajar, que son estudiantes de 7° los cuales tienen edades entre 12 – 14 años. Son 13 estudiantes, 2 niñas y 11 niños los cuales forman un grupo de trabajo disperso, con diferentes intereses y

que en cierta medida hace exigente la labor y la preparación de la clase pues es un grupo de trabajo pequeño, pero interesante para el trabajo que se quiere desarrollar.

OBJETIVOS

Objetivo general

- ▀ Diseñar e implementar una propuesta de aula que permita a estudiantes de grado 7° aproximarse a aspectos espacio temporales en la T. E. R. a partir de reglas fijas y relojes.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar un estudio de antecedentes sobre la inclusión de contenidos relacionados con la T.E.R. en educación básica en el contexto iberoamericano.
- ✓ Elaborar un estudio sobre conceptos espacio temporales en la TER a partir de reglas y relojes con el uso de fuentes primarias.
- ✓ Establecer criterios para el diseño de una unidad didáctica para trabajar con estudiantes de grado 7° conceptos espacio temporales en la TER a partir de reglas y relojes.
- ✓ Diseñar e implementar un módulo con actividades que permitan evidenciar concepciones espacio temporales a partir de las reglas fijas y relojes.

- ✓ Sistematizar la experiencia de aula en la cual se evidencie el proceso realizado con los estudiantes de grado 7° del Colegio Cooperativo Tomás Cipriano de Mosquera, ubicado en Mosquera, Cundinamarca.

METODOLOGÍA

“El conocimiento, para existir socialmente, debe circular, es decir, debe ser apropiado en contextos culturales diversos”, dicho “movimiento [o circulación] de los textos, [entendido como las] prácticas del contexto primario de producción discursiva [enfocados hacia] el contexto secundario de reproducción discursiva” (Bernstein & Diaz, 1984), son lo que llamamos re-contextualización de saberes, en palabras del propio (Bernstein & Diaz, 1984), la ya nombrada re-contextualización es: “La operación por la cual los discursos que pertenecen a diferentes contextos llegan a ser desubicados o reubicados en [un] espacio pedagógico [nuevo, modificándolo en aspectos escriturales y de fondo si es necesario, del texto original para su mejor comprensión]”. (Bernstein & Diaz, 1984). O en palabras (Granés & Caicedo, s.f.) Re-contextualizar es “situar, insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto”.

Este trabajo de grado integra varias metodologías, la primera consiste en un estudio histórico crítico sobre los conceptos de espacio y de tiempo empleado en la física moderna y la posibilidad de enseñarlo a estudiantes de grado séptimo; para esto se analizan diferentes metodologías y para su elección se tienen en cuenta algunos aspectos. Para la doctora Hernández de la universidad de la laguna *“Elegir una forma de enseñar frente a otra no es casual ni aleatoria. Por el contrario, esta elección depende de diversos factores”* (Hernández Jorge, 2016), entre estos factores están: la experiencia del docente, las concepciones propias del estudiante, la relación existente entre la metodología y el objetivo de enseñanza, y finalmente se debe tener en cuenta la población.

Se quiere mostrar que el cine, la literatura y el arte se puede relacionar con las teorías modernas y a su vez esto puede ser utilizado por los docentes quienes en su papel de investigadores desarrollan estrategias que motiven a los estudiantes a una clase de ciencias que conteste sus preguntas, que genere nuevas ideas y que permita que su relación con el mundo que los rodea sea mejor y más comprensible.

En la primera parte hablando de la experiencia, en el caso que nos ocupa no se posee mucha, por tal razón el modelo que se va a aplicar es el resultado del estudio a experiencias realizadas por otros docentes para la enseñanza de conceptos abstractos. Se da inicio a un estudio histórico-crítico con el fin de conocer de una manera más profunda, el ambiente en el que se formuló y se desarrolló dicho concepto. Los estudios históricos, no sólo permiten realizar una línea de tiempo en el que se desarrolló un estudio, tampoco es ver las limitaciones que se tenían en la época con respecto a la formulación, manera de demostrar o experimentar sobre una teoría; este tipo de estudios le permiten al futuro docente apropiarse del conocimiento desarrollando una mayor comprensión y aplicar herramientas que le permitan implementar una nueva metodología, de esta manera es posible afirmar que se realizó un proceso de re-contextualización y formación significativa que es fundamental para la enseñanza.

“En la gran mayoría de casos la historia se ha planteado como un recurso para el trabajo del maestro de ciencias, y por tanto se ve muy importante formar al maestro para que pueda hacer uso de la historia. Y este uso de la historia puede hacerse desde diferentes planos: desde el plano de la motivación - donde la ubicación local y cronológica así como la reseña de anécdotas sobre los descubrimientos y errores son rasgos de este uso-; pasando por el plano del rescate de argumentos para mostrar la ciencia o la física como una actividad donde juega la razón; al plano de estrategia didáctica, en la medida en que el establecimiento de paralelos entre el desarrollo científico y el desarrollo del conocimiento individual permite derivar elementos para el diseño de actividades en el aula tendientes a la comprensión y uso de una determinada teoría o un aspecto de ella. Pero también se ha visto la historia como una forma de

incidir o transformar la imagen que de la ciencia tienen los maestros, teniendo en cuenta el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica.” (Ayala, 2000)

El objetivo del trabajo de grado es realizar un módulo que sea la consecuencia del estudio histórico crítico que logre aproximar a estudiantes de 7º a aspectos espacio temporales desde la concepción fundamentada por Einstein en la T. E. R. a partir de reglas fijas y relojes. En base a esto se determina manejar inicialmente la metodología constructivista puesto que se entiende que el ser humano, se encuentra en constante construcción de conceptos, en su trabajo, Requena muestra la importancia de la aplicación del constructivismo en el aula de clase.

“El principio básico de esta teoría proviene justo de su significado. La idea central es que el aprendizaje humano se construye, que la mente de las personas elabora nuevos conocimientos a partir de la base de enseñanzas anteriores. El aprendizaje de los estudiantes debe ser activo, deben participar en actividades en lugar de permanecer de manera pasiva observando lo que se les explica.” (Hernández Requena, 2008)

La primera fase para implementación del módulo, consistió en realizar una evaluación diagnóstica para evidenciar los conceptos previos de los estudiantes, (la evaluación diagnóstica se encuentra como anexo No 1).

La actividad No 2 incluyó la proyección de la película Alicia a través del espejo que trabaja el concepto de espacio y de tiempo de una manera interesante y particular, (al ser realizada con base al texto de Lewis Carroll, garantiza una crítica continua a la concebida realidad de nuestro entorno, y a la percepción sensorial que a veces falla al ser puesta a prueba) basada en el uso de medios audiovisuales, de esta manera en el artículo publicado por Sergio Palacios, logra demostrar que es mucho más efectiva y llamativa la utilización de esta herramienta didáctica que la convencional.

“Algunos temas, en concreto, pueden requerir una dedicación especial, deteniéndose en ellos y dedicándoles algunas sesiones de tipo coloquio.

Son temas que, por su carácter abstracto y complejidad matemática, presentan dificultades de exposición por parte del profesor y/o asimilación por parte de los estudiantes. Entre estos temas se pueden citar la Relatividad de Einstein (Al-Khalili, 1999), sobre todo la Teoría General, los viajes en el tiempo (Nahin, 1998; Davies, 2001; Randles, 2005) y la Física Cuántica. Por lo general, resulta muy provechoso y, desde luego, mucho menos tedioso para los estudiantes, poder exponer públicamente sus ideas y conocimientos previos (si los hubiere) sobre estas materias, ya que ello ayuda de forma inestimable al profesor a detectar conceptos erróneamente asimilados. Además, se potencia el espíritu dialogante e integrador de la Ciencia.” (Palacio, 2007)

De esta manera se abordó el tema de una manera diferente, pues, la física moderna es un tema propuesto dentro de los estándares establecidos por el (MEN) para grado 11, lo novedoso de este trabajo es implementar diferentes herramientas que permitan la aproximación de los estudiantes al concepto de tiempo y de espacio en la física moderna de una manera acertada, sin necesidad de incluir fórmulas matemáticas que pueden llegar a ser tediosas y poco comprensibles para los estudiantes. Una vez proyectada la película y dada una breve explicación por parte del docente, se procedió a realizar la tercera actividad que consistió en la elaboración de una historieta por parte de los estudiantes con el fin de evidenciar su recepción frente al tema nuevo que se quiere trabajar. La cuarta actividad consistió en trabajar las reglas fijas y las barras movibles, para ello se pidieron ciertos materiales para llegar a un consenso general por parte de los estudiantes.

Como actividad final, se aplicó un último test para mostrar los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo, producto de los debates, contraste de opiniones y el resultado de la reflexión realizada por cada estudiante.

METODOLOGÍA EVALUATIVA

Al ser un trabajo en el que no se maneja un test cuantitativo, es necesario verificar dentro de las diferentes metodologías de evaluación que abarcan el desarrollo argumentativo, a continuación, se muestra una tabla que permite de una manera sencilla los métodos de evaluación

ión

basados

en los

textos

escritos

por los

estudia

ntes.

Método de evaluación	Tipo de objetivos de aprendizaje que es adecuado evaluar con el método respectivo
Selección de respuesta o escritura de respuesta corta	<ul style="list-style-type: none"> i. Conocimiento ii. Entendimiento o algunos patrones de razonamiento
Respuesta escrita extendida	<ul style="list-style-type: none"> i. Relaciones de elementos de conocimiento ii. Razonamiento mediante la descripción escrita en la solución de problemas complejos iii. Generación de productos escritos
Evaluación del desempeño	<ul style="list-style-type: none"> i. Razonamiento mediante la observación de alumnos al resolver los problemas, con lo cual se pueden hacer inferencias sobre lo que razonó para resolverlo ii. Habilidades, mediante la observación y evaluación de habilidades al momento de realizarlas iii. Generación de productos
Oral	<ul style="list-style-type: none"> i. Conocimientos, pero consume mucho tiempo ii. Razonamiento, mediante el cuestionamiento a los alumnos sobre "la lógica" que utilizaron para resolver un problema. Que el alumno pueda brindar explicaciones. iii. Habilidades comunicativas orales. No es adecuado para evaluar otras habilidades

FASES DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se desarrolló en cinco fases que permitirán un análisis continuo y acudir de una fase a otra sin necesidad de manejar una secuencia lineal.



Ilustración 1. Fases de desarrollo del proyecto.

ANTECEDENTES

La física moderna a pesar de haber visto la luz hace más de 100 años, hoy día despierta controversia a nivel de su enseñanza pues “la física moderna y contemporánea es

considerada difícil y abstracta” (Ostermann & Moreira, 2000), y por ese motivo, *“los estudiantes no tienen contacto con el excitante mundo de la física actual, pues la física que ven no pasa de 1900”* (Ostermann & Moreira, 2000). La clase de ciencia no da cuenta de cosas comunes para los estudiantes, lo cual es problemático pues *“la física, y en general las ciencias, atraviesan una crisis de vocaciones”*. (Pérez & Solbes, 2006), cuya causa es *“la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y del entorno, poco útil y sin temas de actualidad”* (Pérez & Solbes, 2006), la responsabilidad de los docentes y la desactualización de los planes de estudio se hace latente.

Por tanto, es menester realizar estudios que muestren la posibilidad o no, de llevar temas de la física moderna a la escuela, haciendo uso de *“la historia y filosofía de las ciencias como una forma de incidir sobre la imagen que de la ciencia tienen los maestros, dado el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica.”* (Ayala, 2006). Dicha labor puede ser más efectiva si además de juntar la historia y la filosofía, se retorna a los textos realizados por los autores de las teorías, pues es allí donde se expresan las inquietudes y soluciones planteadas que originaron sus hipótesis y posteriores formulaciones, para el presente texto, la problemática vivida en la física a finales del siglo XIX.

En suma, es de vital importancia que los docentes empiecen a cambiar la idea de ciencias lejana de las situaciones cotidianas y pensar en una re-contextualización de saberes pues,

“la ciencia es concebida como una actividad de comprensión del mundo que, de acuerdo a contextos socio-culturales específicos y dando respuesta a éstos, desarrolla una comunidad que se ha venido constituyendo históricamente, legitimándose socialmente, generando tradiciones y recomponiéndose de acuerdo a las dinámicas de las condiciones históricas. En ese proceso ha venido también construyendo y transformando criterios (valores) comunes de trabajo, a partir de los cuales se define que es aceptable, que es memorable, etc. El desarrollo de la ciencia es, pues, el desarrollo de la actividad científica y el desarrollo de la comunidad”. (Ayala, 2006)

La ciencia que se enseña no puede estar alejada del contexto y debe tener como referencia los textos que marcaron el desarrollo de la física. El presente escrito es una estrategia que pretende evidenciar la posibilidad de enseñar conceptos de la física moderna en el colegio.

En la Universidad Pedagógica Nacional se han realizado trabajos que evidenciaban una preocupación por la enseñanza de la TER en la escuela (Romero, Olga, 1993) es evidencia de ello. A su vez (González, 1997) relaciona la filosofía y la física, y desarrolla conceptos espaciales y temporales mirando sus implicaciones pedagógicas.

