



Enseñanza de la Mecánica con enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad utilizando los Accidentes de Tránsito

Teaching of Mechanics with a focus on Science, Technology and Society using Traffic Accidents

Alejandro Bolívar Suarez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Alejandro.bolivar@uptc.edu.co

Nidia Yaneth Torres Merchan

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Nidia.merchan@uptc.edu.co

Jordi Solbes Matarredona

Universidad de Valencia
jordi.solbes@uv.es

Resumo:

Tendo em conta o desinteresse dos alunos do ensino médio e universitário em relação à física, esta comunicação propõe uma forma de ensino, baseada na abordagem, ciência, tecnologia e sociedade (STC) desenvolvida a partir da interação disciplinar do física com ciência forense. Com base no exposto, foi projetada uma unidade didática que articula conceitos físicos a elementos contextuais de acidentes de trânsito. Isso é aplicado a dois grupos de estudantes de programas de treinamento de professores em ciências naturais e matemática. Para avaliá-lo, é utilizado um design pré-pós. Na comparação desses dois testes, importantes contribuições são encontradas na compreensão dos fenômenos mecânicos nos dois grupos. Verifica-se que o uso de problemas reais de contexto, da física forense, abre espaço para o confronto entre paradigmas e visões de mundo científicas, com o desenvolvimento tecnológico e seu impacto social.

Palavras-chave: acidentes de trânsito; educação em CTS; física forense.

Abstract:

Taking into account the disinterest of the students in secondary and university education towards physics, this communication proposes a teaching form, based on the approach, science, technology and society (STS) that develops from the disciplinary interaction of the physics with forensic science. Based on the above, a didactic unit was designed that articulates physical concepts to contextual elements of traffic accidents. This is applied to two groups of students from teacher training programs in Natural Sciences and Mathematics. To evaluate it, a pre-post design is used. In the comparison of these two tests, important contributions are found in understanding the mechanical phenomena in the two groups. It is verified that the use of real context problems, from



forensic physics, it opens a space for confrontation between paradigms and scientific worldviews, with technological development and its social impact.

Keywords: traffic accidents, CTS education, forensic physics.

Resumen:

Teniendo en cuenta el desinterés del alumnado en la educación secundaria y universitaria hacia la física, esta comunicación propone una forma de enseñanza, con fundamentación en el enfoque, ciencia, tecnología y sociedad (CTS) que se desarrolla a partir de la interacción disciplinar de la física con las ciencias forenses. Con base en lo anterior, se diseñó una unidad didáctica que articula los conceptos físicos a elementos contextuales de los accidentes de tránsito. Esta se aplica en dos grupos de estudiantes de programas de formación docente en Ciencias Naturales y Matemáticas. Para evaluarla, se utiliza un diseño pre-post. En la comparación de estos dos test se encuentran aportes importantes en la comprensión de los fenómenos mecánicos en los dos grupos. Se comprueba que el uso de problemas del contexto real, desde la física forense, abre un espacio de confrontación entre los paradigmas y visiones científicas del mundo, con el desarrollo tecnológico y su impacto social.

Palabras clave: accidentes de tránsito, educación en CTS, física forense.

Introducción

La física es parte de la vida cotidiana, es una ciencia utilizada en todos los procesos tecnológicos, y juega un rol fundamental en la formación de ciudadanos. Sin embargo, existen muchas dificultades en su enseñanza; por ejemplo, Stewart, Griffin y Stewart, (2007, p. 18) indican que los conceptos erróneos están presentes en el área, producto de métodos de enseñanza descontextualizados, abstractos y enciclopedistas. También, Bigozzi, Tarchi, Falsini y Fiorentini (2014, p. 2228) señalan que aun hoy en día prevalece la idea de una física, objetiva y difícil. Estas metodologías han demostrado ser menos efectivas que la investigación práctica y métodos interactivos de enseñanza-aprendizaje (Zohar y Sela 2003; Coletta y Phillips, 2005) en las escuelas secundarias, pese a esto se sigue confiando en esta manera de enseñar el conocimiento científico que está basada en métodos instruccionales.

Solbes y Traver (2001, p. 107) y Londoño, Solbes y Guisasola (2009, p. 88) mencionan que en el sistema educativo a nivel mundial existen actitudes negativas hacia las ciencias, debido a que estudios realizados en países como Inglaterra, Holanda, Francia, Estados Unidos y España muestran la disminución del número de estudiantes de la Educación secundaria que escogen física y química, en comparación a otras áreas como la biología, indicando la necesidad de plantear y desarrollar estrategias que permitan el cambio de actitud en los estudiantes hacia esta área.

