UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PROYECTO DE AULA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA MEDIADO POR LAS TIC

JAIRO ANDRÉS GONZÁLEZ CALDERÓN

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, Ciencias Exactas

Medellín, Colombia

2019

PROYECTO DE AULA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CINEMÁTICA MEDIADO POR LAS TIC.

JAIRO ANDRÉS GONZÁLEZ CALDERÓN

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

MsC José Julián Ramírez Arboleda

Universidad Nacional de Colombia

Facultad, Ciencias Exactas

Medellín, Colombia

2019

A mi esposa Lina, a mis hijos Nicolas e Isabella. A toda mi familia, en especial a mi hermano Juan David González Calderón.

Agradecimientos

Quiero agradecer a los profesores Diego Luis Aristizabal y José Julián Ramírez Arboleda, por su asesoría y dirección durante la realización de este trabajo de grado. Sin su apoyo y generosidad, la culminación de este trabajo no habría sido posible.

Resumen

En este trabajo se diseñó y se implementó una metodología basada en el enfoque constructivista, para la enseñanza de la cinemática, mediante el análisis gráfico y el uso de la plataforma tecnológica *PhysicsSensor*. La intervención fue llevada a cabo en el Colegio El Triángulo, en el municipio de Rionegro (Antioquia). La propuesta metodológica se desarrolló con los grados Noveno 1 y Noveno 2 de la institución. Con el objetivo de medir el impacto de la intervención, una modificación de *Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática* (TUG-K2) fue administrada a ambos grupos antes y después de la intervención en el aula. Los resultados revelan que existe una ganancia en el aprendizaje, la cual fue avalada por el factor de Hake . En general se obtuvo una ganancia promedio para ambos grupos en el rango baja–media $0.30 < > 0.24$. Sin embargo, el grado Noveno 1 presentó un mejor desempeño, medido como el número de respuestas correctas en el test antes y después de la intervención.

Palabras clave: *Física, Cinemática, PhysicsSensor, factor de Hake, TUG–K, TUG–K2, Ganancia.*

Abstract

In this work, a methodology based on the constructivist approach for teaching kinemaTIC was designed and implemented through graphic analysis and the use of the PhysicsSensor technology platform. The intervention was carried out in El Triángulo School, in the municipality of Rionegro (Antioquia). The methodological proposal was developed with the ninth 1 and 2 grades of the institution. In order to measure the impact of the intervention, a modification of the Test of Understanding of Graphics in KinemaTIC (TUG-K2) was administered to both groups before and after the intervention in the classroom. The results reveal that there is a gain in learning, which was meassured by the Hake factor g. In general, an average gain was obtained for both groups in the low-average range 0.30 <g> 0.24. However, the ninth grade 1 showed a better performance, measured as the number of correct answers in the test before and after the intervention.