En el ámbito nacional el componente filosófico es importante al analizar las implicaciones ontológicas de la concepción espacial desarrollada por Einstein relacionadas con un amplio debate sobre la determinación del conocimiento científico por la experiencia o por la razón (Guerrero, 2006). Adicionalmente la llegada de TER a Colombia es esbozada por (Martínez-Chavanz, 2006), quien plantea que *“la física no goza de una perennidad canónica. Por el contrario, hay que someterla periódicamente a un cuestionamiento de acuerdo con los adelantos técnicos del dominio experimental y con los avances en el terreno teórico”*. (Martínez-Chavanz, 2006) Por tanto, se hace necesario observar el papel desde las directrices del MEN y realizar un análisis en los libros de texto utilizados comúnmente en el aula, indagando a los docentes y participando como observadores del trabajo en el aula llevado a cabo por los docentes (Figuroa & Orjuela, 2015). Y pensar en estrategias que permitan llevar la física moderna al colegio como el trabajo de (Jaramillo, Arroyave, Higuítá, & López, 2012).

Para los efectos del trabajo *“nos parece que hay que actualizar el currículo de física en secundaria a través de la incorporación de tópicos modernos y contemporáneos y de la exclusión de tópicos clásicos. No obstante, para eso es necesario preparar materiales y profesores.”* (Ostermann & Moreira, 2000) Por lo tanto, se necesita que los docentes se capaciten para poder enseñar los contenidos de física moderna y corregir los errores comunes en los textos. Reconociendo el papel de investigador del docente, a nivel internacional (Velarde, 2002), hace un esfuerzo por mostrar de manera simple algunas situaciones de aplicación de la TER a los estudiantes. (Pérez & Solbes, 2006) , le dan un papel protagónico a la historia y su influencia a la hora de enseñar ciencias y sobre todo las teorías modernas, al concluir dicho trabajo se tiene que, *“por razones epistemológicas: la*

génesis de la teoría de la relatividad se presenta como una ocasión de cambio profundo, de modificación del paradigma físico. Permite profundizar en los límites de validez del conocimiento científico y en el carácter lineal, o no, de la acumulación del conocimiento”. (Pérez & Solbes, 2006)

El trabajo realizado por (Perez & Solbes, 2003) sirve para apoyar la problemática planteada pues *“proporciona una visión más correcta de cómo se desarrolla la ciencia, evitando visiones lineales, acumulativas y mostrando cómo la física clásica no pudo explicar los problemas que se suscitaban, lo que provocó su crisis y el desarrollo de la física moderna”.* Además de esto, se muestran algunas opiniones dentro del escrito como es el caso de: *“La importancia de la física moderna en la sociedad no sólo por sus desarrollos tecnológicos, sino por su influencia en el pensamiento y la cultura de su tiempo”.* Lo cual es significativo para apoyar lo dicho en el presente escrito sobre la importancia de la relatividad en la vida cotidiana y actual. Llama la atención que los resultados de este estudio, muestran que los docentes no están del todo preparados para dar conceptos modernos de la física, así que se debe considerar que la formación debe iniciar desde los docentes, imponiendo un reto pues, *“en la práctica habitual los profesores encuestados introducen, de forma acrítica y poco reflexiva los conceptos, desde orientaciones epistemológicas distorsionadas y sin contar con los resultados de la investigación didáctica”* (Perez & Solbes, 2003)

Al hacer de la clase de ciencias, en particular de la física, lineal y que se reduzca a llenar de contenido a los estudiantes sin pensarse que *“la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y del entorno, poco útil y sin temas de actualidad”* (Pérez & Solbes, 2006), muestra la cara de una ciencia aburrida y al existir una inconformidad por parte de los estudiantes *“la física, y en general las ciencias, atraviesan una crisis de vocaciones y también de comunicación con la sociedad”.* (Pérez & Solbes, 2006), gran parte de la culpa es de los docentes al olvidar su papel como investigadores y dejar de sorprenderse y sorprender a sus estudiantes con, por ejemplo, *“la relatividad [que] cuestiona los conceptos básicos de tiempo y espacio. ¿Cómo puede ser el tiempo distinto para un observador en reposo y otro en MRU? ¿No será que nos parece distinto? ¿Cómo en El planeta de los simios regresan tantos años después? ¿Por qué no envejecen los de la*

nave en vez de los de la Tierra? ¿Se puede viajar en el tiempo?''. Preguntas como estas, son motivantes para los estudiantes y esto es lo que los docentes deben proponer para atacar la poca participación en ciencias.

En algunas investigaciones se plantea que la *“la relatividad ha de formar parte del bagaje de cultura general de, como mínimo, los ciudadanos y ciudadanas que cursan un bachillerato de ciencias, pues todos deberían conocer, por ejemplo, que la mecánica clásica que han estudiado durante tantos años se considera en la actualidad un caso particular de la mecánica relativista y sus implicaciones”* (Alonso & Soler, 2006), es el caso de algunos países de Iberoamérica donde ya se ha adoptado la actualización del currículo, lo cual supone un gran reto para los docentes, pues la enseñanza de las teorías modernas no ha sido explorada por los docentes, y en el caso *“una de las virtudes que ha mostrado la reforma educativa en el ámbito de la física ha sido la de modernizar el enfoque de los temarios que hasta el momento se venían impartiendo en el nivel de la educación preuniversitaria”*. Adicionalmente los autores muestran que existe la posibilidad de *“construir un proyecto didáctico alternativo en el tema de relatividad fundado en una perspectiva espacio-temporal de dicha teoría”* (Alemañ & Perez, 2001).

En suma, se evidencia que la problemática de la enseñanza de la T.E.R. en la escuela es de interés internacional, llama la atención que aún en nuestro país se insista en llevar a la escuela una física del siglo XVII, XVIII y si se quiere XIX, y no mostrar los grandes avances de la física de, finales del siglo XIX, XX y XXI, pues es un campo que no deja de producir conocimientos en direcciones que no pueden dimensionarse con la física clásica. Es por tanto necesario realizar estudios que experimenten diferentes alternativas de enseñanza, sacando al profesor del papel de cuidador y generando conocimientos en la verdadera relación de la educación que solo se forja en la interacción del maestro y el estudiante.

MARCO TEÓRICO

Para los intereses del trabajo abordaremos los siguientes elementos teóricos que pueden recogerse en dos capítulos que harán hincapié en la problemática.

I. Dentro del contexto renovador que se presenta en la física para finales del siglo XIX, la **problemática en la cinemática** que dio origen a la teoría especial de la relatividad (T.E.R) y **la enseñanza clásica de la T.E.R.**, es algo que llama a ser analizado con minucia pues antes de los desarrollos llegados con el siglo XX, eran imposibles cosas tan comunes hoy día como los viajes espaciales, la exploración de los orígenes del universo y conceptos modernos como agujeros negros y de gusano, que generan una dicotomía entre lo que se ve actualmente en el mundo y la clase de física que no explica en su mayoría ninguno de esos fenómenos.

II. Al denotar el contexto del problema por el cual surgen teorías como la relatividad y la cuántica, se debe realizar una búsqueda exhaustiva sobre por qué las explicaciones que se dieron a los problemas de la cinemática por la nueva generación de científicos fueron más adecuadas y dieron cuenta de mejor manera de los fenómenos problemáticos tales como el experimento de Trouton-Noble (1903) y el experimento de Michelson-Morley (1887). Para ello se debe entrar en un diálogo con los autores, analizando la manera en la que surgieron sus ideas y la forma en la que se explicaron las incoherencias existentes, es así como aterrizado a nuestro interés se plantea que se debe **conversar con Einstein sobre reglas fijas y relojes**, pues al

“establecer un diálogo con los autores a través de los escritos analizados, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (proceder característico de la construcción de formas alternativas de representación). Es, pues, un diálogo y una construcción intencionada que intenta, además, establecer nexos con el conocimiento común, dada la perspectiva pedagógica que lo anima”.
(Ayala, 2.006)

por tanto, “*basados en el análisis de textos elaborados por pensadores que contribuyeron de manera significativa a la consolidación de la física (análisis de originales). Los estudios histórico-críticos son en sí mismos procesos de re-contextualización de los saberes científicos*”. (Ayala, 2.006) es por medio de ellos que el presente trabajo evidenciará qué problemáticas interesaban al autor en dicha época, que podríamos llamar dorada de la física.

1. PROBLEMÁTICA EN LA CINEMÁTICA Y EN LA ENSEÑANZA CLÁSICA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD.

Una de las maneras como se hace filosofía de las ciencias ha asumido una linealidad en el desarrollo de las teorías científicas específicamente de las teorías físicas, “*el filósofo del pensamiento científico cree poder limitarse al papel de historiógrafo de la ciencia*” (Bachelard G. , 1975); asumiendo, “*el axioma que quiere que lo primitivo sea siempre lo fundamental*” (Bachelard G. , 1975), esta postura se ha adoptado en la forma en la que se enseña la física misma, pensándose así que la manera adecuada para comprender el amplio de sus teorías es primero comprender la física clásica y si el tiempo alcanza se dan pinceladas en el esfuerzo de enseñar algunos conceptos de física moderna.

Estudios actuales realizados en Iberoamérica, (Ostermann & Moreira, 2000); (Perez & Solbes, 2003) y (Alonso & Soler, 2006), muestran que la enseñanza de la física moderna a nivel medio de educación es posible y fructífero, aunque a su vez, hay que reconocer dos falencias. La primera es que existe poca capacitación de los docentes en los temas correspondientes a la física moderna y los libros de texto no son del todo claros en el lenguaje que emplean; pues la diferenciación entre conceptos clásicos y modernos no es notable e incluso muchos tienen conceptos errados que se dan al no comprender totalmente las diferenciaciones entre las teorías y en muchos casos pensar que conceptos como la masa relativista proceden de la masa inercial o gravitacional del sistema Newtoniano, cuando son modelos de explicación que no preceden uno del otro; algo que se puede acuñar a la falta de revisión de los textos realizados por los autores de las teorías. Y la segunda, la falta de

investigación para afirmar que se puede o no realizar aproximaciones a conceptos de espacio y tiempo desarrollados en las teorías modernas, con estudiantes que no tienen concepciones científicas. Así este trabajo evidenciará cuál de las dos premisas es más adecuada para los resultados obtenidos. En algunos países, ya se implementó la reforma curricular, y según los investigadores (Alemañ & Perez, 2001), ha sido fructífero por el interés que despierta en los estudiantes y expone cómo uno de los bastiones para la enseñanza de la física moderna son los conceptos concernientes al espacio-tiempo, tema principal del presente trabajo.

Lo anterior implica que los docentes deben investigar y ejercer su papel como creadores de estrategias para la enseñanza de conocimientos más allegados a la realidad y en vía de esto, más fructíferos para los estudiantes, pues

“la relatividad ha de formar parte del bagaje de cultura general de, como mínimo, los ciudadanos y ciudadanas que cursan un bachillerato de ciencias, pues todos deberían conocer, por ejemplo, que la mecánica clásica que han estudiado durante tantos años se considera en la actualidad un caso particular de la mecánica relativista y sus implicaciones”. (Alonso & Soler, 2006)

1.1 ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD.

1.1.1 Marco legal

En el caso colombiano La Ley General de Educación regula el servicio público que es la educación y se analizará cómo influye en la enseñanza de la física moderna. A través del artículo 67 de la constitución política de Colombia se establece, que

“la educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura”. (Corte Constitucional, 2015)

A manera general se muestra la función central que se da a la ciencia y se debe hacer explícito que existe una ley la cual es la encargada de regular la prestación del servicio educativo, la ley 115 de 1994 establece que,

“de conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política, define y desarrolla la organización y la prestación de la educación formal en sus niveles preescolar, básica (primaria y secundaria) y media, no formal e informal, dirigida a niños y jóvenes en edad escolar, a adultos, a campesinos, a grupos étnicos, a personas con limitaciones físicas, sensoriales y psíquicas, con capacidades excepcionales, y a personas que requieran rehabilitación social”. (Corte Constitucional, 2015)

Cabe resaltar que la política de estado colombiana y su materialización en leyes como la ley general de educación ley 115 de 1994, obedecen a los llamados de entidades internacionales que muestran a la educación como una forma de dominar los territorios por medio de políticas que busquen la calidad siguiendo parámetros establecidos por ellos, Maria Mercedes Ayala, muestra en su artículo,

“los rumbos que desde las diferentes instancias de gobierno y de dirección se le está dando a la educación y a la academia en nuestros países, en un juicioso acatamiento de las políticas trazadas desde los organismos financieros internacionales, y se muestra como la formación que usualmente se da en ciencias que favorece el papel ideológico de lo universal y de lo objetivo, mediante prácticas educativas que promueven a lo más la comprensión y uso de planteamientos científicos ha generado un espacio propicio para la imposición de ese nuevo paradigma técnico-instrumental que reduce todo a lo económico y asume las leyes del mercado como el elemento organizador de todas las actividades humanas”. (Ayala M. M., 2000).

En sintonía con lo expuesto en la ley 115 existen dos documentos en pro de la calidad educativa. Uno de ellos son los lineamientos curriculares, realizados en el cambio presidencial vivido en Colombia en el año 1998, y son los

“puntos de apoyo y de orientación general frente al postulado de la Ley que nos invita a entender el currículo como un conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local” (Lineamientos curriculares, 1998).

El otro documento son los estándares curriculares que

“constituyen uno de los parámetros de lo que todo niño, niña y joven debe saber y saber hacer para lograr el nivel de calidad esperado a su paso por el sistema educativo y la evaluación externa e interna es el instrumento por excelencia para saber qué tan lejos o tan cerca se está de alcanzar la calidad establecida con los estándares” (MEN, 2006).

Para el caso colombiano

“se refleja en este tipo de políticas y en este estilo de reformar una posición objetivista y empirista que dictamina que estos países y sus sistemas educativos existen allá afuera para ser intervenidos y regulados desde el exterior. Se ha vuelto, así, una práctica común la contratación de expertos nacionales e internacionales (expertos en administración) para que definan el nuevo ordenamiento y las reglamentaciones que deben regular una dada institución escolar” (Ayala M. M., 2000).

