



UNA PROPUESTA EDUCATIVA BASADA EN EL TPACK PARA LA ENSEÑANZA, EL APRENDIZAJE Y LA EVALUACIÓN DEL CONCEPTO DE MOVIMIENTO

AN EDUCATIONAL PROPOSAL BASED ON TPACK TO THE TEACHING, LEARNING AND EVALUATING THE CONCEPT OF MOVEMENT

UMA PROPOSTA EDUCACIONAL BASEADA EM TPACK PARA O ENSINO, APRENDIZAGEM E A AVALIAÇÃO DO CONCEITO DE MOVIMENTO

Olga Lucía Godoy Morales*,

Cómo citar este artículo: Godoy Morales, O. L. (2021). Una propuesta educativa basada en el TPACK para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(1), 140-157. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.15734>

Resumen

El propósito de este artículo es mostrar la integración de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento usando tecnología digital, en una propuesta para la educación superior. Se asumió la integración conceptualmente como una investigación curricular basada en el Conocimiento Pedagógico y Tecnológico del Contenido y empíricamente por medio de un estudio de caso en un curso de física universitario, en el cual se propuso la siguiente hipótesis: si en la propuesta educativa se establecen relaciones entre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento, con la tecnología de los recursos digitales, se contribuye a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. La propuesta educativa se concibió como una secuencia de conocimientos organizada con el propósito curricular de enseñar, evaluar y apoyar a los estudiantes en el aprendizaje del concepto de movimiento, incorporando recursos digitales. Su elaboración incluyó cinco pasos: 1) la selección de las principales ideas científicas; 2) la representación del contenido ampliado y de los repertorios de experiencia profesional y pedagógicos; 3) la selección de aspectos históricos; 4) la selección y secuenciación de las actividades y; 5) la planificación micro-curricular. El proceso de práctica en el curso requirió: a) la planificación del proyecto que comprendió la conceptualización teórica, la selección del grupo y la elaboración de la propuesta; b) el estudio empírico abarcó la aplicación y recolección de datos y; c) la evaluación correspondió al análisis de datos y las conclusiones. Una conclusión es que, al asumir el currículo como proyecto de investigación, el profesor logró relacionar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento a través del marco conceptual del Conocimiento Pedagógico y Tecnológico del Contenido.

Palabras Clave: Aprendizaje; Representación del Contenido (CoRe); Enseñanza;

Recibido: *cibido*: 16 de diciembre de 2019; aprobado: 29 de mayo de 2020

* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ogodoy@udistrital.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5480-2135>

Evaluación; Movimiento; Repertorios de Experiencias Pedagógicas y Profesionales (PaP-eR); Conocimiento Pedagógico y Tecnológico del Contenido (TPACK)..

Abstract

The purpose of this article is to show the integration of teaching, learning, and evaluation of the concept of movement based on digital technology as an educational proposal in higher education. Such proposal assumed integration conceptually as a curricular investigation based on the Pedagogical and Technological Content Knowledge and, empirically through a case study in a university physics course, in which it was proposed the following hypothesis: if the educational proposal establishes relationships between teaching, learning, and evaluating the concept of movement with the technology of digital resources, it contributes to the education of scientifically literate citizens. The educational proposal was conceived as a sequence of knowledge organized with the curricular purpose of teaching, evaluating, and supporting students with the learning of the concept of movement, based on the incorporation of digital resources. Its preparation included five steps: 1) the selection of the main scientific ideas; 2) the representation of the expanded content and the repertoires of professional and pedagogical experience; 3) the selection of historical aspects; 4) the selection and sequencing of activities, and 5) the micro-curricular planning. Practice in the course required: a) project planning, which included theoretical conceptualization, group selection, and proposal preparation; b) the empirical study covered the application and data collection, and c) the evaluation corresponded to the data analysis and the draw of conclusions. The process developed allows us to conclude that, by assuming the curriculum as a research project, the teacher managed to relate teaching, learning, and evaluation of the concept of movement through the conceptual framework of Pedagogical and Technological Content Knowledge.

Keywords: Learning; Representation of Content (CoRe); Teaching; Evaluation; Movement; Professional and Pedagogical Experience Repertoire (PaP-eR); Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK).

Resumo

O objetivo deste artigo é mostrar a integração do ensino, aprendizagem e avaliação do conceito de movimento com a tecnologia digital, em uma proposta educacional no ensino superior. Essa proposta assumiu a integração conceitualmente como uma pesquisa curricular baseada no Conhecimento Pedagógico e Tecnológico de Conteúdo (TPACK) e empiricamente através de um estudo de caso em um curso universitário de física, no qual foi proposta a seguinte hipótese: se na proposta educacional se estabelecem relações entre ensino, aprendizagem e avaliação do conceito de movimento com a tecnologia dos recursos digitais, então se contribui para a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados. A proposta educacional foi concebida como uma sequência de conhecimentos organizados com o objetivo

curricular de ensinar, avaliar e apoiar os alunos na aprendizagem do conceito de movimento, a partir da incorporação de recursos digitais. Sua elaboração incluiu cinco etapas: 1) a seleção das principais ideias científicas; 2) representação de conteúdos expandidos e repertórios de experiência profissional e pedagógica; 3) a seleção de aspectos históricos; 4) a seleção e sequenciamento de atividades e; 5) planejamento micro-curricular. O processo de prática no curso exigia: a) planejamento de projetos que incluíssem conceituação teórica, seleção de grupos e preparação de propostas; b) o estudo empírico abrangeu a aplicação e a coleta de dados e; c) a avaliação correspondeu à análise dos dados e às conclusões. Conclui-se que, assumindo o currículo como um projeto de pesquisa, o professor conseguiu relacionar ensino, aprendizagem e avaliação do conceito de movimento através da estrutura conceitual do Conhecimento Pedagógico e Tecnológico de Conteúdo.

Palavras chave: Aprendizagem; Representação de Conteúdo (CoRe); Ensino; Avaliação; Movimento; Repertório de Experiências Pedagógicas e Profissionais (PaP-eR); Conhecimento Pedagógico e Tecnológico de Conteúdo (TPACK).

1. Introducción

Este artículo muestra la integración de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación (E-A-Ev) del concepto de movimiento con la tecnología digital en una propuesta educativa en la educación superior, que surgió después de problematizar los elementos que están presente en el desarrollo de las clase de físicas sobre el concepto de movimiento y que se expresaron por medio de cinco premisas epistemológicas: 1) Los textos recogen una propuesta específica de E-A-Ev y el medio para conocerla es establecer su modelo pedagógico. 2) La historia y la epistemología aportan elementos para investigar, enseñar, aprender y evaluar el concepto de movimiento. 3) El profesor construye su propio modelo pedagógico a partir de la interpretación que realiza de él y de cómo concibe la E-A-Ev. 4) Las ideas iniciales de los estudiantes median su E-A-Ev, y 5) la tecnología de los recursos digitales provee nuevos modelos para su E-A-Ev. El análisis reflexivo de estas cinco premisas, reveló aspectos relacionados con su origen histórico, las dificultades de los estudiantes con su aprendizaje, la manera tradicional en que se enseña en las aulas, aunado con la baja incorporación de la tecnologías para la E-A-Ev y la propuesta pedagógica de tres libros de física universitarios, que se recoge en las siguientes afirmaciones: a) la mayoría de las investigaciones se enfocan en la enseñanza-aprendizaje

del concepto (PÉREZ, MIRANDA, GARCÉS, 2015, ROSOLIO et al. 2017; LEMMER, 2018); los recursos digitales se utilizan mayoritariamente en la realización de actividades experimentales (Laboratorios de física) relacionadas con este concepto (MAIDANA, 2016; MARTIN-RAMOS, RAMOS, SILVA, 2017); c) existe la necesidad de incorporar los recursos digitales con una adecuada fundamentación teórica en los procesos de E-A-Ev (ANGELI, VALANIDES, 2005; NIESS, 2005) y d) la inexistencia de un marco conceptual para incorporar la tecnología al Conocimiento Pedagógico del contenido (PCK).

Consecuencia de lo anterior, surgió la pregunta de investigación: ¿Cómo relacionar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento integrando la tecnología digital, en la educación superior? La pregunta se analizó conceptualmente según el marco teórico del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (TPACK) desarrollado a través de una propuesta curricular como proyecto de investigación y prácticamente por medio de la preparación, estudio y evaluación de un curso de física.