En función a lo anterior, se presentan las cuestiones relativas que dieron lugar a esta investigación, es decir el uso de la física forense en la enseñanza de la mecánica para mejorar la apropiación conceptual de la física en estudiantes de dos cursos de física de nivel universitario, para licenciatura en ciencias naturales y para licenciatura en matemáticas. Se partió de la premisa que el uso de la física forense puede aumentar el nivel de adherencia en los contextos reales hacia procesos de comprensión de la Física, por incluir un alto componente de motivación, tanto para los profesores como para los estudiantes, de manera que les permite asumir diferentes roles tales



como peritos, jueces, entre otros, que les facilite analizar situaciones referentes a los accidentes de tránsito, aspecto que puede motivar su aprendizaje.

Todo esto se realiza mediante la implementación de aspectos que se consideran relevantes para la enseñanza de la física, tales como la naturaleza de la ciencia, la secuenciación de contenidos de acuerdo al desarrollo cognitivo de los estudiantes, la introducción del enfoque CTS, el trabajo práctico experimental, el uso de discusiones reflexivas, como mecanismo para mejorar aspectos de la argumentación científica; lo anterior, con la intención de situar el aprendizaje en contextos reales para los estudiantes. Así se plantea una unidad didáctica (UD), que integra diferentes instrumentos, como simuladores, lecturas, estudios de casos reales de accidentes de tránsito e investigación en campo, y otros.

Contextualización teórica

La educación en ciencias tiene como propósito la formación de seres humanos capaces de pensar de manera autónoma y actuar de manera propositiva y responsable en los diferentes contextos en que se encuentran. Es por esto que se proponen metas de formación en ciencias a nivel mundial y nacional que orienten dicho proceso. La física en la educación secundaria en Colombia es orientada teniendo en cuenta los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y actualmente los Derechos Básicos de aprendizaje (DBA), elaborados por el Ministerio de Educación Nacional, que son abordados en la educación primaria de manera conjunta: física, biología y química, pero que en la educación secundaria y media esta área se trabaja de forma independiente, al menos en la mayoría de instituciones del país.

Según los estándares del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, en los grados décimo y undécimo, se estudia la Mecánica de una partícula, haciendo énfasis en los aspectos cinemáticos, dinámicos y estáticos; al igual que los principios de la conservación de la energía en campos conservativos y no conservativos, cuyas acciones de pensamiento se muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Acciones de Pensamiento MEN Tomado de Ministerio de Educación Nacional (2004)

GRADO	ACCIONES DE PENSAMIENTO
DÉCIMO Y ONCE	<ul style="list-style-type: none">- Establezco relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y establezco condiciones para conservar la energía mecánica.- Modelo matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.- Explico la transformación de energía mecánica en energía térmica.- Establezco relaciones entre estabilidad y centro de masa de un objeto.- Establezco relaciones entre la conservación del momento lineal y el impulso en sistemas de objetos.- Explico el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo.- Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos.- Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal.



De acuerdo con esto los licenciados en ciencias naturales y los licenciados en matemáticas deben asumir estos retos y es necesario incentivar nuevos modos de aprendizaje y de enseñanza que posibiliten seguir avanzando en esos propósitos, esto se sustenta también en el hecho de que la física no se puede sustituir, debido a que es una ciencia básica en el progreso de una sociedad, es el caso de su incursión en la tecnología que implica el uso de principios y leyes, en muchas de las ocasiones de lo general hasta lo más abstracto. Por esto, se hace imprescindible el desarrollo de habilidades de pensamiento desde aspectos contextuales como el enfoque CTS que involucren procesos como el análisis y la medición de información (Holuboya, 2008, p. 96).

Se debe entonces tener en cuenta que algunas Investigaciones señalan que el uso de métodos y técnicas tradicionales en los cursos de física no tienen efectos muy positivos en el aprendizaje (Baş, 2010 y Schaal, 2010). En los cursos de física con enfoque tradicional los estudiantes no se dan cuenta de la relación que debe existir entre el sujeto y la vida real dando origen a la descontextualización del conocimiento (Baran y Maskan, 2010, p. 58).