Entonces, como se ha expresado por medio de las citas, las políticas simplemente se han hecho

1.1.2 La ciencia, ¿una concepción o una idealización?

La concepción de ciencias naturales toma como punto de partida el mundo de la vida de Husserl, que no es nada diferente al medio que compartimos entendiéndolo como científico o no científico, en el cual se deben tener en cuenta dos cosas importantes al momento de interactuar con dicho mundo, en palabras de

“Edmund Husserl (1936). La primera es que cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica (y algo similar puede decirse de cualquier sistema de valores éticos o estéticos), se refiere, directa o indirectamente, al Mundo de la Vida en cuyo centro está la persona humana. La segunda, y tal vez más importante para el educador, es que el conocimiento que trae el educando a la escuela (que, contrariamente a lo que se asume normalmente, es de una gran riqueza), no es otro que el de su propia perspectiva del mundo; su perspectiva desde su experiencia infantil hecha posible gracias a su cerebro infantil en proceso de maduración y a las formas de interpretar esta experiencia que su cultura le ha legado” (Lineamientos curriculares, 1998).

Aquí es muy importante una afirmación que realiza el autor y es entender que las ideas previas de los estudiantes son valiosas y debemos hacer que la transición del mundo no científico al científico sea simple y significativa para ellos, recordando que el mundo científico ha sido construido mientras se está situado en el no científico, entonces *“vamos en busca de la verdad sin que ello signifique que algún día seremos dueños de la verdad absoluta”*. (MEN, 2006) Se debe entender que la misma historia de la física nos muestra que teorías robustas y aceptadas por la comunidad académica no son por ello verdades que permanezcan inmutables en el tiempo y por ello el quehacer científico es una tarea de constante búsqueda de teorías que satisfagan nuestra experiencia.

Desde los estándares se comprende que *“sin embargo, y contrario a la opinión popular, las explicaciones derivadas del quehacer científico no corresponden a verdades absolutas e incuestionables; un sello distintivo de las ciencias está justamente en que sus teorías se encuentran en constante revisión y reformulación”*. (MEN, 2006) Aparece una contradicción pues a pesar de que las teorías modernas nacieron hace más de 100 años aún no se enseñan en el colegio, por el contrario se emplean dos años de la llamada Educación Media del sistema de educación nacional aproximando a los estudiantes al mundo de la ciencia por medio de la mecánica clásica y los resultados no son del todo satisfactorios. La media nacional en la prueba de estado realizada a nivel nacional por los estudiantes que quieren obtener su título de bachiller académico (prueba saber 11°) no supera el 50/100, es

decir, de cada dos preguntas sobre física los estudiantes yerran una, lo cual es altamente preocupante y debe cuestionar a los docentes de física y al MEN sobre si sus políticas tienen el impacto que deberían. Ver anexo **tabla 1**.

En ciencias que

“la actividad científica está dada principalmente por un proceso continuo de formulación de hipótesis y diseño de trayectorias investigativas para su constatación, cuyo principal propósito es la búsqueda rigurosa de explicaciones y comprensiones alternativas a las dadas hasta el momento, que los conduzcan a un conocimiento más sólido, más complejo, más profundo de aquello que está siendo objeto de estudio”.
(MEN, 2006),

de aquí llama la atención que se plantea cómo se hace ciencia, pero no se reevalúa desde hace dos décadas, la forma en la que se aproxima a los niños y jóvenes al mundo de la vida. Sin embargo, se afirma que,

“hacer ciencias, hoy en día, es una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ni ordenadas, ni universales, sino a procesos de indagación más flexibles y reflexivos que realizan hombres y mujeres inmersos en realidades culturales, sociales, económicas y políticas muy variadas y en las que se mueven intereses de diversa índole” (MEN, 2006)

se presenta una incongruencia entre lo escrito en el papel y lo que se lleva a la práctica en los estándares, porque, aunque no existe una malla curricular en dichos documentos en el que se estipulen los temas específicos que deben ser vistos durante el año escolar, sí se evalúan temas únicamente de física clásica lo cual hace parecer un esfuerzo inútil la enseñanza de la física moderna en la escuela.

Además, hay un debate por lo planteado por el MEN acerca de lo que es el conocimiento pues se tiene una interpretación concebida en tres categorías, que dan cuenta de las habilidades y aprendizajes que se dan en la escuela y son: el conocimiento común, el conocimiento científico y el conocimiento técnico.

“El primer rasgo común es que todo conocimiento (el común, el científico y el tecnológico) implica la existencia de una representación mental de aquello que es conocido; El segundo es que toda forma de conocimiento sólo se hace posible dentro de un contexto social. El tercero y último que señalaremos es que todo conocimiento tiene un valor adaptativo al mundo físico o socio-cultural e individual” (MEN, 2006).

Existe sin embargo una división del conocimiento como científico y el tecnológico, pues

“el conocimiento científico y el tecnológico son productos sociales en tanto que el conocimiento común es más un acontecimiento individual. La capacidad de cambiar el mundo o acomodarse a él es lo que caracteriza a la tecnología. Es posible conocer la forma de cambiar el entorno o acomodarse a él sin conocer las reglas que lo rigen” (MEN, 2006),

lo cual es nefasto para los intereses de la enseñanza pues la fragmentación del saber científico corresponde a imágenes como la del físico teórico y experimental, aquí la técnica se comprende como un proceso de adaptación de lo científico al entorno, pero ello pierde validez cuando se entiende que el conocimiento científico,

“significa que elabora y desarrolla estructuras conceptuales que le permiten comprender y actuar sobre la realidad, a partir de las estructuras que ya posee. Esto hará que el conocimiento se vuelva comprensible, flexible, reorganizable, compartible; un modo de actuar y transformar la realidad y por lo tanto útil para el individuo, para el grupo social del cual hace parte, y para la sociedad en general” (Ayala, 2006).

Por tanto, la división es a juicio de ciertos autores un sinsentido pues la ciencia para este caso específico la física, no puede concebirse como una unión de dos partes, lo cual es diferente a la unidad compuesta del quehacer científico, por tanto, *“nada de racionalidad en vacío, nada de empirismo deshilvanado: tales son las dos obligaciones filosóficas que estrecha y precisa síntesis de teoría y experiencia en la física contemporánea”*. (Bachelard, Gaston, 1978), la ciencia a pesar de tener *“dos polos filosóficos. Es un verdadero campo del*

pensamiento que se especifica en matemática y en experiencias, y que se anima al máximo en la conjunción de la matemática y la experiencia” (Bachelard, Gaston, 1978), así que se presenta como un reduccionismo plantear la división hecha por el ministerio, pues si se acoge dicha concepción o bien se hace matemática o bien se experimenta, pero no se hace ciencia.

La historia misma de la física es una muestra de ello, puesto que *“el objeto de toda ciencia, sea natural o psicológica, consiste en coordinar nuestras experiencias de modo que el todo forme un sistema lógico”* (Einstein & otros., 1993). De aquí podemos extraer la importancia de la experiencia y su relación directa con la matemática, gracias a lo cual se forma un sistema lógico, el cual para nuestro contexto es la física.

En vía de esto se quiere empezar a cuestionar la supremacía que tiene la física clásica en Colombia debido a que *“la recepción de la relatividad, en la Colombia de principios del siglo XX, estuvo íntimamente ligada con el grado de desarrollo académico y el nivel de aculturación de tres disciplinas: la filosofía, la matemática y la física”* (Martinez-Chavanz, 2006), lo cual evidencia una problemática que debemos detenernos a analizar.

Chavanz, propone analizarlo desde los tres aspectos ya enunciados:

“En primer lugar, las incipientes universidades colombianas, para finales del siglo XIX, no estaban lo suficientemente organizadas, financiadas, equipadas y adaptadas para la investigación, al menos en el dominio teórico. En segundo lugar, las bibliotecas no contaban con los suficientes libros, manuales, tratados y publicaciones de primera mano y de vanguardia que facilitaran la información; tampoco con un servicio de canje suficientemente desarrollado. En tercer lugar, la institucionalización, profesionalización y enseñanza de la matemática y de la física, en tanto que ciencias autónomas, no existía. La Élite se preocupó por modernizar los programas de enseñanza, introducir el rigor matemático en las definiciones y demostraciones, equilibrar la balanza teoría-praxis y profesionalizar la matemática.” (Martinez-Chavanz, 2006).

Lo cual ocasiona que en Europa para “1907 Einstein era conocido, al menos de la comunidad física alemana, donde se discutió su teoría. No obstante, todavía muchos veían la TRE como “incomprensible”, no había unanimidad” (Martinez-Chavanz, 2006) ... “Para 1919, la aceptación de la TRE era unánime y se consolidó a partir de ese mismo año con las primeras verificaciones de la TRG” (Martinez-Chavanz, 2006). En contraste, en Colombia su divulgación no fue rápida y tampoco efectiva, aunque existen algunos libros de texto donde se muestra una preocupación por enseñar física moderna, para inicios del siglo XX, momento para el cual ya era comprobada la TER y la TRG, aceptada en general como una teoría que corresponde a más experiencias cotidianas que la mecánica clásica, sin generar una relación directa de causa y efecto entre la mecánica clásica y la TER.

1.1.3 La T. E. R. en Colombia.

La siguiente revisión de cuatro textos de diferente editorial, autores y años de realización, se hace con el fin de rastrear qué influencia ha tenido la relatividad sobre los autores, qué tipo de textos están a la base de libros que se utilizan hoy día para enseñar física lo cual, en particular si acuden o no a textos originales, como Los Principios de la Filosofía Natural de Isaac Newton y el artículo de Albert Einstein, sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento de 1905, puesto que los documentos originales permitirían al estudiante pensar las problemáticas que produjeron las teorías que aún después de 300 años siguen siendo válidas y vigentes. Esto permite ver el contraste existente entre los lineamientos realizados desde 1998, los estándares de competencias básicas 2006 y los libros de texto que se realizaron antes y posteriormente.

	Investiguemos 11	Física fundamental 2	Física: una ciencia para todos	Hipertexto de física 2
Autores	Ramirez Ricardo, Villegas Mauricio	Michel Valero	James Murphy, Zitzewitz Paul, Hollon James.	Romero Olga, Bautista Mauricio.
Año	1989	1996	1989	2011
Páginas	208	321	574	288

Editorial	Voluntad	Norma	Merril Publishing Company	Santillana S. A. (Romero, Olga, 1993)
Ciudad	Bogotá D. C.	Bogotá D. C.	Columbus, Ohio.	Bogotá D. C.
Bibliografía	No presenta	No presenta (Valero, 1996)	No presenta (Murphy, Zitzewitz, & Hollon, 1989)	No presenta documentos originales solo textos universitarios y otros libros.
Relatividad	No presenta (Ramirez & Mauricio, 1989)	Último capítulo (301 a la 316) dedicadas a explicar la relatividad.	Muestra conceptos de relatividad en un apéndice en 3 páginas.	Penúltimo capítulo en 12 páginas (245 a 257) habla de relatividad.

Tabla 2. Libros de texto ficha técnica

El texto de la editorial Voluntad no presenta nada sobre la teoría de la relatividad, tampoco tiene bibliografía.

Los demás libros presentan temática relacionada a la enseñanza de las teorías modernas, todos hacen un desarrollo corto de la TER, a lo sumo de 15 páginas, mostrando las influencias que tuvo Einstein para formular su teoría. Se analizará más adelante que existe una división entre los teóricos para determinar cuál fue el camino que siguió él para su teorización, para comprender cuál fue el camino seguido, ¿quién mejor que el propio Einstein para aclararlo? (cabe resaltar la importancia de volver a los textos de los autores y analizar sus inquietudes frente a las teorías físicas pues fruto de esto nacen las nuevas hipótesis, sin que exista dependencia de una frente a la otra o linealidad alguna en los desarrollos de las teorías).

Llama notablemente la atención que tres de los textos no muestran una bibliografía ni tipo alguno de referencia de textos que estén a la base de la creación de los libros utilizados por algunos docentes para enseñar física, a excepción del texto de (Romero & Bautista, 2011), el cual para nuestro análisis evidencia que no se tienen en cuenta textos realizados por los creadores de las teorías, aunque, tiene citas de textos universitarios, páginas web y textos escolares. En la siguiente tabla se muestran los índices de los libros ya descritos.

Unidad	Investiguemos 11	Física fundamental 2	Física: una ciencia para todos	Hipertexto física 2
Unidad 1	Movimiento	Movimiento periódico	Mecánica (introducción,	Oscilaciones

	armónico simple		movimiento rectilíneo, fuerzas y vectores)	
Unidad 2	Movimientos ondulatorios	Sonido	Energía (momento, trabajo, energía termal)	Ondas
Unidad 3	Sonido	Óptica geométrica	Termodinámica	Acústica
Unidad 4	Óptica geométrica	Óptica física	Ondas	Óptica
Unidad 5	Instrumentos ópticos	Electrostática	Sonido	Electrostática
Unidad 6	Óptica física	Electromagnetismo	Óptica	Cargas eléctricas en movimiento
Unidad 7	Electrostática	De la física clásica a la física cuántica. (Valero, 1996)	Electromagnetismo	Electricidad y magnetismo
Unidad 8	Corriente eléctrica y circuitos		Física moderna.	Física moderna. (Romero & Bautista, 2011)
Unidad 9	Electromagnetismo. (Ramirez & Mauricio, 1989)		(Murphy, Zitzewitz, & Hollon, 1989)	

Tabla 3. Libros de texto tabla de contenido por unidades

La física fundamental 2, tiene 7 unidades y en la última se evidencia un esfuerzo por enseñar la física moderna con la siguiente estructura:

- Física cuántica
- Física nuclear
- Teoría de la relatividad

El hipertexto física 2 en el último capítulo habla sobre la física moderna, se expone al inicio una aplicación de la física moderna en la cotidianidad como los rayos x y la fisión y fusión nuclear. Posteriormente se presentan actividades de aplicación y problemas que evidencian la comprensión de la unidad, la estructura que se maneja:

- Relatividad
- Física cuántica
- Estructura atómica actual

El último texto, *hipertexto de física*: siguen una estructura en la física moderna

- Física cuántica
- Estructura atómica
- Funciones de la física nuclear

Los libros de texto primero muestran hasta el final las temáticas relacionadas con la T. E. R. lo cual podría entenderse como una visión cronológica de la física, solo hasta comprender las teorías clásicas se pueden comprender las teorías modernas. Lo anterior no es necesariamente mejor al momento de la comprensión del mundo científico. Los textos responden a las temáticas propuestas por el Ministerio de Educación Nacional, aunque se presenta como se había evidenciado en la problemática, que los lineamientos y los estándares de calidad, no han sido modificados por parte del ministerio desde hace más de 20 años, lo cual hace que los textos a pesar de ser distintos las fechas de publicación no tengan diferencias marcadas como se esperaría con un libro del siglo XX y uno del siglo XXI.