2. Marco teórico

El siglo XXI plantea nuevos retos para la educación y requiere de un profesor que desarrolle diferentes conocimientos para contribuir con la comprensión

de sus estudiantes: conocimiento del contenido, de la pedagogía, del currículo, de los estudiantes, de los contextos educativos, de los propósitos educativos, y el PCK, que es el conocimiento que permite al profesor pasar de comprender el conocimiento (la materia a enseñar) a convertirse en un sujeto capaz de entender y de transformarlo para ser enseñando, con el fin de que el estudiante aprenda (SHULMAN, 1987).

Si al PCK se le incorpora la tecnología, como lo propusieron MISHRA, KOEHLER (2006), los retos educativos son aún mayores; los autores argumentan a favor de que los usos pedagógicos reflexivos de la tecnología requieren el desarrollo de una forma de conocimiento compleja y situada llamada TPACK, esta propuesta incorpora los diferentes tipos de tecnología en el aula: la tecnología blanda y las tecnologías de la información y comunicación. El TPACK es un nuevo marco de conocimientos del profesor, y al explicitarlo y potenciarlo relaciona los conocimientos del contenido, los pedagógicos y los tecnológicos; además permite articular la historia y epistemología del concepto de movimiento, la tecnología de los recursos digitales y cuestionar

las ideas previas de los estudiantes contribuyendo con la E-A-Ev de este concepto. La Figura 1 es la representación del marco TPACK, los diagramas de Veen permiten una integración entre el contenido (lo que se enseña y lo que se debe aprender), la pedagogía (los métodos de enseñanza y aprendizaje) y la tecnología de los recursos digitales, en donde los límites de integración son flexibles y las fronteras de interacción cambian dependiendo de la experticia del profesor, las particularidades de los estudiantes, el contexto educativo, las tecnologías disponibles y el contenido a enseñar.

Para concretar la integración de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento con la tecnología digital, se asumió el currículo como una propuesta de investigación, en una propuesta educativa curricular que requirió: planificación del proyecto, estudio empírico y evaluación (STENHOUSE, 1984).

La *planificación* del proyecto requirió la toma de decisiones para la secuencia, identificar las ideas previas de los estudiantes, definir que el concepto a enseñar. En este caso, el movimiento, eje central del desarrollo de la Física Newtoniana, y que se define como el cambio continuo en la posición de un objeto respecto al tiempo, medido por un observador en un sistema de referencia.

El *estudio empírico* implicó llevar dicha propuesta a los estudiantes del curso de física newtoniana; requirió establecer principios para estudiar y evaluar el progreso de los estudiantes, orientación en cuanto a la posibilidad de llevar a cabo el currículo en diferentes situaciones escolares y revisión de los contextos de los estudiantes.

La *evaluación* que considera los motivos de su justificación, es decir, la evaluación está relacionada con la finalidad de la propuesta educativa y para esta propuesta educativa fue la verificación de la hipótesis de investigación.

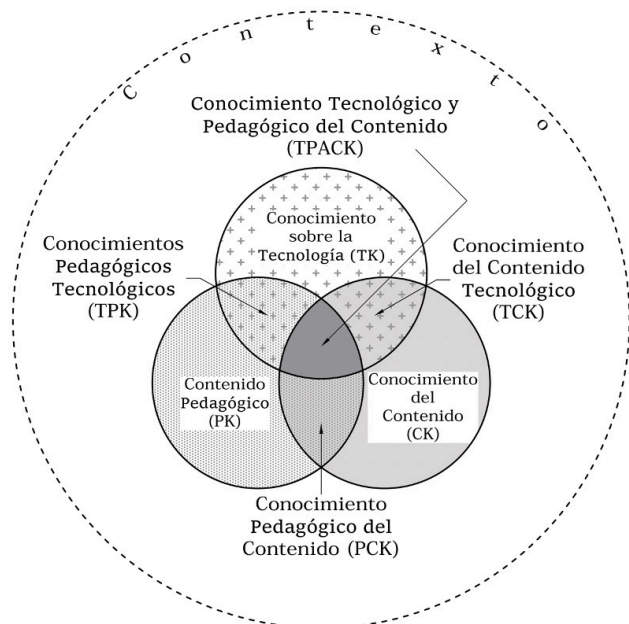


Figura 1. Propuesta del marco conceptual TPACK y los saberes que lo componen. Fuente: Adaptación de MISHRA, KOEHLER (2006).

3. Metodología de investigación

La parte práctica se aborda a través de la hipótesis: si en la propuesta educativa se establecen relaciones

entre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento con la tecnología de los recursos digitales, se contribuye a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. Su comprobación se siguió los tres pasos propuestos por STENHOUSE (1984): a) la planificación del proyecto para concretar la propuesta educativa, comprendió la conceptualización teórica, la selección del grupo y la elaboración de la propuesta; b) el estudio empírico abarcó la aplicación y recolección de datos, y c) la evaluación correspondió al análisis de datos y las conclusiones.

3.1 La planificación del proyecto

La planificación del proyecto buscó responder a la pregunta de investigación: ¿Cómo relacionar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento integrando la tecnología digital, en la educación superior? A continuación, se describen los pasos que permitieron desarrollar el proyecto.

Conceptualización teórica

Permite integrar la E-A-Ev, la intersección de estos tres elementos la constituye el TPACK, que se desarrolla en un enfoque basado en que los profesores seleccionen y secuencien actividades de aprendizajes específicas que incorporan la tecnología digital (combinación de tipos de actividades), después de realizar un proceso previo de selección un concepto científico, en este caso el de movimiento (Figura 2). Esta conceptualización asumió el currículo como proyecto de investigación y los ocho principios orientadores que son consecuencias de las premisas epistemológicas, y una manifestación de cómo el profesor-investigador concibió la E-A-Ev del concepto de movimiento. Estos son: a) integre los conocimientos pedagógicos, tecnológicos y del contenido del profesor, b) desarrolle los aspectos cinemáticos y dinámicos del movimiento simultáneamente, c) contribuya a cuestionar las ideas previas de los estudiantes, d) genere actividades de aprendizaje para los estudiantes, e) incorpore diferentes herramientas tecnológicas por parte del profesor y los estudiantes para la E-A-Ev, f) fomente la participación de

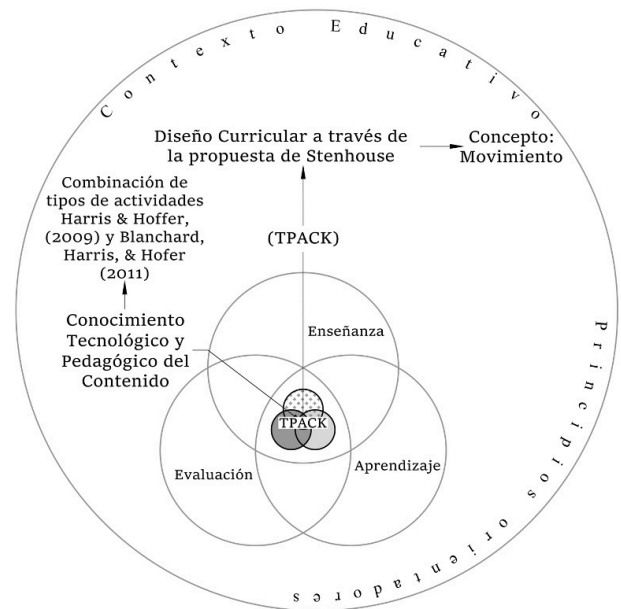


Figura 2. Propuesta educativa integradora para la E-A-Ev del concepto de movimiento. Fuente: autor.

los estudiantes en su proceso de formación y en la interacción en clase, e g) incorpore la historia y epistemología del concepto de movimiento.