A partir de lo anterior se han propuesto diferentes estrategias en la enseñanza de la física cuyos resultados de aplicación visualizan ciertos puntos a tener en cuenta. A modo de ejemplo, tenemos a Becerra, Gras y Martínez (2004, p. 281), quienes resaltan la aspiración actual de la educación científica de enseñar a las personas cómo enfrentarse a problemas, de desarrollar destrezas de alto nivel intelectual. Sin embargo, el fracaso generalizado de los alumnos en esta actividad requiere poner en cuestión si, de verdad, se les está enseñando a resolver problemas. El análisis realizado de textos y profesores pone en evidencia que no se les enseña a resolver problemas, sino que se les explican soluciones ya hechas, transmitiendo serias deficiencias actitudinales y metodológicas que hacen enormemente difícil que puedan tener éxito ante nuevos problemas.

Benegas (2007, p. 36), hace referencia a dos experiencias locales de aplicación y desarrollo de metodologías de enseñanza activa en cursos de física del 11° año. La metodología de aprendizaje activo utilizada en ambos casos es Tutoriales para Física Introductoria, desarrollado por Lillian McDermott y su Physics Education Group en la Universidad de Washington en Seattle, USA. Esta metodología, está basada en un extenso trabajo desarrollado en las últimas dos décadas sobre las dificultades características de aprendizaje de los diversos temas de la física general y el consecuente desarrollo de actividades (Tutoriales). La evaluación de esta investigación se realizó mediante la aplicación de diagnósticos de respuestas múltiples al inicio (pre-test) y al final de la instrucción (post-test). Este procedimiento permite valorar el efecto del uso de Tutoriales, y su comparación con el resultado de otras estrategias didácticas, tanto locales como aquellas realizadas en otros sistemas educativos.

Córdova (2011, p. 23) por su parte propone, un modelo de Enseñanza de la Física Basada en el Aprendizaje Significativo (EFBAS), ambientado en Blended Learning, con apoyo del trabajo cooperativo, para favorecer la sociabilización y el grado de aceptación del modelo, y cuyo fin es mejorar el rendimiento académico y promover el aprendizaje significativo en los estudiantes. Los resultados de la investigación aseguran que la propuesta de enseñanza EFBAS mejora en forma importante los rendimientos académicos.

De igual manera, Cera (2017, p. 31) realiza un trabajo orientado en la modelización como metodología de enseñanza de la Física; para llevar a cabo dicha metodología, se hace uso de modelos



físicos estructurados y aplicados en la investigación de accidentes de tránsito, específicamente asociados al principio del trabajo y la energía cinética.

Si bien son muchas las estrategias planteadas para la física, es posible que no todas las estrategias funcionen de la misma forma en todos los temas de física por lo que es necesario revisar particularmente lo planteado para la mecánica que tiene un campo de aplicación amplio, sin embargo, parece que hace falta explotarlo a favor del diseño e implementación de estrategias didácticas que den respuesta a uno de los grandes dilemas que se ha colocado al descubierto en la literatura, la descontextualización de los temas de la física. Al respecto, autores como Lowe (1975, p. 25) han utilizado como estrategia los estudios de casos para la enseñanza de principios de la física, en un curso de introducción a los materiales, donde es tenida en cuenta la opinión de los estudiantes con respecto al método empleado.

El uso de estrategias para la enseñanza de la física y el cambio de actitud en esta área influye en la motivación de los estudiantes para su estudio. Es así como lo muestra una investigación realizada en Turquía, donde se utilizan diagramas para el aprendizaje de las leyes de Newton, se evidencia la importancia de que el docente tenga los conocimientos suficientes para adaptar lo que sabe a un método de enseñanza, de tal manera que los estudiantes usen el enfoque constructivista para ser capaces de resolver problemas y de descubrir nuevas cosas (Said, 2012, p. 759). De esta manera se puede generar en los estudiantes el desarrollo de competencias asociadas al potencial formativo de las ciencias: capacidad crítica, reflexiva y analítica, conocimientos técnicos y habilidades (Hernández, citado en Castro y Ramírez, 2013). De la concepción de competencia científica es importante resaltar la importancia de los conocimientos, habilidades y valores, evidenciada en las dimensiones del saber conocer, saber hacer y saber ser, tal como lo señala D'Amore (2008, p. 241), Escobedo (2001, p. 33) y Castro y Ramírez (2013, p. 45); que le faciliten al estudiante desenvolverse en un mundo dominado por la ciencia en diversos campos.

Otros autores como Benítez y Mora (2010, p. 177), proponen la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Activo de la Física (AAF), la cual se basa en las ideas previas de los estudiantes sobre diversos fenómenos físicos. Seguidamente se pidió a los estudiantes en este caso de ingeniería, plantear hipótesis, observar y discutir a fin de llegar a concluir y solucionar dichas situaciones. Para ello, se aplican los criterios de la Investigación Educativa de la física a fin de elaborar materiales de aprendizaje para la enseñanza de la cinemática, basados en este tipo de aprendizaje. Dicho estudio concluye que los estudiantes adquieren una mayor comprensión y habilidad en la adquisición de conocimientos utilizando dicha estrategia.