1.1.4 CONTEXTO PROBLEMÁTICO PARA INICIOS DEL SIGLO XX

Uno de los problemas que tiene doble fin en la física sin proponérselo, es el debate existente entre la electrodinámica de Maxwell y la mecánica de finales del siglo XIX e inicios del XX, dicha problemática movió a las mentes de los físicos de la época y sirvió además como trampolín para que Einstein, un simple trabajador de la oficina de patentes de Berna, Suiza, diera origen a una teoría nueva, fresca y que no es producto de modificaciones de la mecánica o el electromagnetismo, sino que es una corriente propiamente cimentada. Entendiendo por tanto que, el “*progreso con respecto a Kant (llevado a cabo por las nuevas doctrinas) es haber transpuesto la síntesis a priori del plano de la intuición al plano de la inteligencia y esto es decisivo para el pasaje a la física.*” (Bachelard, El compromiso racionalista, 1980) Generando así un espacio para las nuevas ideas, evaluando su validez y generando de paso, nuevas formas de entender los fenómenos y la relación del hombre con ellos.

Existen algunas situaciones como la citada en el artículo de Einstein de 1905

“Piénsese, por ejemplo, en la acción electrodinámica recíproca de un imán y un conductor. Aquí, el fenómeno observable depende sólo del movimiento relativo del conductor y el imán, mientras que la concepción usual establece una distinción tajante entre los dos casos en que uno u otro de los cuerpos se halla en movimiento” (Einstein & otros., 1993)

que dejan en jaque a la física de la época y sin soluciones pues para dos situaciones semejantes se daban explicaciones diferentes,

“pues si el imán se halla en movimiento y el conductor en reposo, en las proximidades del imán surge un campo eléctrico de cierta energía que produce una corriente en aquellos lugares donde están situadas las partes del conductor. Pero si el imán está en reposo y el conductor se halla en movimiento, no aparece ningún campo eléctrico en las proximidades del imán. En el conductor, sin embargo, encontramos una fuerza electromotriz a la que, en sí, no corresponde energía alguna, pero que da lugar – suponiendo que el movimiento relativo es igual en ambos casos- a corrientes eléctricas de la misma dirección e intensidad que las producidas por las fuerzas eléctricas del caso anterior”. (Einstein & otros., 1993).

Al existir dicha dicotomía en la explicación de este fenómeno del imán y el conductor, hace pensar que algo está mal en la física del momento, pues solo se tiene un objetivo en mente, demostrar que la experiencia debe corresponderse a la realidad, la cual no es más que *“la relación entre dos cuerpos”*. (Ben-dov, 1999). Esto ya había sido afirmado incluso en trabajos como los de Poincaré, el cual afirma que:

“Los experimentos solamente nos enseñan las relaciones de unos cuerpos con otros. Ellos no establecen y no pueden darnos las relaciones entre los cuerpos y el espacio, ni las relaciones mutuas de las diferentes partes del espacio”, y hace la siguiente analogía, *“Si yo conociera la altura del mástil mayor, ésta no es suficiente para calcular la edad del capitán. Cuando ustedes han medido cada fragmento de madera en un barco,*

tendrán muchas ecuaciones, pero no están más cerca de conocer la edad del capitán. Todas las medidas realizadas sobre sus fragmentos de madera solo pueden decirle qué concierne a esos fragmentos; y similarmente sus experimentos, no importa lo numerosos que ellos puedan ser, se refieren solamente a las relaciones de unos cuerpos con otros, no le dirán nada acerca de las relaciones mutuas de las diferentes partes del espacio”.³

De lo anterior, se puede extraer, que el autor no hace un llamado a hablar sobre el experimento en correspondencia con las situaciones cotidianas, o sea, que es necesario buscar respuestas que satisfagan las diferentes situaciones sin alterar las leyes físicas que los rigen, entonces, “las mismas leyes de la electrodinámica y de la óptica son válidas en todos los sistemas de referencia para los que son ciertas las ecuaciones de la mecánica”. (Einstein & otros., 1993) es decir, que los fenómenos tengan las mismas explicaciones independiente del movimiento de las fuentes.

En el artículo de 1905, Einstein une dos corrientes que estaban apartadas al no encontrar las mismas leyes de la física que satisficieran la experiencia, ello por medio de lo que él denominó el «Principio de Relatividad» que no es otra cosa que: “la luz se propaga siempre en el vacío con una velocidad c independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor”. (Einstein & otros., 1993). De aquí analizaremos lo dicho por Einstein pues constituye el cimiento de la física contemporánea.

Hasta ahora hemos abordado uno de los problemas que origina en Einstein ideas salidas del contexto de la mecánica clásica sobre el espacio y el tiempo, uno es el del imán y el conductor y el otro de

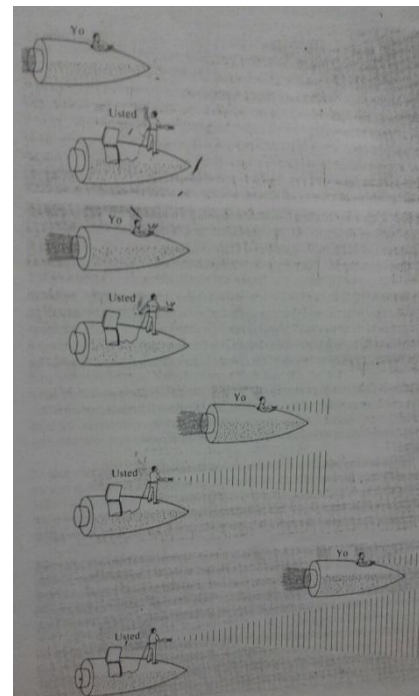


Ilustración 2. La luz viaja a una velocidad independiente de la velocidad de la fuente que la emite (Hoffman, 1985, pág. 95)

³ La traducción se realizó a partir del original en inglés por parte de Juan Carlos Orozco en el marco del seminario de problemática histórico-filosófica en la emergencia de las mecánicas cuánticas y relativistas. De la licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional

las búsquedas que para el siglo XIX estaba en discusión sobre “*los intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la tierra con relación al «medio lumínico»*” (Einstein & otros., 1993). Hay varias características en común, la más importante de ellas que las dos toman como punto de partida un movimiento con respecto a otro cuerpo o medio.

Sin embargo, si no es posible dar una explicación a fenómenos correspondientes al movimiento, obliga a pensar ¿qué es el movimiento? y de paso “*obligan a sospechar que ni los fenómenos de la electrodinámica ni los de la mecánica poseen propiedades que se correspondan con la idea de reposo absoluto*” (Einstein & otros., 1993), el movimiento es definido como el “*estado de los cuerpos mientras cambian de lugar o de posición*”⁴, pero ¿cómo sé que un cuerpo cambia de posición?, ¿solo sucede en un ámbito espacial dicho movimiento?. El movimiento se da cuando relacionamos un cuerpo con otro, es decir, determinamos un punto de referencia y si varía lo inicialmente dispuesto, entonces se mueve. Y junto a la componente espacial ¿hay algo más? El tiempo de duración, es importante para entender si fue poco o mucho el intervalo de movimiento, es más, todo suceso tiene ligado una componente temporal que permite hasta conmemorar el momento, por ejemplo, la explosión en Hiroshima, el 6 de agosto de 1945.

En suma, hablamos de relaciones entre cuerpos y este será el bastión para la definición del espacio y del tiempo, daremos un recorrido por estos conceptos para los físicos a partir de los debates de la época.

Según Mach, (el cual es un escritor seguido por Einstein) “*nadie tiene competencia para emitir juicios acerca del espacio absoluto o del movimiento absoluto, pues son puras cosas del pensamiento, puras construcciones mentales que no se pueden producir en la experiencia*” (Einstein & otros., 1993), lo cual es algo que será determinante para las concepciones de Einstein. Prosigue Mach, los “*principios no pueden concebirse como verdades matemáticamente establecidas, sino únicamente como principios que admiten y requieren una verificación constante por parte de la experiencia*”. (Einstein & otros., 1993) De aquí que para Einstein la importancia de las teorías es que tengan una correspondencia con la experiencia sensible.

⁴ Tomado de: <http://dle.rae.es/?id=Pxf8Zl5>

Las afirmaciones realizadas son categóricas, pues fracturan una estructura y una comunidad de académicos dedicados a mostrar el movimiento absoluto, aunque lo mostrado en la situación del imán y el conductor hace pensar que depende del observador elegir un punto de referencia y a partir de allí se construye el fenómeno físico, Einstein en su artículo de 1905 gracias al cual la TER vio la luz, cuestiona la idea clásica del espacio absoluto pues:

“La visión del movimiento relativo empleada por Newton se remontaba incluso más allá, a Galileo. En su Dialogo sopra i due massimi sistema del mondo (diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo) Galileo hablaba de un barco viajando a velocidad constante en un mar totalmente en calma, y argumentaba que ningún experimento en mecánica llevado a cabo bajo cubierta podría revelar que el barco se estaba moviendo. Esto es el principio de la relatividad de Galileo: en mecánica, no hay diferencia entre las observaciones hechas en dos sistemas que se están moviendo con una velocidad uniforme uno con respecto al otro. En concreto, no hay un sistema especial de referencia que esté «en reposo». El punto de arranque de Einstein fue el mismo principio, pero con una vuelta de tuerca extra: debe aplicarse no solo a la mecánica, sino a todas las leyes de la física”. (Stewart, 2013)

Al analizar el artículo original se pudo evidenciar que, como lo sostiene Bachelard, *“al estudiar la epistemología en el nivel del racionalismo enseñante, habremos de prestar gran atención al pluralismo de las demostraciones posibles para un mismo y único problema”*. (Bachelard, Gaston, 1978). No es excepción de ello la teoría que cambió la concepción del mundo, durante el siglo XX, pues como se pudo evidenciar en los libros de texto, se atribuye el génesis de la TER al experimento de Michelson-Morley y para otros el de Trouton-Noble; pero no existe unanimidad frente a los experimentos expuestos.

Algunos de los teóricos dentro de la literatura consultada que apoyan la tesis en Michelson-Morley, como el bastión de la TER son, Gaston Bachelard, Sánchez Ron, Fabio Vélez y los textos de divulgación científica para los colegios. Incluso Ian Stewart, aproxima el experimento de Michelson-Morley como uno de las causas menores que ocasionaron la relatividad.

Por otra parte, los teóricos que se inclinan hacia el experimento de Trouton-Noble (1903), son, Galison, cabe recalcar que el texto de (Romero & Bautista, 2011), hace referencia a los dos experimentos y no se inclina en mayor medida a alguno, y a nuestro juicio Einstein, al hablar de la situación del imán y el conductor. Es, por tanto, de suma importancia volver a las fuentes de los autores de las teorías, consultar sus inquietudes y los problemas que hicieron plantear como solución las teorías.

2. CONVERSANDO CON EINSTEIN SOBRE REGLAS FIJAS Y RELOJES

Uno de los más influyentes físicos de la época para Einstein, fue Ernst Mach quien, con una simplicidad genial, logró desequilibrar el sistema Newtoniano en sus dos concepciones pilares, el espacio y el tiempo. Para los intereses del trabajo no se extenderá en explicar dicho modelo, solamente se describirá las citas que dan la estocada al modelo ya cuestionado y que sirven a Einstein, lector juicioso de la obra de Mach, para pensar el espacio y tiempo como la relación de los cuerpos.