Selección del grupo

En esta investigación, el caso es holístico porque todo el caso es tomado como una unidad de análisis (Hernández-Sampieri; Fernández; Baptista; 2014), y se refiere a un curso de Física Newtoniana, asignatura de tres créditos académicos con una intensidad semanal de 4 horas de trabajo directo, 2 horas de trabajo colaborativo y 3 horas de trabajo autónomo, con un código único (código 3), lo que implica que el contenido programático, la intensidad horaria y el número de créditos es el mismo en toda la universidad. Fue ofertado por el programa de Tecnología en Levantamientos Topográficos. La asignatura está en el segundo semestre del plan de estudios, es del área básica, obligatoria y es teórico-práctica. En el semestre de la aplicación de la propuesta educativa (I-2019) se inscribieron 31 estudiantes, que pertenecían en su mayoría a programas académicos de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El profesor-investigador es físico de formación, con

Maestría en Educación y tiene 18 años de experiencia en la enseñanza de la física en universidades de carácter público y privado. Fue quien asumió los roles de investigador, diseñador curricular e implementador de la propuesta educativa.

Elaboración de la propuesta educativa

La propuesta educativa es una secuencia de conocimientos con el propósito curricular de enseñar, evaluar y apoyar a los estudiantes con el aprendizaje del concepto de movimiento basada en la incorporación de los recursos digitales.

La elaboración de la propuesta educativa fue un proceso que requirió de cinco pasos relacionados, y a veces solapados entre sí: la selección de las principales ideas científicas, la realización de la representación del contenido ampliado y los repertorios de experiencia profesional y pedagógicos, la selección de aspectos históricos, la selección y secuenciación de las actividades y la planificación micro-curricular.

Primero, la selección de las principales ideas científicas. Acorde con la propuesta de LOUGHRAN, MULHALL, BERRY (2004), el profesor-investigador seleccionó las ideas principales, que consideró valiosas para la E-A-Ev del concepto de movimiento, que emergieron de la revisión del contenido programático de física newtoniana, de su experiencia pedagógica y están relacionadas con la forma en que el profesor-investigador concibe el movimiento, lo relaciona con las leyes de Newton y lo organiza para enseñarlo. Estas fueron: I) El papel de la ciencia y de la física, ¿qué es la física?, ¿qué es la mecánica clásica y qué estudia?, ¿quiénes han contribuido a su desarrollo? II) El movimiento de un cuerpo masivo requiere de tres elementos para su descripción: un observador, un marco de referencia y un cuerpo. III) Diferenciación de conceptos de velocidad media, rapidez media, distancia, desplazamiento, velocidad instantánea, rapidez instantánea, aceleración media y aceleración instantánea, cuya diferencia está relacionada con las cantidades escalares y vectoriales. IV) Las gráficas como representación del comportamiento de las variables de movimiento de un cuerpo,

por ejemplo: desplazamiento en función del tiempo, velocidad en función del tiempo, aceleración en función del tiempo. V) Relación entre los diferentes tipos de movimiento y las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. VI) Discutir las tres leyes de movimiento, las cuales se relacionan con fuerzas, masas y cambios en el estado de reposo y movimiento de los cuerpos. VII) Importancia de la matemática como complemento para un adecuado análisis físico de situaciones que implican movimiento.

Para el desarrollo de este artículo se reporta la manera como se elaboró la propuesta educativa y su desarrollo, a través de la idea científica número cuatro.

Segundo, la realización de la representación del contenido ampliado y los repertorios de experiencia profesional y pedagógicos. Para ayudar a los profesores de ciencias a documentar y desarrollar su TPACK, se tomaron las herramientas propuestas por LOUGHRAN, MULHALL, BERRY (2004). Estas son la representación de contenido (CoRe) y los repertorios de experiencia profesional y pedagógica (PaP-eRs). El CoRe contiene la comprensión de los profesores de ciencias sobre aspectos particulares del PCK; es dinámico y constituye una alternativa de conceptualizar el contenido de la materia a enseñar, permite que los profesores piensen, y exterioricen su conocimiento sobre cómo enseñar un contenido científico específico a través de ocho preguntas (ocho filas) relacionadas con las ideas previas de los estudiantes, sus puntos de confusión y la importancia del contenido a enseñar, entre otros aspectos. Es tanto una herramienta de investigación para acceder a la comprensión del contenido por parte de los profesores de ciencias como una forma de representar este conocimiento. El PaP-eR vinculado a la práctica docente ayuda a ilustrar algunos aspectos del PCK del profesor para un contenido particular y están vinculados al CoRe para ayudar a relacionar la experiencia del profesor con su comprensión del contenido a enseñar. Por lo cual, para documentar y desarrollar el TPACK del profesor, se amplió el CoRe (Core-A), incluyendo dos nuevas filas que permitieron al profesor-investigador seleccionar las

Tabla 1. CoRe-A para la enseñanza del concepto de movimiento.

	Gran idea 4
1. ¿Qué pretendes que los alumnos aprendan sobre esta idea?	A representar el movimiento de un cuerpo en una dimensión a través de las gráficas de: D vs t , V vs t y a vs t . Dedución de las gráficas D vs t , V vs t y a vs t a partir de las otras dos. <u>Describir el movimiento de un cuerpo a partir de las D vs t, V vs t y a vs t.</u>
2. ¿Por qué es importante para los estudiantes conocer estas ideas?	Porque proporciona información suficiente para facilitar el análisis del movimiento de un cuerpo.
3. ¿Qué más sabe sobre esta idea (que aún no pretende que los estudiantes sepan)?	
4. Dificultades /limitaciones conectadas con la enseñanza de esta idea.	La asociación de la velocidad instantánea como la recta tangente a la curva D vs t en un punto. La asociación de la aceleración instantánea como la recta tangente a la curva V vs t en un punto. La construcción de gráficas implica procesos implícitos de integración o derivación.
5. Conocimiento sobre el pensamiento de los estudiantes que influye en su enseñanza de esta idea.	La asociación entre lo que aprenden en cálculo diferencial o álgebra lineal y su relación con los conceptos físicos.
6. Otros factores que influyen en tu enseñanza de esta idea.	La deficiencia en la utilización de álgebra elemental para resolver problemas físicos.
7. Procedimientos de enseñanza (y razones particulares para usarlos para involucrarse con esta idea).	
8. Formas específicas de mantener el entendimiento o la confusión de los estudiantes en torno a esta idea (incluir un rango probable de respuestas).	Solicitar que conformen equipos de trabajo y al azar hagan una descripción del movimiento y el otro equipo establece los aciertos y los puntos a mejorar en la descripción del movimiento. ¿Cómo describes el movimiento de un cuerpo en términos de su posición, velocidad y aceleración? ¿Cuál es la utilidad de estos nuevos aprendizajes? ¿En qué situaciones de la vida cotidiana puedo aplicar estos nuevos aprendizajes?
9. ¿Qué taxonomía de actividad puede contribuir con la enseñanza y el aprendizaje? / ¿a través de qué tipo de actividad de aprendizaje? / ¿cuál recurso tecnológico puede utilizar?	De construcción de conocimiento conceptual, uso de simulaciones de https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/motion para la enseñanza, el aprendizaje del movimiento uniforme y movimiento uniformemente acelerado.
10. ¿Cómo realizar el seguimiento de los aprendizajes de los estudiantes?	De expresión de conocimiento: presentar una prueba que incluya el uso de los simuladores.

Fuente: autor.

Tabla 2. PaP-eR sobre la representación gráfica del MUR y el MUA.

Repertorios de experiencia profesional y pedagógica para el análisis gráfico
El profesor-investigador sabe que algunas de las ideas previas de los estudiantes son ideas del sentido común, que no obedecen a la lógica científica y que es necesario abordarlas y cuestionarlas para disminuir su interferencia en el aprendizaje de conceptos relacionados con el movimiento. Cuando el profesor-investigador enseña MUR y MUA en una dirección introduce el análisis gráfico debido a que es una forma de presentar las características de estos movimientos por medio de las gráficas de posición, velocidad, aceleración y fuerza en función del tiempo. Sin embargo, para los estudiantes relacionar las fuerzas presentes o ausencia de ellas con estos movimientos es difícil, para un MUR no hay fuerza neta o la suma de estas fuerzas es cero y para el MUA hay una fuerza neta constante. El profesor-investigador al reconocer esta dificultad de aprendizaje de los estudiantes puede crear otras situaciones análogas para comprender la relación entre fuerza y cambios en el movimiento. El profesor puede utilizar otros ejemplos como un objeto en caída libre que representa un MUA y un objeto que viaja en el espacio para conceptualizar el MUR, con ellos puede analizar las fuerzas que actúan en cada caso.