Por otra parte, Sánchez, Moreira y Caballero (2009, p. 31) señalan que el diseño y aplicación de una propuesta metodológica activa, basada en la resolución de problemas, en la promoción de un aprendizaje significativo en temas de la cinemática en los estudiantes de ingeniería de la Universidad del Bío-Bío de Chile, permiten una mayor comprensión de conceptos, procedimientos, actitudes, principios y leyes que se abarcan en la Física I. Otra propuesta a considerar es la de Arroyo (2012, p. 16) en su tesis de maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales de la Universidad Nacional de Colombia, plantea el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos de trabajo y energía, que permitió a los estudiantes de grado once, que conformaron la muestra del estudio, una comprensión y adquisición de conocimientos de una manera diferente y más sencilla de dichos con-



ceptos. Por su parte Gómez (2011, p. 54) plantea otra alternativa para la comprensión de conceptos de mecánica, desde la perspectiva vectorial. Para ello se vale de la experiencia cotidiana, donde el desarrollo de las actividades de manera grupal y práctica facilita el desempeño de los estudiantes.

De manera análoga, Torres (2013, p. 63) en su trabajo de maestría de la Universidad Nacional de Colombia, señala como la falta de claridad que muestran los estudiantes sobre diferentes conceptos de cinemática se puede mitigar mediante el diseño de estrategias que faciliten su aprendizaje. Uno de estas, es el uso del aprendizaje significativo, basado en la solución de problemas y en el uso de applets (subprogramas interactivos online, usados como programas de simulación), mostrando así mejores resultados en la apropiación de conocimientos por parte de los estudiantes.

Teniendo en cuenta el diagnóstico realizado a la situación de enseñanza de las ciencias en especial de la física en la actualidad, se evidencia que es necesario buscar alternativas que permitan mejorar los procesos de enseñanza, del aprendizaje y de la evaluación, innovando, actualizando y contextualizando estos procesos, para ello es necesario fijar la atención sobre el enfoque CTS ya que el avance de la sociedad en temas específicos como la ciencia y la tecnología, representado en el desarrollo de estos en múltiples campos, supone el enfoque de la educación científica hacia la alfabetización en ciencia y tecnología, la comprensión pública de la ciencia, la ciencia para todas las personas y la cultura científica y tecnológica (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003, p. 93) dicho enfoque ha representado diversas innovaciones en los currículos y en las estrategias de enseñanza de áreas como las ciencias.

Algunos autores afirman que el propósito de la educación CTS es promover la alfabetización en ciencia y tecnología, buscando capacitar a los ciudadanos para que realicen una participación efectiva y con conocimiento de causa en el proceso democrático que involucra la toma de decisiones, con el fin de favorecer la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en la sociedad (Membiela, 2002, p. 160), teniendo en cuenta lo anterior se involucró el componente CTS en la escuela, tomándolo como un enfoque fundamental para manejar los conocimientos científicos y tecnológicos que le permitan al ser humano responder a las necesidades del medio además de la contextualización de la enseñanza y en especial de las ciencias en el aula.

Es por esto que adquirir, analizar y reflexionar conocimientos relacionados a CTS es una necesidad para convivir armoniosamente con la ciencia y la tecnología, ya que permiten comprender y asimilar aspectos que facilitan el desarrollo de ideas críticas que facultan la toma de decisiones correctas, considerando que dicha temática se encuentra planteada en tres campos muy importantes de la sociedad: investigativo, político y educativo, además de ser analizada e interpretada de manera interdisciplinaria, lo cual la hace sumamente imprescindible para este caso en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Osorio, 2002, p. 73).

Este enfoque relaciona de forma natural un contexto regular que se presenta en todos los países como lo son las conductas delictivas, las cuales se estudian mediante las ciencias forenses, que al ser abordadas en el contexto escolar pueden representar la ampliación de actividades que son ofrecidas por la enseñanza formal, además de la estimulación de la curiosidad y la creatividad, que incluso puede influir en la escogencia de carreras científicas y tecnológicas por parte de los jóvenes (Sebastinay, Pizzato, Diehl y Salgado, 2013, p. 482).