Hablando de qué es el tiempo, nos encontramos que para Mach “*cuando decimos que una cosa A varía con el tiempo, queremos dar a entender simplemente que las condiciones que determinan la cosa A depende de las condiciones que determinan otra cosa B*” (Einstein & otros., 1993, pág. 26), de aquí continúa argumentando,

“medir los cambios de las cosas por medio del tiempo es algo que cae completamente fuera de nuestras fuerzas. El tiempo, por el contrario, es una abstracción a la cual llegamos a través de los cambios de las cosas, y esa abstracción la hacemos porque no estamos restringidos a ninguna medida definida, estando como están todas ellas interrelacionadas”.
(Einstein & otros., 1993, pág. 26)

y para estocar el modelo Newtoniano ya débil, afirma

“un movimiento puede ser uniforme con respecto a otro movimiento. Más la cuestión de si un movimiento es en sí mismo uniforme o no carece por

completo de sentido. Y no menos injustificado está el hablar de un «tiempo absoluto», es decir, de un tiempo independiente de todo cambio. Este tiempo absoluto no se puede medir en comparación con ningún movimiento; por ende, está desprovisto tanto de valor práctico como científico, y nadie tiene razones para decir que sabe algo de él. Se trata de una concepción metafísica ociosa”. (Einstein & otros., 1993, págs. 26-27)

Así que hablar de un tiempo absoluto, como lo hace el sistema Newtoniano es algo que extralimita la experiencia sensible y por tanto es reducida bajo esta lógica a lo absurdo. Se debe aclarar que hay una cierta relación entre Mach y Einstein, pero ello no significa que todas las ideas del uno las haya tomado el otro. Sobre el aspecto que nos llama en este momento, el tiempo, Bunge contextualiza una diferenciación notoria entre ellos dos,

“la idea de que el tiempo es más una relación entre acontecimientos que algo autoexistente parece razonable pero incompleta. Mach estaba pensando en parejas de acontecimientos simultáneos, y se conformó con recalcar que situar temporalmente un acontecimiento (su correspondiente en la secuencia de referencia). Esto es cierto pero insuficiente: no solo en ciencia, sino que también en la vida diaria necesitamos un concepto más complejo de tiempo que esté basado tanto en hechos concretos (actuales o posibles) como en números”. (Bunge, 1983, pág. 17)

de aquí que Einstein nos habla de esta relación de la siguiente manera:

“Cuando queremos describir el movimiento de un punto material, especificamos los valores de sus coordenadas en función del tiempo. Ahora bien: debemos tener muy presente que una descripción matemática de esta especie no tiene significado físico alguno, a menos que tengamos las ideas muy claras acerca de qué es lo que entendemos por «tiempo»”. (...) “Por ejemplo, si yo digo: «Ese tren llega a las siete», lo que intento decir es algo así como: La posición de la manecilla pequeña de mi reloj

en las siete y la llegada del tren son sucesos simultáneos» (...), *“Podría parecer que para superar todas las dificultades en torno a la definición de «tiempo» bastaría con sustituir «la posición de la manecilla pequeña de mi reloj» por «tiempo». Y, efectivamente, tal definición es satisfactoria cuando lo que interesa es definir el tiempo únicamente para aquel lugar donde está situado el reloj”*. (Einstein & otros., 1993, pág. 63)

De lo anterior se puede deducir que el tiempo no es más que el reloj que mide el cambio de una relación de cuerpos. Lo habían dicho Poincaré y Galileo, los experimentos solo nos dan relaciones entre cuerpos y no absolutos que son externos al sistema experimental dispuesto. Ahora, *“podríamos contentarnos con los valores del tiempo que determinase un observador situado, junto con un reloj, en el origen de coordenadas, coordinando las posiciones correspondientes de las manecillas con las señales luminosas que, emitidas por cada uno de los sucesos a cronometrar, llegasen al observador a través del espacio vacío”* en palabras de Galison queremos coordinar otros relojes con respecto a uno en el centro de coordenadas, lo que se hacía por parte de los físicos era lo siguiente:

Un reloj daba la hora y según el principio de Einstein la luz tiene una velocidad absoluta, es así que se enviaba un pulso y con ello cada vez que llegase el pulso a donde estuviese situado el reloj todos pondrían las 3:00 pm, por ejemplo.

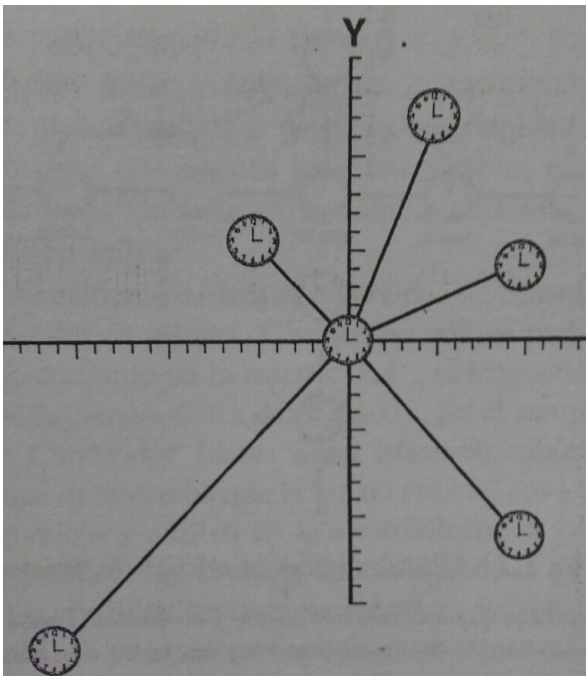


Ilustración 3. Coordinación de relojes con respecto a uno central (Galison, 2005, pág. 19)

Einstein se resistía a esta idea por las diferentes distancias latentes, adicionalmente porque, por ejemplo, cuando el pulso llegue al reloj situado en el cuadrante III, ya habrá pasado una cierta cantidad de tiempo para el reloj central, es decir, ya no serán las 3:00 pm, sino por ejemplo las 3:00:05, lo cual crea una coordinación de los relojes que no permite hablar de eventos y relojes simultáneos. ¿y cuál es la solución?

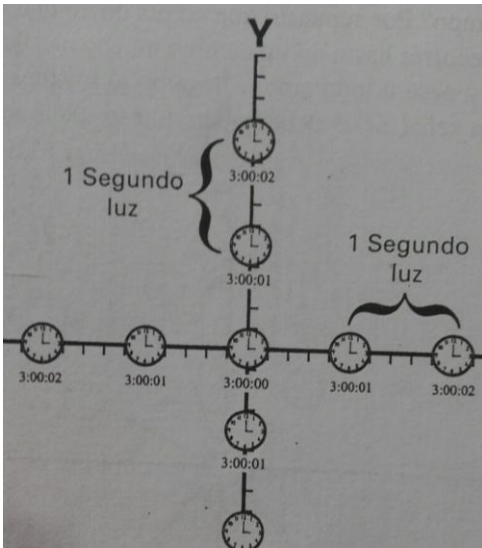


Ilustración 4. Coordinación de relojes de Einstein (Galison, 2005, pág. 20)

Einstein propone que la luz al tener una velocidad absoluta, independiente del estado de movimiento, se moverá la misma cantidad de espacio por cada segundo que recorra, así que podemos tener uno central y cuando al respectivo reloj llegue el pulso, se devuelve y el tiempo que tardó en ir y volver la luz dividido en dos, nos dará la anhelada sincronización de los relojes dependiendo de su relación con el reloj central.

Con esto Einstein da su estocada final del concepto del tiempo, al definir que:

“si en el punto A del espacio hay un reloj, un observador en A podrá determinar valores temporales de los sucesos que ocurran en la proximidad inmediata de A sin más que averiguar qué posiciones de las manecillas son simultáneas con dichos sucesos” (Einstein & otros., 1993)

Piénsese que se puede aplicar la anterior situación en un punto B, con un reloj B de iguales características, si se quiere comparar un suceso de A con otro de B. Pero

“Hasta aquí solo hemos definido un «tiempo A» y un «tiempo B». No hemos definido un «tiempo» común para A y B porque el mismo no se puede definir a menos que establezcamos por definición que el «tiempo» que requiere la luz para viajar de A a B es igual al «tiempo» que requiere para viajar de B a A”. (Einstein & otros., 1993)

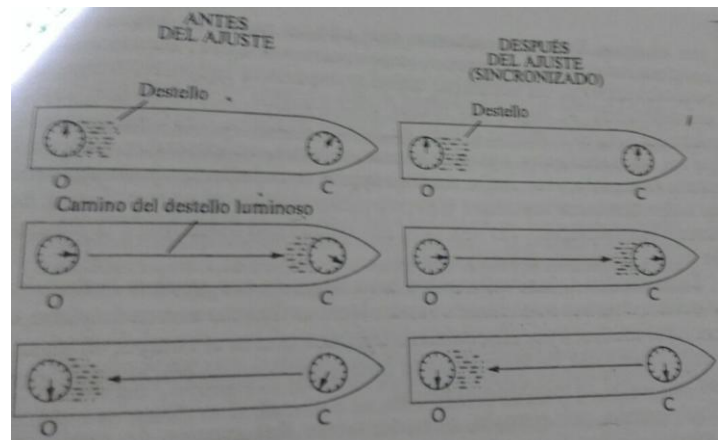


Ilustración 5. Sincronización de relojes (Hoffman, 1985, pág. 98)

Entonces “ $t_B - t_A = t'_A - t'_B$... “El «tiempo» de un suceso es aquel que viene dado simultáneamente con el suceso, por un reloj estacionario que se halla situado en el lugar del suceso que sea sincrónico – y de hecho sincrónico para todas las determinaciones temporales- con respecto a cierto reloj estacionario”. (Einstein & otros., 1993)

Y es el anterior concepto el tiempo físico, relacionándolo con un instrumento y una entidad matemática lo cual lo hace un concepto que corresponde a la experiencia de los sujetos.

Es en este punto donde se hace menester decir que el espacio no era ajeno a la polémica desatada en la física y es así como según Banesh Hoffman, la objeción de Mach,

“Nacía en parte de hecho de que el espacio absoluto entraba en contradicción con la propia tercera ley del movimiento de Newton. Según esta ley, si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste ejercerá una fuerza igual y opuesta sobre el primero. Pero aunque, en la teoría de Newton, la inercia de un cuerpo era la medida de la resistencia de un cuerpo a ser acelerado en relación al espacio absoluto y aparecía, por lo tanto, como resultado de una acción del espacio absoluto sobre el cuerpo, no había ninguna reacción del cuerpo sobre el espacio absoluto; por cuanto, por definición, el espacio absoluto no era afectado de ninguna manera por lo que ocurriera en su interior” (Hoffmann, 1985)

Con lo cual queda todo dicho para que Einstein ponga sus dos simples reglas ya nombradas y edifique una física mucho más amplia que la Newtoniana. Si el tiempo es la relación de los cuerpos y por ello se relaciona con el reloj, entonces, obliga a sospechar que el espacio es la relación de los cuerpos que se utilizan para medirlo, pero ¿con qué se mide el espacio?, esa respuesta nos encamina a saber ¿qué es el espacio? Einstein nos pone la siguiente idea en su artículo para continuar sus reflexiones que darán como resultado la TER.

Se tiene una barra rígida moviéndose en el eje x con una velocidad constante y al estar en movimiento la barra ¿cuál será su longitud? Solo hay dos posibles soluciones.

“a) El observador se mueve junto con la vara de medida con la barra que se trata de medir, y mide directamente la longitud de ésta superponiendo la vara de medida, igual que si los tres se hallaran en reposo.

b) Por medio de relojes estacionarios colocados en el sistema estacionario y sincronizados, el observador determina en qué puntos del sistema estacionario están localizados los dos extremos de la barra en un momento dado”

(Einstein & otros., 1993)

Con la primera opción nos vemos obligados a hacer parte del sistema en movimiento, el segundo es más interesante, nos plantea medir desde un sistema estacionario una barra que se esté moviendo, en la ilustración del

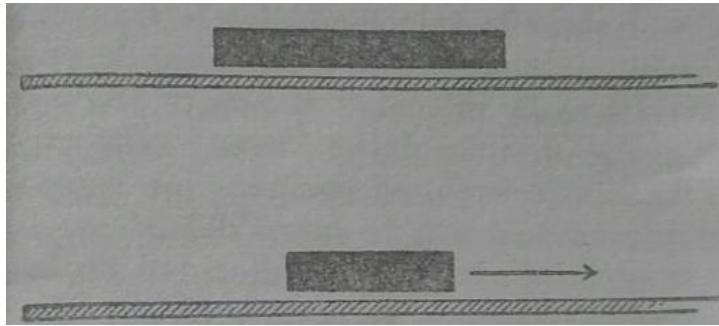


Ilustración 6. Contracción de la barra fija en el sistema estático.

libro de Einstein, se observa la barra superior estática y la inferior con una velocidad cercana a la de la luz, la medición de la persona en el sistema de coordenadas fijo, midiendo de la forma b) verá una diferencia que corresponderá al tiempo que la luz tarda en viajar de la señal inicial a la señal final, observándose así una contracción.

5

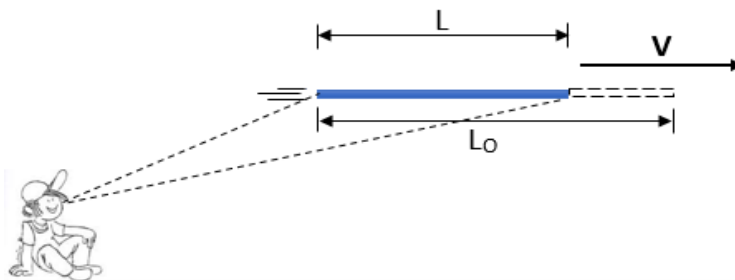
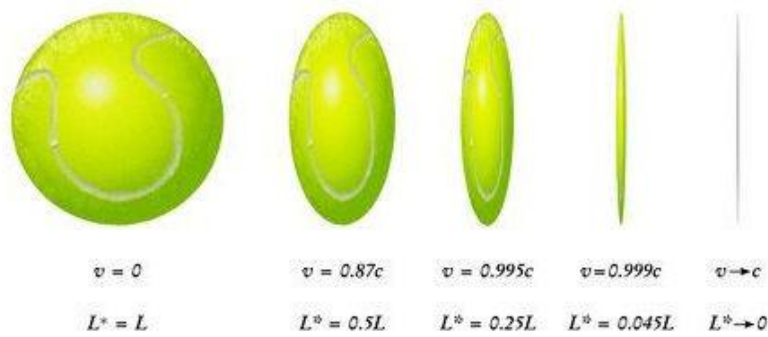


Ilustración 7. Contracción de las barras por parte del observador estático.