Fuente: Autor

actividades de aprendizajes específicas propuesta por HARRIS, HOFER (2009) y BLANCHARD, HARRIS, HOFER (2011), para la E-A-Ev del concepto de movimiento e incorporar la evaluación formativa. Las nuevas filas (F) tienen las siguientes preguntas: F.9 ¿Qué taxonomía de actividad puede contribuir con la enseñanza y el aprendizaje? / ¿a través de qué tipo de actividad de aprendizaje? / ¿cuál recurso tecnológico puede utilizar?

F.10 ¿Cómo realizar el seguimiento de los aprendizajes de los estudiantes?

El CoRe-A para la gran idea cuatro se encuentra en la Tabla 1. Su elaboración implicó por parte del profesor no solo un proceso metacognitivo para promover la integración entre la E-A-Ev del concepto de movimiento en el proceso de la elaboración del CoRe-A. El PaP-eR para el análisis gráfico se encuentra en la Tabla 2 y muestra la riqueza de la comprensión del profesor sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, relacionadas con el análisis gráfico del MUR y MUA.

Tercero, la selección de los aspectos históricos. La historia y epistemología del movimiento aportan elementos para investigar; analizar; reflexionar; organizar; secuenciar y renovar la enseñanza, el aprendizaje y evaluación de las ciencias; así como en la formación científica de los docentes y de los estudiantes (GARCÍA-MARTINEZ; IZQUIERDO 2014; ZAMBRANO, 2007; MATTHEWS, 1994) por lo que

el profesor-investigador seleccionó algunos aspectos históricos pertinentes para el proceso de E-A-Ev del concepto de movimiento: a) Galileo Galilei y la descripción del MUR y MUA, b) Galileo Galilei como precursor de la idea de la inercia y su posterior relación con la primera ley de Newton, c) aportes de Isaac Newton al estudio de los cambios en el movimiento de un cuerpo, d) Aristóteles, Galileo, Newton y Einstein cuatro de los principales exponentes de los modelos sobre movimiento, y que se introdujeron posteriormente en algunas de las actividades por medio de réplicas de experimentos históricos, réplicas de instrumentos, consulta de fuentes secundarias para estudiar los MUR y MUA, también se sensibilizó a los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia a través de conocimiento de la biografía de físicos y su contexto histórico.

Cuarto, la selección y secuenciación de las actividades. El desarrollo del CoRe-A facilitó al profesor-investigador seleccionar las actividades de aprendizaje específicas para la enseñanza de las siete ideas científicas, estas son coherentes con los principios orientadores, las tecnologías disponibles en la institución, el espacio físico y el contexto socioeconómico de los estudiantes.

La secuenciación permitió al profesor-investigador decidir, si la actividad era de construcción de conocimientos conceptuales o procedimentales o de expresión de conocimientos; distinguir si la

actividad se realizaba en clase, en casa, de carácter experimental o de evaluación de los conocimientos. Si era una actividad en casa, implicaba, además, decidir si los estudiantes debían realizarla antes de la enseñanza de la idea científica como insumo para la realización de la clase o como actividad de refuerzo después de la enseñanza de esa idea, si iba a realizarla de manera individual o por equipos de estudiantes y de ser así, cuál era el número de estudiantes apropiados, y si era una actividad de construcción de conocimientos conceptuales o procedimentales o de expresión de conocimientos. Quinto, la planificación de la propuesta educativa. La planificación de la propuesta fue la materialización de la conceptualización teórica (Figura 2) en la secuenciación del conocimiento para la E-A-Ev del concepto de movimiento incorporando la tecnología digital. Durante el proceso se realizaron elaboraciones previas que se fueron ajustando por el proceso de revisión interna, por los aportes y sugerencias realizados por tres profesores del área; la primera es licenciada en física y se desempeña como profesora de secundaria, tiene 15 años de experiencia en enseñanza de la física en colegios privados; el segundo, es físico de formación, con especialización en enseñanza de las ciencias y maestría en física, se desempeña como profesor universitario; y la tercera es física de formación con maestría y doctorado en física y se desempeña como profesora de futuros profesores de física. A los profesores se les contextualizó sobre el trabajo de investigación, se les presentaron la lista de las ideas científicas, los principios orientadores, el CoRe-A, el proceso implicó reuniones individuales con cada uno. Un ejemplo particular para la E-A-Ev de la idea científica cuatro, se muestra en una tabla de seis columnas (Tabla 3): la primera, incluye la idea científica que se desarrolla y los tiempos para su enseñanza; la segunda, expresa la intencionalidad del profesor con sus estudiantes; la tercera, el enunciado de la actividad; la cuarta, unas pautas de lo que hace el profesor en clase: motivar, preguntar, orientar, proponer actividades para fomentar procesos de discusión entre los estudiantes abordando

el concepto de estudio; la quinta hace referencia al tipo de taxonomía de las actividades de aprendizaje y el recurso tecnológico a emplear en el aula; y la última, relacionada con la evaluación del progreso de los estudiantes, acorde a la evaluación formativa en la que se fomentó la cooperación y colaboración de los estudiantes.

Como último paso de la elaboración de la propuesta educativa, se procedió a elaborar las diferentes actividades; para la E-A-Ev de la idea cuatro se utilizaron la actividad en clase n.º 4 y posteriormente la actividad de evaluación de los aprendizajes n.º 2.

3.2 Estudio empírico

Aplicación de la propuesta

La propuesta educativa se aplicó con los estudiantes del curso de mecánica newtoniana durante el primer semestre de 2019. Inicialmente se planeó para siete semanas (42 horas), por lo que el profesor-investigador organizó el aula virtual semana por semana, para que todas las actividades estuvieran disponibles antes de iniciar el curso y creó los recursos o tareas con las fechas apropiadas, a fin de que los estudiantes una vez realizaran las actividades en clase, en casa, experimentales las subieran al aula de manera individual o por equipos de trabajo. Sin embargo, debido a la necesidad de realizar ajustes, se introdujeron seis horas adicionales. La enseñanza de la idea científica cuatro, requirió de cuatro horas. La pregunta que orientó la planificación de esta idea científica fue: ¿Por qué es importante estudiar el movimiento de un cuerpo en forma gráfica? y su respuesta se manifestó en la intencionalidad del profesor con sus estudiantes: Caracterizar el MUR el MUA de un cuerpo por medio de las gráficas de: desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza en función del tiempo.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo el profesor-investigador (que en este caso la llamaremos Lucía) realizó una clase para la enseñanza de la idea científica cuatro, aplicando la propuesta después de planificarla según lo establecido en la Tabla 3.

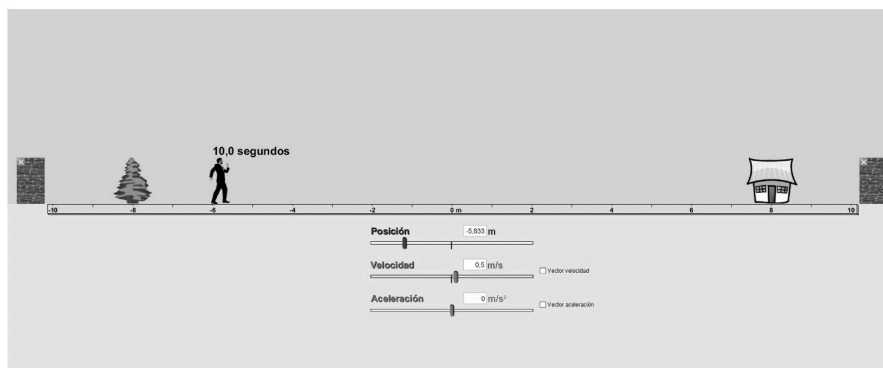
Tabla 3. Planificación curricular para la E-A-Ev de la idea científica N° 4.