Haciendo un rastreo acerca de los temas relacionados a la física forense, vinculados con la enseñanza de temas de la física mecánica se encuentra siguiente:



Martínez (2008, p. 2), en su guía, ofrece ideas que se pueden llegar a aplicar en las clases, con el fin de contextualizar los contenidos de la física que no se encuentran dentro del aula de clase. Para ello, se analizan casos de la vida real donde el uso de principios y conceptos físicos permiten el esclarecimiento de los sucesos implicados en un accidente de tránsito.

Otro de los acercamientos que se ha hecho a la física forense con el fin de introducirla en el campo de la educación, es el estudio realizado por Guidugli, Fernández y Benegas (2004, p. 468) en Argentina, donde se propuso la aplicación de metodologías de enseñanza activa, para el aprendizaje conceptual de la cinemática. La instrucción se realiza a partir de situaciones que se enmarcan en temas como la seguridad vial, para lo cual se propusieron diversos escenarios reales e imaginarios donde se analizaban diversas variables, además de considerar el aspecto social, teniendo en cuenta que en dicho país la tasa de accidentalidad es muy alta.

Es así como la física forense es una herramienta con gran valor pedagógico y didáctico, teniendo en cuenta que posee una variedad de temas que se pueden utilizar en las clases, aplicando los principios y leyes de la física mecánica, que permiten esclarecer los fenómenos que tienen lugar en un accidente de tránsito como lo afirma Martínez (1999, p. 16), herramientas que pueden dinamizar el proceso de enseñanza y del aprendizaje de los estudiantes, haciéndolo más ameno y contextualizado.

La física forense es un área de interés público, debido a su imprescindible labor aportando desde las investigaciones de carácter científico con la ayuda de múltiples especialidades como lo son la balística, documentología, explosivos, entre otras, aporta bases científicas útiles en la determinación y esclarecimiento de hechos delictivos, especialmente en el campo de los accidentes de tránsito en los cuales se busca el resarcimiento económico, causado por daños materiales dentro de un proceso civil o la determinación de culpabilidades dentro de procesos penales, otorgándole a la justicia el poder para realizar el juzgamiento respectivo dentro de un proceso penal (Gómez y Parada, 2017, p. 21). La gran motivación del público por el material audiovisual producido con estas temáticas es otra herramienta que puede ser de gran utilidad en la enseñanza. Juegos, documentales, programas de televisión, películas, entre otros materiales, pueden ayudar a incentivar el estudio de las ciencias desde otra perspectiva, contextualizada, aplicada a los fenómenos cotidianos y que llame la atención de los educandos (Gómez y Parada, 2017, p. 23).

Por su parte los accidentes de tránsito involucran aspectos de la mecánica clásica que se encarga del estudio del movimiento de los cuerpos como es el movimiento de un vehículo. La mecánica clásica, se subdivide en tres ramas, la Cinemática que estudia el movimiento sin tener en cuenta las causas que producen el movimiento; la Dinámica que tiene en cuenta las causas que lo producen y la Estática que se encarga de estudiar las condiciones de equilibrio. La comprensión de estas tres ramas, la recolección correcta de datos de un accidente de tránsito y la habilidad teórica experimental del perito físico, son vitales para establecer las posibles causas de un accidente de tránsito.

Metodología

El estudio se realizó en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, con estudiantes de licenciaturas de formación docente en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (n=18) y licenciatura en Matemáticas (n=23).



Esta investigación se desarrolló desde un enfoque mixto, por un lado, para describir las interpretaciones generadas por los estudiantes desde el uso de una UD y para valorar el efecto de la intervención en un post test, que presentamos en la figura 1.




En una 2ª fase, se diseñó y ejecutó la unidad didáctica denominada: curso de peritos físicos para aprender mecánica, con un diseño fundamentado en la física de los accidentes de tránsito, que relaciona y aplica conceptos físicos como la cinemática, sistemas de referencia (SR), desplazamientos, velocidades, aceleraciones la dinámica en aspectos como las leyes de Newton, trabajo y energía, transformación de la energía, colisiones entre otros temas. Presentamos a continuación alguna de las actividades realizadas.

En la 3ª fase, se evaluó la efectividad del instrumento diseñado mediante un post-test de conceptos.

LA FÍSICA PARA ANALIZAR LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.