⁵ Tomado de : <http://www.gabitos.com/SecretoMasonico/template.php?nm=1485140179>



Es decir, el observador estático no puede medir al mismo tiempo los dos extremos de la barra, solo puede medir uno y luego de un tiempo mide el otro.

Ilustración 8. Contracción dependiente de la velocidad del cuerpo para el observador estático.

Dependiendo por supuesto de la velocidad con la que se mueva el cuerpo.

Hasta el momento hemos visto que la relación de los conceptos fundamentales de espacio y de tiempo con los instrumentos que se encargan de materializarlos. Algo a lo que aún no ha hecho referencia es al continuo espacio-tiempo el cual es uno de los capítulos del texto de Einstein e Infeld, el cual nos parece importante aclarar, pues es en esta unión donde reina el éxito de la TER, que hasta el momento la ha fijado como una teoría moderna sólida en lo concerniente a su interés de estudio. Según Einstein no es posible separar la idea de espacio de la de tiempo,

“no nos habíamos percatado del hecho de que todas las observaciones deben ser realizadas en un cierto Sistema de Coordenadas y en lugar de describir su estructura, hacíamos caso omiso de su existencia. Por ejemplo, cuando escribíamos “un cuerpo animado de movimiento uniforme” debíamos realmente haber escrito “un cuerpo animado de movimiento uniforme relativo a un determinado Sistema de Coordenadas...” (Einstein & Infeld, La física aventura del pensamiento, 1939)

Adicionalmente al entender el reloj como, *“la sensación subjetiva primaria del fluir del tiempo [que] nos permite ordenar nuestras impresiones y afirmar que tal suceso tiene lugar*

⁶ Tomado de : <http://novicemathandscience.blogspot.com.co/2012/03/contraction-hypothesis.html>

antes y aquel otro después” (Einstein & Infeld, La física aventura del pensamiento, 1939), se ordena así, el fenómeno del progreso del tiempo con relación a sucesos ocurridos en el espacio, lo cual reafirma la continuidad del espacio-tiempo. Por último, Einstein lo ejemplifica así:

““La revolución francesa empezó en París, el 14 de Julio de 1789”. En esta frase se registra el lugar y el tiempo en que se produjo un suceso. Para una persona que no sabe el significado de “París”, la oración podría aclararse enseñándole que París es una ciudad de nuestra Tierra situada a 2° de longitud este del meridiano de Greenwich y a 49° de latitud norte. Estos dos números caracterizan el lugar y la frase “14 de Julio de 1789” determina el tiempo en el cual tuvo lugar dicho acontecimiento”. (Einstein & Infeld, La física aventura del pensamiento, 1939)

Con los ejemplos dados se evidencia porqué Einstein le daba importancia grande a la concepción tetra-dimensional, puesto que *“desde el punto de vista de la teoría de la relatividad, el tiempo como el espacio, varían al pasar de un Sistema de Coordenadas a otro, de acuerdo con la transformación de Lorentz”* (Einstein & Infeld, La física aventura del pensamiento, 1939), y por supuesto a la correspondencia de lo dicho con la experiencia del científico.

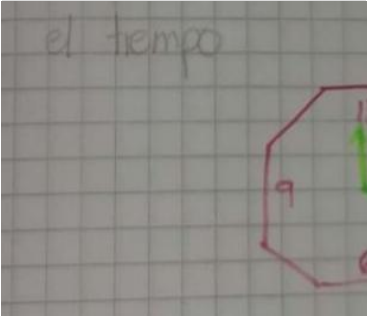


3. RELATIVAMENTE SÉPTIMO Y LO HALLADO ALLÍ.

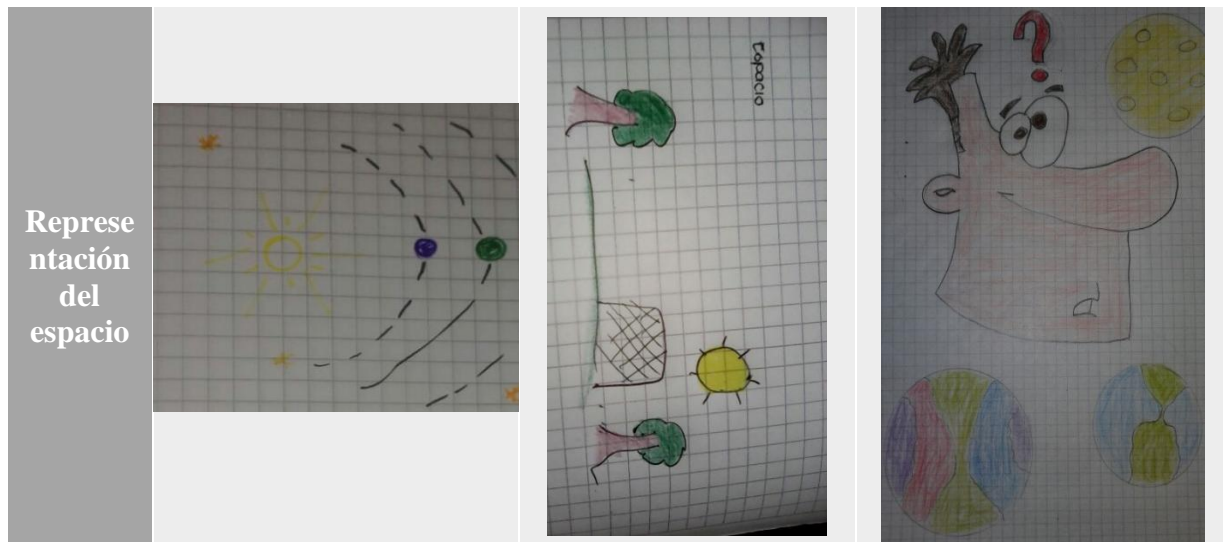
La actividad que se desarrolló con los estudiantes tiene como fin evidenciar el trabajo que se hizo por un periodo de más o menos 3 semanas de clase y que pretendió mostrar nociones de los conceptos trabajados por Einstein que dieron un vuelco a la física a inicios del siglo XX.

La primera actividad consistió en preguntarles ¿qué es el espacio? Y ¿qué es el tiempo? Y hacer una representación gráfica de cada uno. Esto se comparará con lo dicho por Einstein y el resultado de la experiencia de aula que culmina con la misma pregunta inicial.

Los estudiantes respondieron:

Actividad 1

	Samy	J. J.	Sofi
¿Qué es el tiempo?	Es algo que se utiliza para medir lo que ha pasado. Es infinito, no se puede devolver y se puede medir de diferentes formas.	Es lo que se gasta a diario ya sea en algo productivo o en algo no tan productivo. Es algo que transcurre.	Es una manera de saber cuánto me demoro en llegar a un lugar o hacer algo que me gusta o no.
¿Qué es el espacio?	Es un medio físico que ocupa un lugar y si no hay objeto de todas maneras el espacio sigue estando ahí.	Algo que la mayoría no conoce, otros planetas, galaxias, etc.	El espacio puede ser todo, Los planetas las estrellas, el lugar que ocupa cada cosa.
Representación del tiempo			



Representación del espacio

Tabla 4. Opinión de los estudiantes de grado séptimo sobre el espacio y el tiempo

Desde lo descrito por Einstein, para la definición de espacio:

“Es de esencial importancia en esto prestar una atención extremada a la relación entre la experiencia y nuestros conceptos. Según me parece, Poincaré está en lo cierto cuando se refiere a este asunto en su libro la science et l’Hypothese. Entre todos los cambios que podemos percibir en un cuerpo rígido, los más simples son aquellos que pueden invertirse mediante un movimiento arbitrario del cuerpo. Dichos cambios se llaman, según Poincaré, cambios de posición. Mediante simples cambios de posición podemos hacer que dos cuerpos se hallen en contacto entre sí. Las leyes que rigen tales cambios de posición están contenidas en los teoremas de congruencia, fundamentales en Geometría. En lo que se refiere al concepto de espacio, lo que sigue se presenta como esencial. Dado un cuerpo A podemos formar nuevos cuerpos haciendo que los cuerpos B, C,... se pongan en contacto con A. Decimos entonces que continuamos el cuerpo A y podemos continuar dicho cuerpo A hasta que llegue a estar en contacto con otro cuerpo cualquiera, X. Podemos llamar «espacio del cuerpo A» al conjunto de todas las continuaciones de dicho cuerpo. Ahora bien, es evidente que todos los cuerpos se hallan en el «espacio de un cuerpo A» (elegido arbitrariamente). En este sentido no

podemos hablar de espacio abstracto sino de «espacio perteneciente a un cuerpo A»” ... “hablaremos de «cuerpos de referencia» o de «espacios de referencia»” (Einstein A. , 1980)

Y para la definición del tiempo,

“Las experiencias de cada uno de nosotros, en cuanto individuos, se nos presentan como una ordenación de una serie de acontecimientos en la cual los sucesos aislados que recordamos aparecen ordenados de acuerdo con el criterio de «anterior» y «posterior», el cual no es susceptible de análisis ulterior. Por lo tanto, existe para un dado individuo un tiempo del yo, o tiempo subjetivo, el cual no es mensurable en sí mismo” (Einstein A. , 1980)

Al final de las actividades los estudiantes dijeron:

	Samy	J. J.	Sofi
¿Qué es el tiempo?	Es algo que va hacia adelante como la marcha del reloj que nunca se devuelve.	Es lo que ayuda a estar conscientes de sucesos que pasen alrededor de la vida. El tiempo está en distintas cosas y objetos.	Para mí, el tiempo es una percepción diferente según la actividad desarrollada, el tiempo es un reloj como en la película que muestra que se agota la vida con cada minuto vivido
¿Qué es el espacio?	Es todo lo que nos rodea, pues hay diferentes clases de espacios, espacio vacío, espacio público o espacio privado.	El espacio son todos los cuerpos que llenan lo que conocemos como galaxias.	Es una forma diferente de vivir dependiendo del lugar en el que se encuentre, es la relación con los demás y con el mundo.

Tabla 5. Opinión actividad 5 de estudiantes sobre el espacio y el tiempo

Los estudiantes como se puede evidenciar tienen una concepción muy cercana a la científica de la TER sin necesidad de haber tenido clase de física clásica, lo cual nos

muestra la importancia de trabajos como estos, pues tal vez estamos obligando a los estudiantes a que se alejen de sus concepciones más cercanas y las abandonen por otras.

Actividad 2

La segunda actividad consistió en proyectar la Alicia a través del espejo, texto elegido debido a su contenido crítico frente a los conceptos de espacio y tiempo reinantes en la Europa del siglo XVII, Lewis Carroll, (Carroll, 1994) es el encargado de hacer que a través de una historia infantil los conceptos de base de la física fuesen pensados de nuevo y revisados posteriormente por la comunidad científica culminando con los trabajos de Einstein. Dentro de la película dirigida por: (Bobin & Woolverton, 2016), se desarrolla un concepto espacio temporal relativista, tomado del libro de Carroll, mostrándolo de una manera didáctica que puede aproximar a los estudiantes al concepto que se quiere trabajar.

Actividad 3

La tercera actividad fue: Luego de ver la película se pidió a los estudiantes realizar una historieta en la cual se evidencien 8 cuadros (condición de mínima cantidad), en la cual los cuadros impares estaban dispuestos para realizar una escena real que sucedía en la película y los cuadros pares fueron dispuestos para que el estudiante mostrara su imaginación sin que se perdiese el hilo conductor de la historieta. Haciendo además que ellos inventen un final para la película.

Actividad 4.

Diario de clase:

Noviembre 4 del 2016, siendo las 6:20 a. m. se da inicio a la clase.

Se da un saludo fraternal a los estudiantes de grado séptimo, resumiendo lo que hasta el momento se ha hecho y se solicita su colaboración para una actividad que requerirá de toda su pericia al momento de medir. Se solicita que hagan tres grupos de tres estudiantes y un grupo de cuatro para realizar la medición con diferentes instrumentos de algunos objetos del salón y del colegio.

Luego de ello uno de los estudiantes, Juan José Niño toma las ideas de la discusión y el consenso al se llegó al interior del salón: *Hicimos la medición del salón y de la cancha, con zapatos, con reglas y con corbatas. Lo cual fue sencillo y se realizó tres veces en cada objeto para rectificar la medida.*

Objetos	Medida
<i>Puesto (lado)</i>	<i>37 cm</i>
<i>Arco de la cancha</i>	<i>12 zapatos</i>
<i>Tablero del salón</i>	<i>5.5 corbatas</i>
<i>Largo cancha de microfútbol</i>	<i>43 zapatos</i>

Tabla 6. Datos tomados en clase de objetos

Posteriormente se pidió el favor de que se realizara un ejercicio mental, la situación hipotética es: se debe realizar la misma medición hecha por los estudiantes anteriormente pero ahora se debe cambiar los objetos utilizados por una tira de caucho entonces, ¿qué sucedería? Se llegó por parte de los estudiantes a la siguiente conclusión:

Si lo hubiéramos hecho con un caucho habría sido mucho más difíciles las mediciones porque, un caucho no tiene figura establecida. Entonces la medida es mucho más difícil (de) hacer porque el caucho se puede estirar y se dañaría la medición. Se podría hacer si se deja el caucho en su forma neutral o sin estirar.