Idea Tiempo Clase	Intencionalidad del profesor con sus estudiantes	Enunciado de la actividad	Que hace el profesor	Taxonomía de las actividades de aprendizaje/ recurso tecnológico	Forma de evaluación del aprendizaje
Idea 4: Las gráficas como representación del comportamiento de las variables de movimiento de un cuerpo, por ejemplo: desplazamiento, velocidad e aceleración y fuerza en función del tiempo 4 horas Clases 6 y 7	Conocer las ideas previas de los estudiantes sobre los MUR y MUA. Caracterizar el MUR el MUA por medio de las gráficas: 1. Desplazamiento en función del tiempo. 2. Velocidad en función del tiempo. 3. Aceleración en función del tiempo. 4. Fuerza en función del tiempo.	Las gráficas permiten establecer características de los tipos de movimientos para explicarlos y predecirlos. La intención es conocer las gráficas más usadas para describir el movimiento de los cuerpos cuando realizan MUR o MUA. Estas gráficas son: 1. Desplazamiento en función del tiempo. 2. Velocidad en función del tiempo. 3. Aceleración en función del tiempo. 4. Fuerza en función del tiempo. Se utiliza el simulador de la Universidad de Colorado y se solicita a los estudiantes que predigan del comportamiento de las variables desplazamiento (d), velocidad (V), aceleración (a) en función del tiempo para las dos situaciones en la que el hombre está caminando, las predicciones se realizarán en la actividad en clase n°. 4.	- El profesor presenta las situaciones y solicita la predicción del comportamiento de las variables desplazamiento (d), velocidad (V), aceleración (a) en función del tiempo para las dos situaciones en la que el hombre está caminando, las predicciones de deben registrar en la actividad en clase n°. 4 de orientación en clase. - El profesor con ayuda de una presentación en PowerPoint explica las características del MUR y MUA. - Luego el profesor les muestra la solución que arroja las simulaciones y solicita que comparen las gráficas hechas por ellos en la etapa de predicción con las que arroja la simulación y establezca qué diferencias encuentran.	Actividad de construcción de conocimiento conceptual: • Uso de simulaciones de https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/motion	Aplicación de la actividad de evaluación de los aprendizajes n°. 2.

Fuente: Autor

Lucía les presentó a los estudiantes la actividad en clase n.º 4 (Ac. Cl. 4) e informó que no generaba nota, que el propósito era que expresaran sus ideas sobre el movimiento, sin importar si estaban bien o mal, para esto observaron dos simulaciones de la Universidad de Colorado (PhET) de un hombre que camina con velocidad constante y un hombre que camina con aceleración constante. Lucía recordó a los estudiantes que una gráfica es una representación

que permite visualizar el comportamiento de dos variables físicas, en este caso del desplazamiento en función del tiempo, la velocidad en función del tiempo, la aceleración en función del tiempo y la fuerza neta en función del tiempo. Lucía presentó dos veces cada simulación a la clase. La Figura 3 muestra la imagen de la simulación PhET de un hombre caminando con velocidad constante de

Figura 3. Simulación de un hombre caminando con $V=cte$. Fuente: Simulación PhET.

$V=0,5m/s$ partiendo de la posición $X_i=-10m$ y con una aceleración de $a=0m/s^2$ y la Figura 4 muestra la imagen de la simulación PhET de un hombre caminando con aceleración constante de $a=0,5m/s^2$, velocidad inicial de $V=0m/s$ partiendo de la posición $X_i=-10m$ y Lucía dijo que posteriormente verían las respuestas del simulador.

Luego solicitó a los estudiantes que realizaran las predicciones de forma individual y permitió que trabajaran en parejas para que entre ellos se escucharan y expresaran sus ideas, comentó que no necesariamente debían tener las mismas respuestas¹. Posteriormente, Lucía realizó preguntas a diferentes estudiantes: ¿qué es el desplazamiento?, ¿qué es la velocidad media?, ¿qué implica que un cuerpo tenga una velocidad constante?, ¿qué es la aceleración media?, y con base a las respuestas explicó nuevamente los conceptos: el desplazamiento es una cantidad vectorial que cuantifica el cambio de posición del hombre respecto a un sistema de referencia. La velocidad media es una cantidad vectorial y se define como el cociente entre el desplazamiento de un cuerpo y el tiempo empleado para realizar dicho desplazamiento. La aceleración es una cantidad vectorial, que es el cociente entre el cambio de la velocidad media de un cuerpo y el tiempo empleado para realizar dicho cambio. Además, Lucía contextualizó estos conceptos al

caso del hombre caminando con velocidad constante, fijó un punto de referencia en el salón de clase y se movió con velocidad constante, esto fue un recurso para explicar lo que significa que un cuerpo se mueva con esta velocidad y cómo se puede graficar desplazamiento en función del tiempo, concluyendo que la gráfica de la aceleración en función del tiempo es una línea recta con pendiente cero y para la velocidad en función del tiempo la pendiente también es cero, pero con un valor positivo o negativo para un movimiento uniformemente rectilíneo². Lucía propuso escuchar algunas de las respuestas de los estudiantes para poder realizar la gráfica de fuerza en función del tiempo, permitió que los estudiantes expresaran sus ideas y no los corrigió, surgieron varias respuestas. Lucía preguntó a la clase, ¿cuántos estudiantes identificaron alguna fuerza para este movimiento? Catorce estudiantes levantaron la mano. Luego preguntó: ¿quiénes no identificaron fuerzas? Once estudiantes levantaron la mano. Finalmente, ¿quiénes no contestaron la pregunta? En este caso, seis. Lucía comentó que el incluir fuerzas en ese movimiento (velocidad constante) es una visión aristotélica porque implica que para que un cuerpo se mueva siempre se requiere de una fuerza. Finalmente, dedujo la ecuación para el movimiento uniforme rectilíneo a partir de la gráfica de desplazamiento en función del tiempo³.

1 Cuando Lucía realizaba sus explicaciones manejaba tres niveles de enseñanza. En este caso se observa el primero, cuando ella les da la oportunidad a los estudiantes que realicen un aprendizaje autónomo donde se pueden equivocar sin que tenga implicaciones en su nota cuantitativa y que sus ideas no correspondan necesariamente a los principios científicos

2 En este caso se observa el segundo nivel de enseñanza manejado por Lucía, cuando ella por medio de una explicación desarrolla los conceptos físicos y principios científicos que están detrás ellos, con base a las respuestas dadas por los estudiantes en el primer nivel.

3 En este caso se observa el último nivel de enseñanza

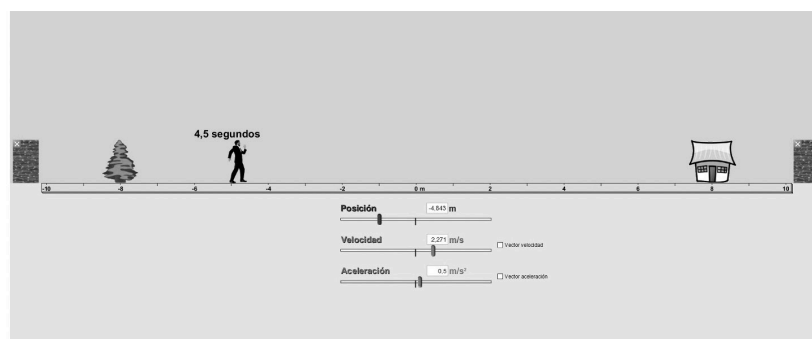


Figura 4. Simulación de un hombre caminando con $a=cte$. Fuente: Simulación PhET.

Lucía continuó con la descripción del movimiento uniforme rectilíneo y por medio de una presentación en PowerPoint (Figura 5) solicitó a un estudiante que describiera la imagen en el caso I, para apoyar la descripción preguntó al estudiante, ¿de qué tamaño son los vectores velocidad?, ¿qué tan espaciados están los automóviles?

Con base en las respuestas de la clase, pudo concluir que para el caso I, los vectores velocidad eran del mismo tamaño, que los automóviles están igualmente espaciados y que esa diapositiva era una representación pictórica del MUR.

Para explicar las características del movimiento uniformemente acelerado, Lucía se apoyó en el caso II, enfatizando que hay dos vectores en la diapositiva, el vector velocidad y aceleración. Nuevamente recurrió a formular preguntas a sus estudiantes, para contribuir a que ellos describieran la imagen de la diapositiva: ¿qué ocurre con los tamaños del vector velocidad?, ¿con el tamaño del vector aceleración? y ¿en qué dirección están los vectores?

Lucía concluyó con la participación de la clase, que la aceleración es constante, los vectores velocidad y aceleración están en la misma dirección y los tamaños de los vectores velocidad aumentan, afirmó que éstas son características de un MUA en una dirección.