Keywords: *Physics, KinemaTIC, PhysicsSensor, Hake factor, TUG-K, TUG-K2, Gain.*

Contenido

Agradecimientos VI

Resumen VIII

Contenido XI

Lista de figuras XII

Lista de tablas XIII

Lista de Símbolos y abreviaturas XIII

Introducción 14

1. **ASPECTOS PRELIMINARES** 17

1.1 Selección y delimitación del tema 17

1.2 Planteamiento del Problema 18

1.2.1 Descripción del problema 18

1.3 Justificación 20

1.4 Objetivos 22

1.4.1 Objetivo General 22

1.4.2 Objetivos Específicos 22

2. **MARCO REFERENCIAL** 23

2.1 Referente Antecedentes 23

2.2 Referente Teórico 25

2.3 Referente Conceptual-Disciplinar 27

2.3.1 La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel 27

2.3.2 Cinemática y análisis gráfico 29

2.4 Referente Legal 32

2.5 Referente Espacial....34

3. **DISEÑO METODOLÓGICO**....35

3.1 Enfoque....35

3.2 Método....36

3.3 Instrumentos de recolección y análisis de información....36

3.3.1Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática (TUG-K)....36

3.3.2Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado(TUG-K2)....38

3.4 Población y Muestra....41

3.5 Delimitación y Alcance....41

3.6 Cronograma....42

4. **TRABAJO FINAL**....44

4.1 Diagnóstico inicial....44

4.2 Plataforma Physics Sensor....45

4.3 Resultados y análisis....49

4.3.1Aplicación del TUG-K2 (pre–test y post–test)....49

4.3.2 Ganancia en el aprendizaje....53

5. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**....57

5.1 Conclusiones....57

5.2 Recomendaciones....58

Anexo A: Módulos de aprendizaje para la intervención en el aula....59

Anexo B: TUG-K2....95

REFERENCIAS....101

Lista de figuras

Figura 2.3.2.1 Vector posición $\vec{r}$ para un cuerpo P en un sistema de coordenadas cartesianas. 30

Figura 3.3.1.1 Diagrama de flujo para el desarrollo del test mostrando los circuitos de retroalimentación entre los pasos (Beichner, 1994). 37

Figura 4.1 Estudiantes del grado Noveno 1.....44

Figura 4.1.2 Estudiantes del grado Noveno 2.....45

Figura 4.2.1 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado. 46

Figura 4.2.2 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado. 47

Figura 4.2.3 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado. 48

Figura 4.2.4 Visualización de datos en PhysicsSensor.....48

Figura 4.3.1.1 Resultados del TUG-K2 (pre–test) administrado antes de la intervención. 50

Figura 4.3.1.2 Resultados del TUG-K2 (post–test) administrado después de la intervención. ..52

Figura 4.3.2.1 Ganancia en el aprendizaje agrupada por objetivos. 54

Lista de tablas

Tabla 2.4.1 Nomograma sobre las políticas Colombianas y extranjeras en educación. 33

Tabla 3.3.1 Objetivos del Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática. La última columna corresponde al porcentaje de aciertos. 38

Tabla 3.3.2.2 Clasificación de las preguntas del TUG-K2 de acuerdo a los objetivos. 40

Tabla 4.3.2.1 Ganancia en el aprendizaje agrupada por objetivos. 53

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
x	Posición	m	
Δx	Desplazamiento	m	$x - x_0$
Δt	Intervalo de tiempo	s	$t - t_0$
$\vec{v}$	Velocidad	m/s	$\vec{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$
$\vec{a}$	Aceleración	m/s^2	$\vec{a} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$
$\vec{g}$	Aceleración de la gravedad	m/s^2	constante

Abreviaturas

Abreviatura	Término
MRU	Movimiento rectilíneo uniforme
MRUA	Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
TUG-K	*Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática*
TUG-K2	*Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática modificado*

Introducción

Colombia tiene como objetivo ser la esquina más educada de América Latina en el 2025. Una de las estrategias claves para lograr este propósito es el plan Vive Digital, el cual contempla las TIC como factor clave en el fortalecimiento y desarrollo del sistema educativo nacional. Se espera alcanzar para 2018 una cobertura del 100% de las instituciones educativas en términos de computadores, tabletas, aplicaciones digitales con el fin de revolucionar los modelos de aula y los procesos de enseñanza-aprendizaje (MEN, 2014).

Organizaciones como la UNESCO y la OECD han señalado que la inclusión de las TIC en los procesos educativos puede contribuir no solo al acceso de la educación, sino que a una sociedad más eficiente y equitativa. Sin embargo, la OCED en su informe Students Computers and Learning (OECD, 2015) ha señalado que las inversiones en tecnología por si solas no se traducen en un mejoramiento de los estándares educativos. Y llama la atención sobre la necesidad del potencial de la tecnología en el salón de clase.