Los accidentes de tránsito son definidos como eventos involuntarios generados por al menos un vehículo en movimiento que puede causar daños a personas, bienes y afecta la circulación de los vehículos que transitan por la vía, sus causas varían entre factores humanos, infraestructura vial, y factor vehículo. En la investigación de un accidente el rol del perito desde la disciplina de la Física, es muy importante porque permite esclarecer las posibles causas que llevaron a que sucediera un accidente y así también poderlo prevenir. En estos casos la prueba científica juega un papel importante en la decisión que toman los jueces, puesto que, de un buen análisis, recolección de evidencias y aplicación de la física, depende que se pueda llegar a resultados bastante cercanos a lo sucedido. A continuación, se presenta un caso en el que debes simular ser un perito de tránsito con conocimientos de Física: El 16 de Julio del Año 2010, ocurrió un accidente de tránsito con daños materiales entre dos automóviles en la intersección de calles J.B. Alberdi y Tucumán del centro de la capital Salteña (ARGENTINA). Los dos vehículos se desplazaban en diferentes sentidos y colisionan en la intersección. (Ver fotografías)

Nota: ese día comenzó una nevada atípica que ocurrió ese año en la capital y que se extendió por tres días en total.



Tomado de: <http://www.taringa.net/posts/imagenes/13935303/Accidentes-de-Trnsito-Concepto-e-imagenes-tomadas-por-mi.html>

A partir del caso planteado anteriormente responda:

1. ¿Qué conceptos de la cinemática y la dinámica aplicarías para investigar este accidente?
2. ¿Qué influencia tiene el estado de la vía en este accidente? Justifica tu respuesta
3. Los daños ocasionados en los vehículos producto de la colisión tienen que ver con conceptos como la energía, si _____ no _____ justifica tu respuesta.
4. Explica físicamente como frena un vehículo.
5. ¿Cuándo caminas por la calle y vas a cruzar la vía que conceptos de la mecánica aplicarías para hacerlo de manera segura?

Figura 1: test de conceptos que relaciona un caso de accidente de tránsito y los conceptos físicos aplicados en la solución del mismo



ELEMENTOS GENERALES DEL CASO:

Clase: Choque con vehículo
Lugar: Variante Tunja-Sogamoso, kilómetro 7 +100 m
Fecha: 05/23/2013
Hora de ocurrencia: 15:30

Hora de levantamiento: 15:42
Área: Urbana
Diseño: Tramo de vía
Tiempo: Normal

- ✓ ¿En el caso anterior como se pueden determinar los coeficientes de fricción de cada uno de los vehículos?
- ✓ ¿Qué fuerzas intervienen en la frenada de los vehículos del caso anterior?
- ✓ ¿El sistema de frenos de cada uno de los vehículos del caso anterior, influye sí o no en la frenada del automóvil, justifica la respuesta.

Características de la vía (tomado del informe de accidente de tránsito y fotografía 1)

Hace parte de la Concesión Briceño-Tunja-Sogamoso (BTS), un megaproyecto que une la zona industrial de Boyacá con Bogotá y que reduce ostensiblemente los tiempos de desplazamiento. Consta de 176 kilómetros, de los cuales, 163 son en doble calzada. En los 13 restantes se ampliará las vías actuales en las entradas a Sogamoso por Nobsa y Tibasosa. En el sector donde sucedió el accidente de tránsito variante Tunja-Sogamoso, kilómetro 7 +100, corresponde a un tramo Recto en doble calzada de dos carriles en ambos sentidos divididos por un separador central, con líneas de borde y carril marcadas, que según el informe de tránsito la vía es asfaltada en buen estado y el día del accidente con tiempo seco. Excelente condiciones de visibilidad para la conducción.

Figura 2: Ejemplo de la misión 8, abordaje de un accidente de tránsito desde conceptos como coeficientes de fricción, fuerzas de frenado y la tecnología en seguridad de los vehículos

Resultados

La unidad didáctica integró temas básicos de la física clásica o Newtoniana, que van desde los sistemas de referencia, el uso de cantidades vectoriales y escalares, las leyes de Newton y la conservación de la energía; estos temas fueron mediados por actividades prácticas con simuladores, revisiones bibliográficas acerca de la evolución de la seguridad y el diseño de vehículos y vías, integración de actitudes éticas, frente a la conducción de vehículos y motocicletas, algunos análisis legales y jurídicos sobre el tema, así como la reconstrucción, análisis y planteamiento de hipótesis frente a casos reales de accidentes de tránsito.

La intervención con dicha unidad didáctica facilitó la comprensión de los conceptos de mecánica. Los resultados de las tablas 1 y 2, evidencian que los futuros profesores, de ciencias naturales y de matemáticas mejoran significativamente sus resultados, con un tamaño del efecto grande en el primer caso y medio en el segundo.