Para el caso III utilizó la misma estrategia y solicitó a dos estudiantes que interpretaran la diapositiva,

para deducir, a partir de sus respuestas, que el caso III representa un movimiento uniformemente desacelerado (o MUA) debido a que los vectores velocidad y aceleración son antiparalelos y el tamaño del vector velocidad está disminuyendo.

Lucía hizo énfasis que el caso II y caso III mostrados en la diapositiva son ejemplos del MUA, en el caso II la magnitud de la velocidad aumenta y en el caso III disminuye. Luego, solicitó a un estudiante que representara gráficamente la aceleración en función del tiempo para este movimiento y que además correspondía con la representación de la segunda simulación del hombre moviéndose con aceleración constante (la magnitud y dirección de ese vector no cambia).

Lucía presentó nuevamente la simulación del hombre caminando con aceleración constante para que la clase observara las gráficas generadas por la simulación, y analizó las características de estas gráficas. La aceleración en función del tiempo es una línea recta sin pendiente, pero con un valor diferente de cero, la velocidad y el tiempo son directamente proporcionales, el desplazamiento en función del tiempo es una curva (parábola). Lucía enfatizó que hay diferencia entre las posiciones de los automóviles en las tres diapositivas; incluyó además aspectos históricos en la caracterización del MUA preguntando al estudiante que hizo la exposición de la biografía sobre Galileo Galilei, ¿cuáles fueron los aportes de Galileo a este movimiento? El estudiante hizo referencia a que Galileo dejó caer dos objetos de diferente peso desde una misma altura para mostrar que caían al suelo al mismo tiempo.

manejado por Lucía cuando hace uso de las respuestas dadas por los estudiantes, la explicación hecha por ella y por medio de la reflexión ayuda que los estudiantes realicen un proceso metacognitivo y modifiquen sus ideas previas.

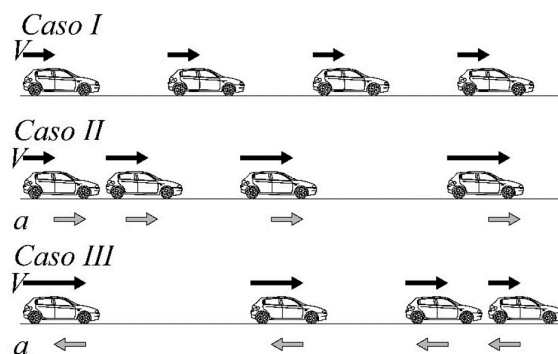


Figura 5. Diapositiva casos de MUR y MUA. Fuente: autor.

Lucía explicó que esos movimientos eran conocidos como caída libre y preguntó a la clase: ¿qué tipo de movimiento es la caída libre? Un estudiante respondió que es un MUA. Lucía comentó que Galileo estaba interesado en estudiar la caída libre. Ella dejó caer un marcador para que realizara este movimiento con el objetivo que los estudiantes lo visualizaran y les comentó que el tiempo en caer era muy pequeño, por lo tanto, su medición era difícil y por ello Galileo utilizó un plano inclinado que tenía baja pendiente y gran longitud para disminuir la aceleración. Comenta que una copia de este instrumento se encuentra en el museo de Galileo en la ciudad de Florencia (Italia), y que, por medio de diferentes experimentos, él encontró que partiendo del reposo el desplazamiento de una esfera era proporcional al tiempo al cuadrado. Siguió comentando que Galileo fue el primer científico en caracterizar los movimientos uniforme y uniformemente acelerado y que lo hizo por medio de proporciones geométricas usando el plano inclinado. También indicó que actualmente aprendemos las interpretaciones modernas de lo que dijo Galileo usando cálculo diferencial e integral.

Lucía retomó las respuestas de actividades anteriores que trataban la relación entre la fuerza y el cambio en el movimiento, afirmando que, si un cuerpo está acelerado debe existir una fuerza. Solicitó a un estudiante que realizara en el tablero su gráfica de

fuerza en función del tiempo y explicara su razonamiento. El estudiante graficó una línea recta con pendiente diferente de cero y argumentó que si hay aceleración el cuerpo va a requerir más fuerza para que haya más aceleración, Lucía preguntó: ¿cuál es la característica del MUA?, él contestó que la aceleración es constante, por lo que ella escribió la ecuación $F = ma$ y explicó que si la aceleración es constante implica que F también lo es y, por lo tanto, la gráfica de fuerza en función del tiempo es una línea recta sin pendiente.

Lucía mostró a los estudiantes las gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un hombre que camina a velocidad constante, como se muestra en la Figura 6, para este movimiento el desplazamiento es directamente proporcional al tiempo y su ecuación es:

$X_f(t) = (-10 + 1,5t)i$ y la pendiente de esta recta es la velocidad. La velocidad es una línea recta con pendiente cero: $V(t) = 1,5i$ y $a(t) = 0i$

En la Figura 7 están las gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un hombre que camina a aceleración constante. La posición en función del tiempo es una parábola de la forma $X_f(t) = (-10m + 0,25m/s^2 t^2)i$ y la velocidad es directamente proporcional al tiempo y su ecuación es $V(t) = (0,5m/s^2 t)i$ y la aceleración es constante y su función es $a(t) = 0,5m/s^2 i$

A continuación, Lucía solicitó a los estudiantes que

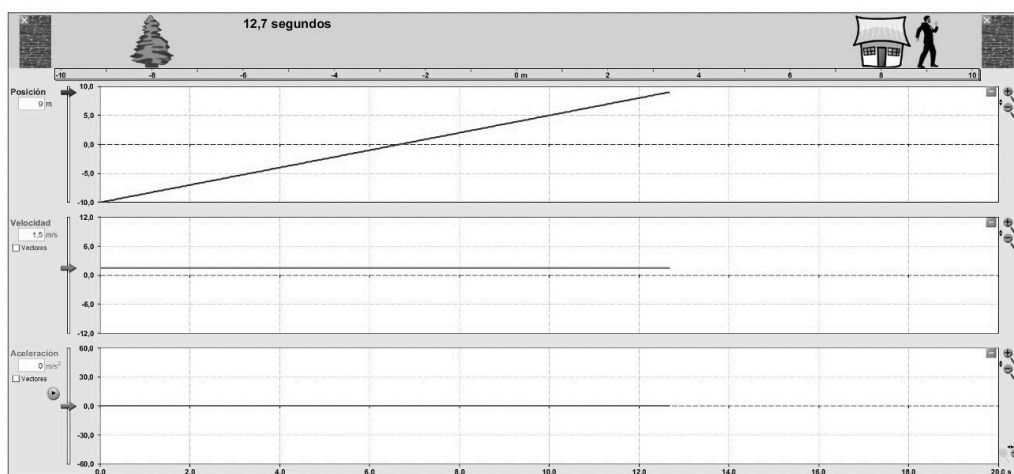


Figura 6. Gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un hombre que camina con $V=cte$. Fuente: Simulación PhET.

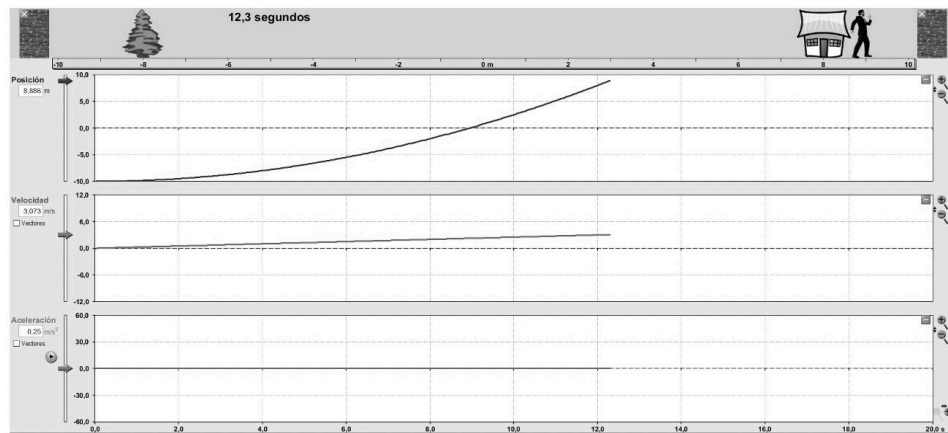


Figura 7. Gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un hombre caminando con $a=cte$. Fuente: Simulación PhET.

completaran la tercera parte de la Ac. Cl. 4 y compararan sus resultados con los reportados por la simulación en ambos casos, dibujando las gráficas de fuerza neta en función del tiempo para ambos movimientos en el tablero.