Al respecto con lo propuesto por Einstein en sus textos para aproximar la TER a las personas, se llega a conclusiones semejantes a las de los estudiantes pues en su texto de Física aventura del pensamiento, al empezar a hablar del principio de relatividad de Galileo, nos dice:

“teniendo en cuenta las leyes de la caída de los cuerpos se puede predecir la posición, en cualquier instante, de una piedra arrojada desde una torre y confirmar, esa predicción, experimentalmente. Si se coloca al lado de la torre una escala métrica es posible de acuerdo al párrafo anterior predecir con qué punto de la escala coincidirá el cuerpo, en cualquier instante de su caída. La torre y la escala no deben estar hechas evidentemente, de goma o de ningún otro material que pueda sufrir

variaciones durante la experiencia. En realidad, todo lo que necesitamos en principio, para realizar nuestra experiencia, es una escala perfectamente rígida y un buen reloj". Prosigue diciendo, *"dicha red o andamiaje construido de material rígido e invariable, al que referimos todas nuestras observaciones, se denomina sistema de coordenadas"* (Einstein & Infeld, La física aventura del pensamiento, 1939)

3.1 REFLEXIONES

- Frente a los conceptos fundamentales en la física, concebidos como constructos que no son necesarios entrar a cuestionar ni a definir a profundidad, Einstein llama la atención haciendo una fuerte crítica a la filosofía Kantiana y de paso mostrando por qué su teoría tiene bases diferentes.

"Estoy convencido de que ha sido perjudicial la consecuencia que ha tenido en el progreso del pensamiento científico, el empeño de los filósofos de sacar fuera del dominio del empirismo ciertos conceptos fundamentales, trasladándolos así de este dominio, que está bajo nuestro control, a las alturas intangibles de lo apriorístico." (Einstein A. , 1980)

"Esto es particularmente aplicable a nuestros conceptos de tiempo y espacio, a los cuales los físicos se han visto obligados, por los hechos, a hacerles descender del Olimpo de lo a priori, con el objeto de modificarlos de modo que puedan prestar servicios útiles" (Einstein A. , 1980)

Se hace un llamado con esto y debido a las complicaciones que se presentaron por parte de los estudiantes a la hora de representar el espacio, pues no es un concepto que sea evidente, sino que, por el contrario, tiene un alto grado de abstracción y por tanto los estudiantes presentan una dificultad para representarlo con facilidad contrario al concepto de tiempo que se asocia con algo cíclico y por tanto a un reloj.

- Se pudo determinar a través de los textos seguidos, que el experimento de Trouton-Noble, es más significativo en el seno de la creación de la TER, aunque el de Michelson-Morley gozase de más renombre por el mismo prestigio de científicos que si lo trabajaron y para los cuales fue fundamental como para Lorentz.

- Una de las estudiantes, Ceci, presentó el siguiente dibujo como actividad extra, lo cual llama la atención con relación a obras como la expuesta. Frente a las imágenes, se observó gran complicación en la representación espacial, llama la atención la cercanía con obras como:



Ilustración 10. Espacio-tiempo Ceci grado séptimo

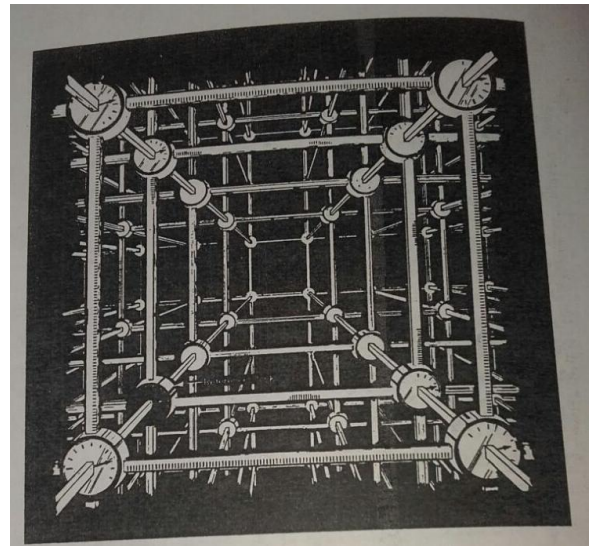


Ilustración 9. Retículo de espacio y tiempo (Galison, 2005, pág. 317)

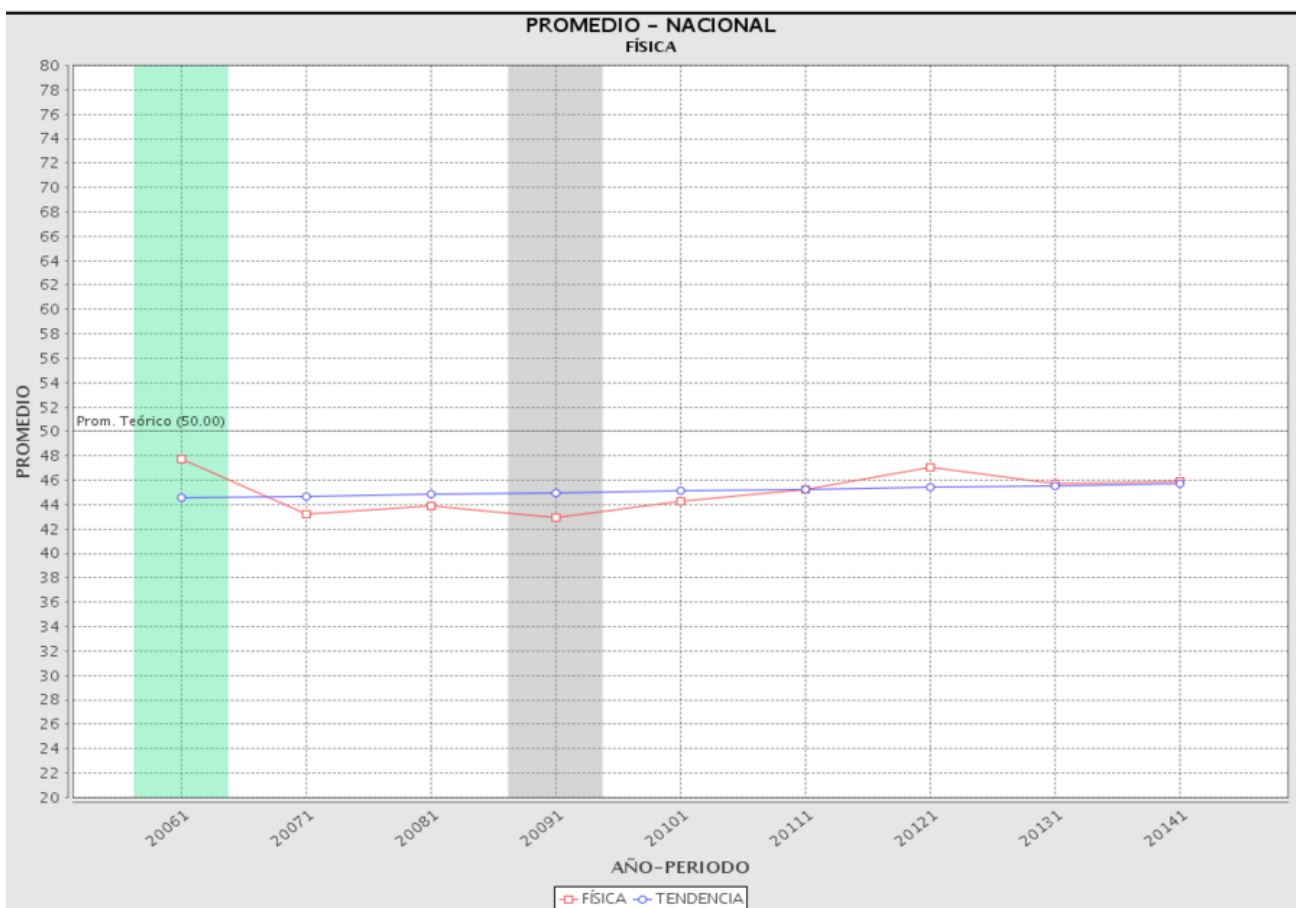
Vale la pena en este punto hacer una reflexión sobre el esfuerzo de algunos estudiantes por llevar los conceptos tratados en clase a una representación gráfica, la idea de unidad entre el espacio y el tiempo llamó mucho la atención, no solo a artistas del siglo XX, sino también a los estudiantes de grado séptimo.

- Dentro de la clase se observó un mayor interés por parte de los estudiantes, con preguntas y situaciones que no eran simples de explicar para ellos como: ¿por qué Alicia se hace pequeña?, ¿se puede viajar en el tiempo? Entre otras. Esto permitió que la clase progresara y que los estudiantes vieran la física interesante y novedosa, (en palabras de Bachelard, descubrieron la ciencia actual y no la de sus abuelos que les aburriría y les parecería tediosa).

- Se evidenció cómo el trabajo con los chicos pone de presente la posibilidad de llevar estos contenidos para que sean apropiados en la educación básica, en contraste con la idea más generalizada de las dificultades que representan estas teorías debido a su edad y a la asumida complejidad que tienen estos conceptos.
- Se responde a los planteamientos que se encontraron en la descripción de la problemática y a la pertinencia de los trabajos que en distintos contextos que vienen concretando experiencias de aula sobre las teorías de la física moderna aplicada a la enseñanza, lo cual es muy pertinente y novedoso en la escuela.
- En concordancia adicionalmente con el trabajo que el mismo Einstein en compañía de otros físicos realizó para hacer posible el acceso de los ciudadanos a la comprensión de la TER, incluso desde muy tempranos años. Confirmando una de las tesis descritas en el trabajo, que la TER debe hacer parte del bagaje cultural de la sociedad.

ANEXOS

Tabla No. 1



ANEXO No. 2

MÓDULO DE ACTIVIDADES

INTRODUCCIÓN

El módulo se diseña como herramienta didáctica para la enseñanza de los conceptos espacio-temporales, desde la teoría especial de la relatividad, se elige este tema ya que como es algo que se encuentre relacionado con el trabajo de grado, se espera obtener algunas reflexiones por parte de los estudiantes sobre la concepción del espacio tiempo que nace con la relatividad

Este documento se divide en dos partes, la primera es la cartilla del docente en la que se encuentra la metodología, y actividades propuestas, por otro lado, la cartilla del estudiante en el que se encuentran las actividades y herramientas de apoyo.

Se debe aclarar que el presente módulo fue realizado en el trabajo de grado del docente en formación, los resultados que se presenten resultantes de un primer análisis y se pretende hacer un análisis más riguroso, pero es la etapa en la que se encuentra el trabajo.

OBJETIVO

- Desarrollar e implementar un módulo que le permita al estudiante un acercamiento al concepto de espacio y de tiempo propuesto en la teoría especial de la relatividad.

CONCEPTOS A TRABAJAR

- Tiempo y espacio
- Teoría Especial de la Relatividad.

METODOLOGÍA DEL DOCENTE

Para el desarrollo de este módulo, se aplicará un aprendizaje significativo, para esto se diseña un cuestionario que permita indagar en las concepciones del estudiante sobre el tema. Luego se procede a realizar actividades que brinden al estudiante la posibilidad de aproximarse a concepciones temporales y espaciales no lineales como las que comúnmente se presentan en el cine y en los libros de “ciencia ficción” pero no en la clase de ciencia.

El objetivo del presente módulo es aproximar a los estudiantes a las concepciones modernas del espacio y del tiempo que se desarrollaron al nacer la teoría de la relatividad. Se debe recalcar en este punto que no se pretende que los estudiantes hagan formulaciones matemáticas, sino evidenciar cuáles son sus ideas sobre el espacio y el tiempo.

ACTIVIDADES PROYECTADAS

Las actividades esbozadas a continuación, son pensadas para desarrollarse con estudiantes de grado séptimo, pero es un material que puede aplicarse a todo tipo de población sin importar su nivel de escolaridad, esto debido a que los conceptos de la relatividad han invadido casi todos los espacios de la cotidianidad de los estudiantes y de nuestras vidas, pero no ha invadido las aulas de clase.

La institución en la cual se realizó la implementación fue el COLEGIO COOPERATIVO TOMAS CIPRIANO DE MOSQUERA, ubicado en el centro de Mosquera Cundinamarca, el grado séptimo tiene en total 13 estudiantes, 2 niñas y 11 niños, los cuáles no han tenido contacto con la física pues en dicha institución el plan de estudios comprende ver estas materias en 10° y 11°, de la llamada media vocacional. Lo anterior puesto que, desde el PEI del colegio, se da énfasis a la biología en grados de básica y física y química en la media.

La primera actividad que se planteó desarrollar, fue un cuestionario que permitiera evidenciar los conocimientos previos de los estudiantes frente a los conceptos de espacio y de tiempo.

La segunda actividad consistió en proyectar la Alicia a través del espejo, texto elegido debido a su contenido crítico frente a los conceptos de espacio y tiempo reinantes en la Europa del siglo XVII, Lewis Carroll, (Carroll, 1994) es el encargado de hacer que a través de una historia infantil los conceptos de base de la física fuesen pensados de nuevo y revisados posteriormente por la comunidad científica culminando con los trabajos de Einstein. Dentro de la película dirigida por: (Bobin & Woolverton, 2016), se desarrolla un concepto espacio temporal relativista, tomado del libro de Carroll, mostrándolo de una manera didáctica que puede aproximar a los estudiantes al concepto que se quiere trabajar.

La tercera actividad fue: Luego de ver la película se pidió a los estudiantes realizar una historieta en la cual se evidencien 8 cuadros (condición de mínima cantidad), en la cual los

cuadros impares estaban dispuestos para realizar una escena real que sucedía en la película y los cuadros pares fueron dispuestos para que el estudiante mostrara su imaginación sin que se perdiese el hilo conductor de la historieta. Haciendo además que ellos inventen un final para la película.

La cuarta actividad fue, realizar una medición con reglas de diferentes longitudes en centímetros, los zapatos y las corbatas midiendo objetos como el puesto, el tablero, la cancha de micro-fútbol del colegio. Al hacerlo el estudiante llegará a un consenso aproximado de medida y de coincidencia, pero ¿qué pasa si se cambia dicha regla por un pedazo de caucho?, ¿se podrá llegar a un consenso sobre la medida?