Tabla 3. Resultados de la prueba de Wilcoxon y tamaño del efecto para el grupo de Lic. en Ciencias Naturales (* Diferencias Significativas)

Pre-test		Post-test		Sig. asint. bl.	Tamaño efecto	
Media	D.E.	Media	D.E.		R	Interpretación
18,17	1,618	25,67	1,495	0,000*	0,62	Grande

Tabla 2. Resultados de la prueba de Wilcoxon y tamaño del efecto para el grupo de Lic. en Matemáticas (* Diferencias Significativas)

Pre-test		Post-test		Sig. Asint.bl.	Tamaño efecto	
Media	D.E.	Media	D.E.		R	Interpretación
19,87	2,322	22,87	3,817	0,002*	0,45	Medio



Cualitativamente se observa que, a medida que se avanzó en el desarrollo de la unidad didáctica, los estudiantes de matemática fortalecieron conceptos, pues en las misiones iniciales solían ser más pragmáticos en la solución de problemas de índole matemática, sin tener claridad sobre el contexto de la situación. Para el grupo de Ciencias Naturales se dio un efecto contrario pues comprendían muy rápido los conceptos, pero tenían dificultades para la aplicación de los modelos matemáticos, estas debilidades se fueron fortaleciendo mediante los casos y estudios de campo.

A manera de ejemplo se muestra el ítem ¿Qué influencia tiene el estado de la vía en este accidente?, en respuesta a esto los estudiantes de licenciatura en matemáticas que inicialmente postulaban generalidades como los malos estados de las vías en el país, pasaron a vincular conceptos como el peraltaje, la fricción y la transferencia de energía entre la vía y los vehículos, explicando de forma más conceptual el fenómeno e incluso proponiendo modelismos de análisis ante situaciones de accidentes de tránsito particulares.

En el caso de los estudiantes del curso de mecánica de la licenciatura en ciencias naturales, en función al mismo ítem, en el pretest se acercaron al concepto desde la explicación cualitativa del suceso, sin vincular los conceptos como tal, sugirieron que una vía húmeda podría ser más resbaladiza y por tanto se tendría menor control del vehículo, esto fue una potencialidad didáctica en términos de conocimientos previos, ya que con las misiones se dio el acercamiento a los conceptos y modelismos matemáticos que explican en forma más exacta la influencia de la vía en los accidentes de tránsito y llegaron en su mayoría al análisis matemático que logró el grupo anterior, para los diferentes casos específicos propuestos en la unidad.

Por otra parte, se debe resaltar la inclusión de aspectos del modelo CTS, que tienen que ver con la ética en términos de responsabilidad a la hora de conducir un vehículo, con el establecimiento de leyes y acuerdos en las sociedades para dar soluciones a problemas que como este conciernen a la salud pública.

Así mismo, el uso de accidentes de tránsito desde la perspectiva de la física forense permitió, que los estudiantes asumieran diferentes roles en la investigación, considerando no solo las posibilidades con mayor evidencia, sino posturas alternativas frente al sistema de frenado de los vehículos, factores como la vía, las condiciones físicas y psicológicas de los implicados en el accidente, la relación con el código de tránsito y transporte colombiano.

Dichas situaciones reales permiten la aplicación del modelismo matemático para hallar los coeficientes de fricción, dependientes del material de la vía y las llantas. Esto permitió a los estudiantes indagar acerca de otros materiales de fabricación de las llantas que ofrecerían mayor fijación con el suelo y se discutió sobre los efectos que esos materiales tendrían en la velocidad, aceleración y demás características que apreciaría un hipotético comprador de vehículos.

Conclusiones

El uso de la física forense en la enseñanza de la mecánica logró una apropiación de los conceptos de la cinemática aplicados a una situación cotidiana que cada vez cobra más vidas en el mundo como lo son los accidentes de tránsito, esto permitió una verdadera apropiación de la



física mecánica, para resolver situaciones problema en la que se utiliza el análisis matemático y las relaciones del enfoque CTS.

Se evidencia la necesidad de seguir incorporando problemas de la vida diaria, donde la física como ciencia no se centre en un conocimiento puro, sino que pueda despertar en los estudiantes la conciencia de aplicar los conceptos a fin de mejorar y solucionar problemas con implicaciones fuertes en la sociedad.

Finalmente se espera que este tipo de propuestas puedan permear otros campos de conocimiento de las ciencias, ya que las investigaciones en el campo forense involucran múltiples saberes, que hoy en día con la gran cantidad de programas de televisión, documentales y series han despertado un importante interés en los estudiantes por conocer los métodos de investigación que usa la ciencia forense para esclarecer hechos delictivos.