Finalmente, requirió a tres estudiantes que socializaran sus respuestas e informó que debían subir la actividad al aula virtual.

Recolección de datos

Los datos son información sin procesar obtenida de la investigación. En este caso fue la información recolectada durante la aplicación de la propuesta educativa y la constituyeron las respuestas dadas por los estudiantes en las distintas producciones escritas, los videos en los cuales se registraron las exposiciones e intervenciones en clase de los estudiantes y del profesor, el diario de campo. Para recolectar y organizar la información, a cada estudiante se le creó una carpeta con el nombre de cada uno, la lista de clase fue ordenada alfabéticamente por apellido y se le asignó un número desde $n=1$ hasta $n=31$, allí se almacenaron las actividades que se descargaban del aula virtual y con los archivos en Excel se llevaba el control de quienes entregaban.

3.3 Evaluación

Análisis de datos

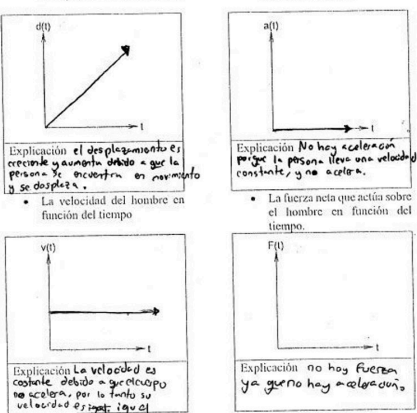
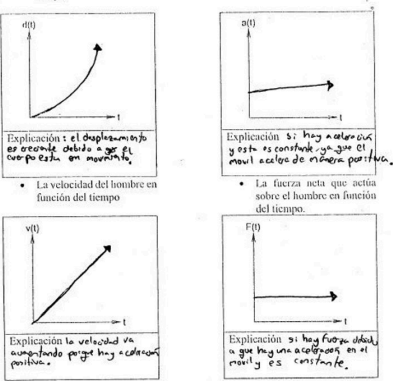
El análisis de los datos que se realizó de manera interpretativa con base en las respuestas de los estudiantes, la propuesta educativa y el análisis de los

aprendizajes de los estudiantes. Aquí se presenta el análisis de la actividad en clase N.º 4, que permitió enseñar la idea científica cuatro, la actividad fue de trabajo individual y constaba de tres partes: dos de predicción y una de reflexión.

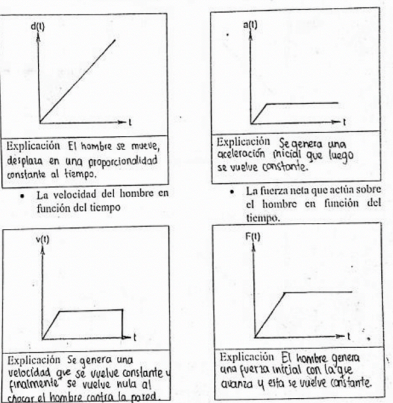
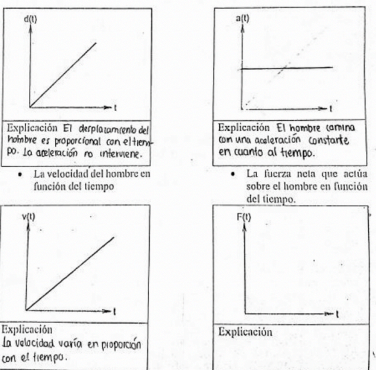
En la Tabla 4 hay dos ejemplos de respuestas de dos estudiantes para esta actividad, la primera fila son respuestas correctas para las ocho gráficas y en la segunda sólo hay dos respuestas correctas para el MUR (desplazamiento en función del tiempo) y MUA (aceleración en función del tiempo). Esta actividad de representación gráfica de los movimientos se realizó después de que en clase el profesor definió los conceptos vectoriales de desplazamiento, velocidad media e instantánea, aceleración media e instantánea. Se solicitó a los estudiantes que realizaran predicciones del comportamiento del desplazamiento, la velocidad, la aceleración y la fuerza neta en función del tiempo. A menos que tuvieran conocimientos previos, no era sencillo graficar una parábola para el caso del MUA en la gráfica de desplazamiento en función del tiempo. En la segunda parte, se solicitó a los estudiantes que realizaran una comparación de las gráficas hechas por ellos y las que arrojaba la simulación, para que identificaran las diferencias.

Las simulaciones de hombre caminando a velocidad constante y a aceleración constante permitieron que la representación gráfica de las variables: desplazamiento, velocidad y aceleración en función del

Tabla 4. Ideas de los estudiantes sobre las gráficas de MUR y MUA.

MUR	MUA
<p>Simulaciones por computador</p> <p>1. Antes de ver la simulación que permite la representación gráfica del movimiento de un hombre que camina con velocidad constante, predice el comportamiento de las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> El desplazamiento del hombre en función del tiempo La aceleración del hombre en función del tiempo La fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo  <p>Explicación: El desplazamiento es creciente y aumenta debido a que la persona se encuentra en movimiento y se desplaza.</p> <p>Explicación: No hay aceleración porque la persona lleva una velocidad constante y no acelera.</p> <p>Explicación: La velocidad es constante debido a que el cuerpo no acelera, por lo tanto su velocidad es igual.</p> <p>Explicación: no hay fuerza neta ya que no hay aceleración.</p>	<p>2. Ahora, para un hombre que camina con aceleración constante, predice el comportamiento de las siguientes variables: el desplazamiento del hombre en función del tiempo, la velocidad del hombre en función del tiempo, la aceleración del hombre en función del tiempo, la fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> El desplazamiento del hombre en función del tiempo La aceleración del hombre en función del tiempo La velocidad del hombre en función del tiempo La fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo  <p>Explicación: el desplazamiento es creciente debido a que el cuerpo está en movimiento.</p> <p>Explicación: hay aceleración y esta es constante ya que el movimiento es de misma portada.</p> <p>Explicación: la velocidad va aumentando porque hay aceleración positiva.</p> <p>Explicación: si hay fuerza neta, ya que hay una aceleración en el movimiento es constante.</p>

En estas gráficas el estudiante realizó una adecuada interpretación sobre el comportamiento de las variables desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza en función del tiempo en el MUR (hombre caminando con velocidad constante) y en el MUA (hombre caminando con velocidad constante y explicó de manera correcta porque graficó de esta manera.

MUR	MUA
<p>Simulaciones por computador</p> <p>1. Antes de ver la simulación que permite la representación gráfica del movimiento de un hombre que camina con velocidad constante, predice el comportamiento de las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> El desplazamiento del hombre en función del tiempo La aceleración del hombre en función del tiempo La fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo  <p>Explicación: El hombre se mueve, desplaza en una proporcionalidad constante al tiempo.</p> <p>Explicación: Se genera una aceleración inicial que luego se vuelve constante.</p> <p>Explicación: Se genera una velocidad que se vuelve constante y finalmente se vuelve nula al chocar el hombre contra la pared.</p> <p>Explicación: El hombre genera una fuerza inicial con la que avanza y esta se vuelve constante.</p>	<p>2. Ahora, para un hombre que camina con aceleración constante, predice el comportamiento de las siguientes variables: el desplazamiento del hombre en función del tiempo, la velocidad del hombre en función del tiempo, la aceleración del hombre en función del tiempo, la fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> El desplazamiento del hombre en función del tiempo La aceleración del hombre en función del tiempo La velocidad del hombre en función del tiempo La fuerza neta que actúa sobre el hombre en función del tiempo  <p>Explicación: El desplazamiento del hombre es proporcional con el tiempo, lo obteniendo no interviene.</p> <p>Explicación: El hombre camina con una aceleración constante en cuanto al tiempo.</p> <p>Explicación: La velocidad varía en proporción con el tiempo.</p> <p>Explicación:</p>

En este caso el estudiante manifestó dificultades para interpretar el comportamiento de algunas variables físicas. Para el caso del MUR, representó adecuadamente el desplazamiento en función del tiempo. Sin embargo, supuso que existe aceleración y fuerza, las representa de la misma forma gráfica; ideas incorrectas porque para este movimiento no existe ni aceleración ni fuerza neta.