La quinta actividad es dividir al grupo en dos partes, una se queda en el salón mirando un video y la otra parte sale del colegio y llaman al primer grupo. El primer grupo empieza a ver el video (que para la ocasión es sobre la biodiversidad en Colombia) y al tiempo se describe lo que se vio por su parte en el video.

Problematizar construcción fenomenológica del espacio y del tiempo

Problema de los marcos de referencia

Problema de los observadores

Métrica

RECURSOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

- Material de apoyo (Instrumentos de medición del espacio reglas y cauchos)
- Bibliografía (Einstein, A., & otros. (1993). Grandes obras del pensamiento. En M. Paredes, La teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno (págs. 61-67). Barcelona: Atalaya S. A.)
- Recursos didácticos (película Alicia a través del espejo)

1. Material de apoyo

Dentro del trabajo se resaltó la importancia del cine y la televisión como herramienta para la enseñanza de la física moderna. Se plantea entonces ver la película Alicia a través del espejo, durante la misma se plantean unas preguntas que ayudan a los estudiantes a analizar aspectos del espacio y del tiempo inmersos en la película.

¿Por qué Alicia cambia de tamaño cuando atraviesa el espejo?

¿Qué es el tiempo dentro de la película?

2. Conceptos

Caucho y cuerpos rígidos, para realizar las mediciones de longitudes de diferentes cuerpos.

3. Recursos didácticos

Película de Alicia a través del espejo

Lectura de Einstein

Parte del texto realizado por Lewis Carroll denominado Alicia a través del espejo.

GUÍA DEL ESTUDIANTE

Sesión No 1

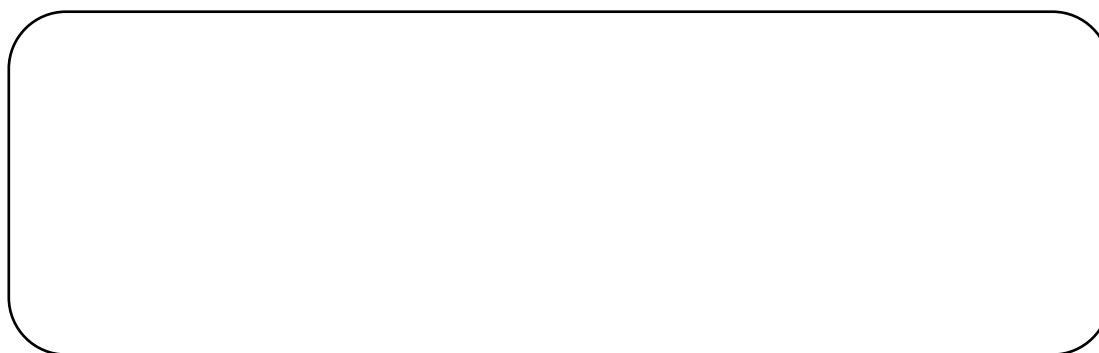
Para usted ¿qué es el tiempo?

Haga una representación del tiempo



Para usted, ¿qué es el espacio?

Haga una representación del espacio.



Sesión No. 2

Ver la película *Alicia a través del espejo*, durante una sesión de clase, la cual es producto del texto realizado por Lewis Carroll.

Sesión No. 3

Luego de ver la película realice una historieta donde plasme cuatro escenas reales de la película en las casillas impares y en los cuadros pares una escena que a su juicio complementaría la historia sin perder el hilo conductor de la historia.

--	--



Sesión No. 4

Se solicita que hagan tres grupos de tres estudiantes y un grupo de cuatro para realizar la medición con diferentes instrumentos de algunos objetos del salón y del colegio.

Y los resultados los consignent en la siguiente tabla.

OBJETOS	MEDIDA

Posteriormente, se hace un experimento mental a los estudiantes que consiste en pensar la siguiente idea, si en vez de una regla o un zapato o la corbata, se utilizara un trozo de caucho para realizar la medición de los objetos, ¿qué pasaría? y se hace un acta con los resultados que se obtienen al consensuar con los estudiantes su opinión.

Sesión No. 5

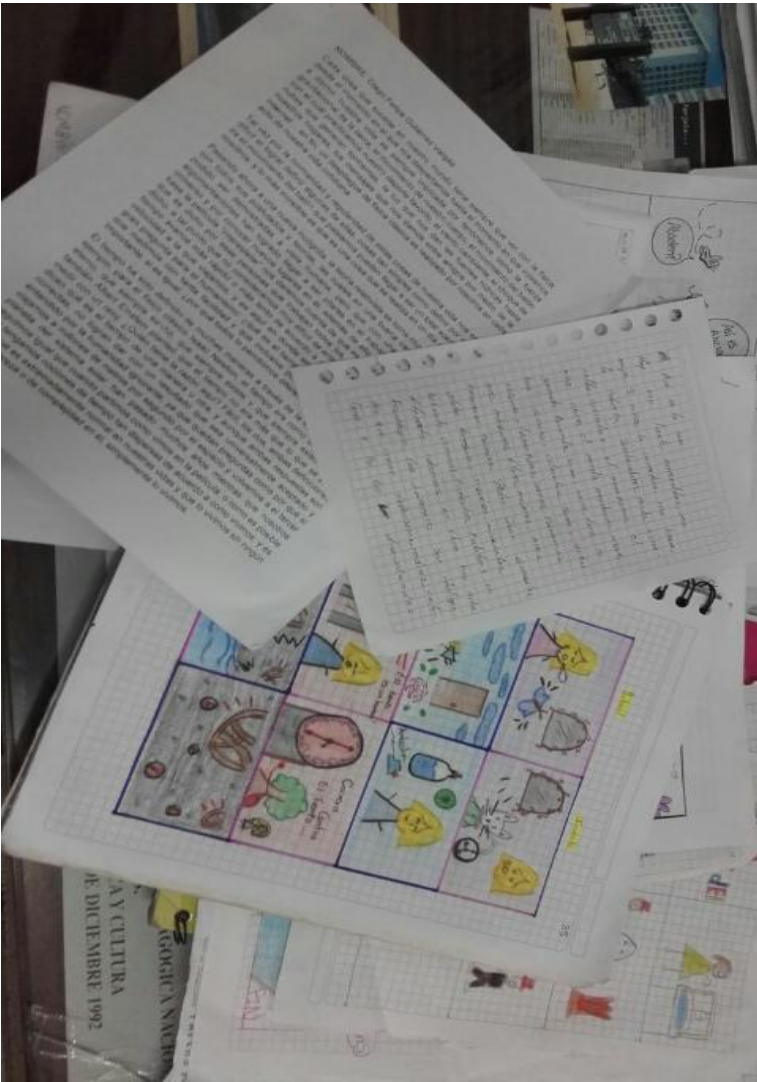
En esta última sesión se quiere ver tus nuevas concepciones o si has reafirmado lo que pensabas al inicio, por favor dínos:

¿Qué es para tí el espacio?

¿Qué es para tí el tiempo?

Evidencias





BIBLIOGRAFÍA

- Alemañ, R., & Perez, J. (2001). UNA NUEVA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD EN EL BACHILLERATO. *Enseñanza de las ciencias*, 335-343.
- Alonso, M., & Soler, V. (2006). LA RELATIVIDAD EN EL BACHILLERATO. UNA PROPUESTA DE UNIDAD DIDÁCTICA. *Enseñanza de las ciencias*, 439-454.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posives*, 19 - 37.
- Ayala, M. M. (3-7 de Julio de 2000). Historia de las ciencias y la formación de profesores. *Historia de las ciencias y formación de profesores de física*. Portalegre, Canela, Brasil.
- Bachelard, G. (1975). *La actividad racionalista de la física contemporánea*. Buenos aires : Siglo veinte.
- Bachelard, G. (1980). El compromiso racionalista. En G. Bachelard, *El compromiso racionalista* (págs. 113-129). Cerro del agua México.: Siglo veintiuno editores S. A.
- Bachelard, Gaston. (1978). *El racionalismo aplicado*. Buenos Aires: PAIDOS.
- Bachelard, Gaston. (1981). El nuevo espíritu científico. En G. Bachelard, *El nuevo espíritu científico* (págs. 43-57). Distrito Federal: Nueva imagen S. A.
- Ben-dov, Y. (1999). *Invitación a la física*. Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Bernstein, B., & Diaz, M. (1984). Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional:
http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/15_08ens.pdf
- Bobin, J., & Woolverton, L. (Dirección). (2016). *Alicia a través del espejo* [Película].
- Bunge, M. (1983). Controversias en física. En M. Bunge, *Controversias en física* (págs. 11-83). Madrid : Tecnos S. A.
- Carroll, L. (1994). *A través del espejo y lo que Alicia encontró al otro lado*. Madrid: Alianza editorial S. A.
- Colegio Cooperativo Tomas Cipriano de Mosquera. (2008). P.E.I. En C. C. Mosquera, *P.E.I.* (pág. 80). Mosquera: Doc. Institucional.
- Concari, S. (2001). LAS TEORÍAS Y MODELOS EN LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA: IMPLICANCIAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *Ciencia & Educación*, 85-94.

- Corte Constitucional. (Enero de 2015). *Corte Constitucional*. Obtenido de Corte Constitucional.gov.co:
<http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>
- Einstein, A. (1980). El significado de la relatividad. En A. Einstein, *El significado de la relatividad* (págs. 9-45). Madrid: Espasa calpe S. A.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1939). La física aventura del pensamiento. En A. Einstein, & L. Infeld, *La física aventura del pensamiento* (págs. 185-250). Buenos Aires: Losada S. A.
- Einstein, A., & otros. (1993). Grandes obras del pensamiento. En M. Paredes, *La teoría de la relatividad: Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* (págs. 61-67). Barcelona: Atalaya S. A.
- Feynman, R. (2014). Seis piezas fáciles. La física aplicada por un genio. En R. Feynman, *Seis piezas fáciles. La física aplicada por un genio* (págs. 33-34). Barcelona: Crítica S. L.
- Figuerola, A., & Orjuela, J. (20 de Mayo de 2015). *Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD:
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2177>
- Galison, P. (2005). Relojes de Einstein, mapas de Poincaré. En P. Galison, *Relojes de Einstein, mapas de Poincaré* (págs. 19-20). Barcelona: Crítica.
- González, J. (Noviembre de 1997). Las relaciones entre la física y la filosofía en los conceptos de espacio y tiempo y sus implicaciones pedagógicas. *Las relaciones entre la física y la filosofía en los conceptos de espacio y tiempo y sus implicaciones pedagógicas*. Bogotá D. C., Colombia.
- Granés, J., & Caicedo, L. (s.f.). Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional:
http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce34_06expe.pdf
- Guerrero, G. (2006). EINSTEIN Y LA REALIDAD DEL ESPACIO: REALISMO Y CONVENCIONALISMO. *Praxis filosófica*, 131-151.
- Hoffmann, B. (1985). La relatividad y sus orígenes. En B. Hoffmann, *La relatividad y sus orígenes* (págs. 90-110). Barcelona: Labor S. A. .
- Jaramillo, J., Arroyave, E., Higuera, D., & Lopez, S. (2012). UNA APROXIMACIÓN AL DESPERTAR DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. *Asociación Colombiana para la investigación en educación en ciencia y tecnología.*, 426-443.
- Lineamientos curriculares*. (1998). Santa fé de Bogotá: Ministerio de educación nacional.
- Martinez-Chavanz, R. (2006). Einstein y su recepción en Colombia. *Praxis Filosófica*, 29-112.
- MEN, M. d. (20 de Septiembre de 2006). *Ministerio de educación nacional*. Bogotá: Ministerio de educación nacional. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-340021.html>

- Murphy, J., Zitzewitz, P., & Hollon, J. (1989). *Física: una ciencia para todos*. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company .
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *2º congreso sobre formación de profesores de ciencias*, (págs. 1 - 13). Bogotá.
- Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *2º Congreso de formación de profesores de ciencia.*, (págs. 1-13). Bogotá.
- Ostermann, F., & Moreira, M. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 391 - 404.
- Palacios, S. (2006). *el cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula* .
- Perez, H., & Solbes, J. (2003). Algunos problemas de la enseñanza de la relatividad. *Enseñanza de las ciencias.*, 135-146.
- Perez, H., & Solbes, J. (2006). IMPLICACIONES DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE ALGUNOS CONCEPTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA RELATIVIDAD . *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación científica*, 409-431.
- Pérez, H., & Solbes, J. (2006). Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las ciencias* , 269-284.
- Quirantes, A. (2011). Física de Película: una herramienta docente para la enseñanza de Física universitaria usando fragmentos de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 334-340.
- Ramirez, R., & Mauricio, V. (1989). *Investiguemos 11*. Bogotá D. C.: Voluntad S. A.
- Romero, O., & Bautista, M. (2011). *Hipertexto física 2*. Bogotá D. C.: Santillana S. A.
- Romero, Olga. (Junio de 1993). Algunos elementos epistemológicos para la enseñanza de la teoría especial de la relatividad. *Algunos elementos epistemológicos para la enseñanza de la teoría especial de la relatividad*. Bogotá D. C., Colombia.
- Stewart, I. (2013). 17 ecuaciones que cambiaron el mundo. En I. Stewart, *17 ecuaciones que cambiaron el mundo* (págs. 278-279). Barcelona: Crítica S. L.
- Valero, M. (1996). *Física fundamental 2*. Bogotá D. C.: Norma.
- Velarde, A. (2002). Relatividad y el Espacio-Tiempo: Una introducción para estudiantes de colegio. *Revista brasilera de enseñanza de física*, 262-277.