Referencias

- Acevedo, J., Vázquez, A., & Manassero, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), 80-111.
- Arroyo, L. (2012). Diseño de una unidad didáctica para enseñar los conceptos de trabajo y energía mecánica a partir de la cinemática del movimiento uniformemente acelerado, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Baran, M., & Maskan, A. (2010). The Effect of Project-Based Learning on Pre-Service Physics Teachers Electrostatic Achievements, *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5(4).
- Baş, S. (2010). Effects of Multiple Intelligences Instruction Strategy on Students' Achievement Levels and Attitudes Towards English Lesson. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5, 167-180.
- Becerra Labra, C., Gras Martí, M., & Martínez Torregrosa, A. (2004). Análisis de la resolución de problemas de física en secundaria y primer curso universitario en Chile, *Enseñanza de las ciencias*, 22(2), 275– 286.
- Benegas, J. (2007). Tutoriales para física introductoria: una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física, *Latin American Journal of Physics Education*, 1, 32-38.
- Benítez, Y., & Mora, C. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista cubana de física*, 27(2A), 175-179.
- Bigozzi, L., Tarchi, C., Falsini, P., & Fiorentini, C. (2014). 'Slow Science': Building scientific concepts in physics in high school. *International Journal of Science Education*, 36(13), 2221-2242.
- Castro, A., & Ramírez, R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), 30-53.
- Cera, J. (2017). El estudio de accidentes de tránsito como vía para generar aprendizajes del principio del trabajo y la energía cinética, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.
- Coletta, V., & Phillips, J. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73(12), 1172-1182.
- Córdova, R. S. (2011). *La enseñanza de la física mediante un aprendizaje significativo y cooperativo en Blended Learning*. Universidad de Burgos.
- D'Amore, B. et., al. (2008). Competencias y matemática. Bogotá, Colombia: Cooperativa de Cudmani.



- Escobedo, H. (2001). *Desarrollo de competencias básicas para pensar científicamente. Una propuesta didáctica para las ciencias naturales*. Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Gómez, B. (2011). *Enseñanza de los conceptos de la Cinemática desde una perspectiva vectorial con los estudiantes de grado décimo del colegio José Antonio Galán*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia,
- Gómez, L., & Parada, M. (2017). *Los Accidentes de Tránsito y La Física Forense: El Estudio de caso como estrategia para el Aprendizaje de la Física*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Guidugli, S., Fernández, C., & Benegas, J. (2004). Aprendizaje activo de la cinemática lineal y su representación gráfica en la escuela secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), 463-472
- Holubova, R. (2008). Effective Teaching Methods--Project-based Learning in Physics. *US-China Education Review*, 5(12), 27-36.
- Londoño, G., Solbes, J., & Guisasola, J. (2009). Aprovechamiento conceptual y actitudinal de las visitas a un parque temático. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 23, 71-92.
- Lowe, I. (1975). Using case studies in the teaching of physical principles. *Physics education*, 10.
- Martínez, E. (1999). *La física forense en el aula*. Bariloche, Argentina. <http://www.cabbat1.cnea.gov.ar/forense/>
- Martínez, E. (2008). La Física Forense en el Aula. *Noticias Periciales*, 21, 1-3.
- Membriela, P. (2002). Investigación-acción en el desarrollo de proyectos curriculares innovadores de Ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 443-450.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Recuperado de www.men.gov.co el 28 de junio de 2020
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. *Revista iberoamericana de educación*, 28, 61-81.
- Said, H. (2012). Effects of vee-diagram for understanding of newtonian laws of motion and attitude towards physics laboratory. *NWSA-Education sciences*, 7(2), 755-763.
- Sánchez, I., Moreira, M., & Caballero, S. (2009). Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas. Ingeniería. *Revista chilena de ingeniería*, 17(1), 27-41.
- Schaal, S. (2010). Enriching traditional biology lectures-- digital concept maps and their influence on achievement and motivation. *World Journal on Educational Technology*, 2(1), 42-54.
- Sebastinay, A., Pizzato, M., Diehl, I., & Miskinis, T. (2013). Aprendiendo a investigar por medio de la ciencia forense e investigación criminal. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 480-490.
- Solbes, J.; & Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo la historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), 151-162.
- Stewart, J., Griffin, H., & Stewart, G. (2007). Context sensitivity in the force concept inventory. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(1), 010102.
- Torres, T. (2013). La enseñanza de la cinemática apoyada en la teoría del aprendizaje significativo, la solución de problemas y el uso de applets. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Zohar, A., & Sela, D. (2003). Her physics, his physics: Gender issues in Israeli advanced placement physics classes. *International Journal of Science Education*, 25(2), 245-268.