Es interesante la interpretación gráfica que realizó el estudiante de V vs t porque en la vida real se requiere de un pequeño tiempo para cambiar de velocidad cero a velocidad constante y asume que el hombre al chocar con la pared cambia de velocidad constante a cero instantáneamente.

Para el MUA el estudiante graficó correctamente la aceleración y la velocidad en función del tiempo (la asumió directamente proporcional al tiempo). Incorrectamente representó que el desplazamiento era directamente proporcional al tiempo, para este caso partiendo del reposo $X_f = \frac{1}{2}at^2$, no interpretó la gráfica de F en función del tiempo.

Fuente: Autor

Tabla 5. Respuestas de los estudiantes actividad en clase n.º 4.

Actividad clase n.º 4

3. Comparando las gráficas hechas por ti y las que arrojaron en la simulación ¿Qué diferencias encuentras?

Las diferencias que encuentro son que en el m.r.u no hay aceleración con respecto al tiempo, mientras que m.u.a es constante. También que en m.r.u. la fuerza neta sobre el cuerpo no existe y en m.u.a si hay, en m.r.u. la velocidad es constante mientras que en m.u.a la velocidad aumenta con el paso del tiempo.

El estudiante reconoció que el MUR no requiere de una fuerza y en el MUA hay una fuerza, es importante que sea una fuerza constante, el estudiante reconoce que la velocidad aumenta con el tiempo para un MUA, es necesario precisar que es directamente proporcional al tiempo.

3. Comparando las gráficas hechas por ti y las que arrojaron en la simulación ¿Qué diferencias encuentras?

encuentro diferencia respecto con la fuerza, ya que en el primer ejemplo la velocidad es constante por lo tanto no hay fuerza y aceleración.

El estudiante reconoció que en el MUR no hay fuerza neta, esto contribuye a cuestionar la idea aristotélica del estudiante de que siempre debe existir una fuerza para que haya movimiento.

3. Comparando las gráficas hechas por ti y las que arrojaron en la simulación ¿Qué diferencias encuentras?

encuentro diferencia respecto con la fuerza, ya que en el primer ejemplo la velocidad es constante por lo tanto no hay fuerza y aceleración.

El estudiante reconoció que en el MUR no hay fuerza neta, esto contribuye a cuestionar la idea aristotélica del estudiantes de que siempre debe existir una fuerza para que haya movimiento.

3. Comparando las gráficas hechas por ti y las que arrojaron en la simulación ¿Qué diferencias encuentras?

El desplazamiento es una parábola, los t no es necesario tener fuerzas o que los fuerzos actuen para que haya movimiento. En la primer grafica la aceleración es cero porque la velocidad es constante y cuando la aceleración aumenta la velocidad tambien va a cambiar (asi la aceleración sea constante). En la segunda grafica se actua una freno pero sin pendiente.

Aquí el estudiante planteó varios aprendizajes con relación al MUR y al MUA, (no es necesario que haya fuerzas para que haya movimiento, afirmación adecuada para el MUR pero cometió imprecisiones. Por ejemplo: que si la aceleración aumenta la velocidad tambien, en el caso del MUA la aceleración es constante. Además afirma que el desplazamiento es una parábola pero no estableció para que caso.

Fuente: Autor

tiempo para un objeto masivo fuera mucho más comprensible para los estudiantes y contribuyó con el aprendizaje de las características del MUR y MUA.

En la Tabla 5 hay algunas de las comparaciones realizadas por los estudiantes y un comentario realizado

por el profesor-investigador.

Esta actividad fue utilizada por el profesor-investigador para explicar las características y diferencias que existen entre el MUR y el MUA, incorporando en su explicación las respuestas de la Actividad en Clase No. 3 y algunos aspectos históricos relevantes sobre el concepto de movimiento.

4. Conclusiones y/o Consideraciones finales

Asumir el currículo como proyecto de investigación permitió al profesor relacionar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento a través del marco conceptual el Conocimiento Pedagógico y Tecnológico del Contenido, en una propuesta que se desarrolló en el contexto educativo y social de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital. La propuesta educativa resulta útil para maestros e investigadores de la educación científica al generar alternativas para el diseño micro-curricular de un concepto científico.

En este trabajo de investigación se asumió que la alfabetización científica propende por preparar al estudiante con elementos científicos para desenvolverse en la sociedad y contribuye a disminuir la brecha entre conocimiento científico y el analfabetismo científico (MARTINS, 2008); si los estudiantes logran una mayor comprensión de los conceptos, pueden utilizarlos para resolver problemas no solo de carácter teórico sino práctico y/o experimental y explicar el mundo desde una perspectiva diferente al de las ideas previas, están alfabetizados científicamente, el análisis de las respuestas estudiantes apoyan la hipótesis propuesta.

5. Reconocimientos

Este artículo es producto de la investigación doctoral: "Una propuesta educativa basada en el modelo TPACK para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación del concepto de movimiento". Tesis desarrollada en el Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, dirigida por el PhD Alfonso Claret Zambrano.

6. Referencias

ANGELI, C.; VALANIDES, N. Preservice teachers as ICT designers: An instructional design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. **Journal of Computer-Assisted**

Learning, Amsterdam, v. 21, n.4, pp. 292–302, 2005.

BLANCHARD, M. R., HARRIS, J.; HOFER, M. **Science learning activity type**. 2011. Retrieved from <http://activitytypes.wm.edu/ScienceLearningATs-Feb2011.pdf>

GARCÍA-MARTÍNEZ, Á.; IZQUIERDO, M. Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 32, n. 1, pp. 265–281, 2014. Retrieved from <http://ddd.uab.es/record/116596?ln=ca>

HARRIS, J.; HOFER, M. Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In: MADDUX C. D. (ED.), **Research Highlights in Technology and Teacher Education**. Society for Information Technology in Teacher Education (SITE). Chesapeake, VA: EE.UU, pp. 99-108. 2009.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, C. **Metodología de la investigación** (sexta). Mc Graw Hill. México, D.F.: México. 2014.

LEMMER, M. Applying the science of learning to the learning of science: Newton's second law of motion. **Africa Education Review**, Pretonia, v. 15, n. 1, pp. 20–37. 2018.

<https://doi.org/10.1080/18146627.2016.1224591>
LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, Nueva York, v. 41, n. 4, pp. 370–391. 2004. <https://doi.org/10.1002/tea.20007>

MAIDANA, N. et al. La velocidad relativa: nuevas contribuciones del laboratorio virtual. **Revista de Enseñanza de La Física**, Córdoba, v. 28, n. 1, pp. 101–108. 2016.

MARTIN-RAMOS, P.; RAMOS, M.; SILVA, P. P. Smartphones in the teaching of Physics Laws: Projectile motion. **Ried-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia**, Madrid, v. 20, n. 2, pp. 213–231. 2017. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.2.17663>

- MARTINS, I. Alfabetização científica: metáfora e perspectiva para o ensino de ciências. **XI Encontro de Pesquisa Em Ensino de Física**, pp. 1–14. 2008. Retrieved from http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/epéf/_alfabetizacaocientificam.trabalho.pdf
- MATTHEWS, M. **The role of history and philosophy of science**. Routledge, Inglaterra: London, 1994.
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. **Teachers College Record, Columbia**, v. 108, n. 6, pp. 1017–1054. 2006.
- NIESS, M. Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. **Teaching and Teacher Education**, Amsterdam, v. 21, n.5, pp 509–523. 2005.
- PÉREZ, J.; MIRANDA, A.; GARCÉS, A. La clase de física y las creencias de los estudiantes de preparatoria sobre el movimiento. **Revista de Enseñanza de La Física**, Córdoba, v. 27, n. 2, pp. 51–61. 2015.
- ROSOLIO, A. et al. Concepciones de los estudiantes universitarios en cinemática y dinámica de una partícula. **Revista de Enseñanza de La Física**, Córdoba, v.29, n. Extra, pp.185–196. 2017.
- SHULMAN, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, pp. 1–23. 1987. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del currículum**. Traducido por: GUERRA, A. Ediciones Morata, S. A. Madrid: España, 1984.
- ZAMBRANO, A. **Fundamentos básicos de la termodinámica: Calor, temperatura y trabajo**. Universidad del Valle. Cali: Colombia, 2007.