En Colombia, aunque ha habido un incremento de las TIC en los procesos educativos, aún faltan estudios e investigaciones acerca del impacto de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Hoy día las sociedades modernas basan su crecimiento económico en el desarrollo tecnológico, el cual a su vez se encuentra estrechamente ligado a los desarrollos promovidos por las ciencias básicas. En nuestro país, la enseñanza de las ciencias básicas específicamente, la física ha evidenciado ciertas dificultades por parte de los estudiantes para la asimilación de los conceptos relacionados con la Cinemática (Díaz, 2011; Riaño & Clavijo, 2013; Torres, 2013).

Dentro de las diversas causas de este fenómeno, se encuentran la indiferencia de los educandos respecto a los contenidos de física y otras áreas como la química y la biología. Dado que los laboratorios y las clases convencionales nos les resultan atractivos; y en muchos casos no permiten la correcta comprensión de los conceptos. Una rama fundamental de la física es la cinemática, la cual se encarga del movimiento de los objetos, sin considerar las causas que lo originan (fuerzas). Algunos científicos consideran esta rama de la física como la base sobre la cual los demás conceptos físicos se basan y se expanden.

Teniendo en cuenta la afinidad que presentan hoy día los alumnos por las nuevas Tecnologías de Información y la comunicación (TIC), este trabajo plantea la integración de las TIC en el proceso de enseñanza–aprendizaje de los conceptos de la cinemática. Combinando el razonamiento gráfico (Beichner, 1994; Zavala, Tejeda, Barniol, & Beichner, 2017) con experiencias de laboratorio, que implican el uso de la plataforma tecnológica *PhysicsSensor*, desarrollada por docentes de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Este trabajo consta de 6 Capítulos. En el Capítulo 1 se plantea el problema, el cual se circunscribe en El Colegio El Triángulo, es una entidad de carácter privado, localizada en el municipio de Rionegro (Antioquia). El Capítulo 2 comprende los objetivos. El Capítulo 3 desarrolla el marco teórico, donde se realiza una breve descripción del rol de las TIC en los procesos de enseñanza–aprendizaje, los modelos pedagógicos, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel y estudios previos de la enseñanza de la cinemática bajo el enfoque de este trabajo. En el capítulo 4 se describe la propuesta metodológica implementada en este trabajo. Se describe la población de estudio, el diseño de los módulos implementados en el laboratorio y el test aplicado.

En el capítulo 5 se presentan y se analizan los resultados obtenidos antes y después de la intervención en el aula con la propuesta metodológica descrita en el capítulo 4. Los resultados son discutidos utilizando el concepto de ganancia en el aprendizaje propuesto por Richard R. Hake (Hake, 1998).

Los resultados revelan que la propuesta metodológica implementada en este trabajo, produce una ganancia en el aprendizaje por parte de los dos grupos analizados, siendo el grado Noveno 1 el que presenta una mayor ganancia en comparación con el grado Noveno 2. Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y se plantean algunas sugerencias y recomendaciones, para trabajos futuros, que involucren una metodología similar a la implementada en este trabajo.

1. ASPECTOS PRELIMINARES

1.1 **Selección y delimitación del tema**

Un problema recurrente en la educación secundaria es la dificultad que tienen los estudiantes para asimilar los conceptos de la Física. Esta problemática, está relacionada en gran medida a que la enseñanza de la Física se ha reducido básicamente a la utilización de los libros de texto y los métodos de enseñanza tradicional (tiza y tablero), como instrumentos centrales de la actividad docente.

Lo anterior ha llevado a que produzca un bajo dominio conceptual de esta ciencia experimental y por ende un bajo desarrollo cognitivo y del pensamiento científico. Adicionalmente, la dificultad en asimilación de los conceptos físicos conlleva a la desmotivación del estudiante, lo cual se ve reflejado generalmente en la apatía hacia el estudio de las ciencias naturales, las cuales son vitales en el desarrollo científico y tecnológico de las sociedades modernas.

Una de las ramas de la Física que más dificultades presenta para su asimilación, es la Cinemática, la cual describe el movimiento de los cuerpos independientemente de las causas que lo generan (fuerzas). La enseñanza de la Cinemática se encuentra dentro de los contenidos básicos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), bajo los lineamientos y estructura curriculares para el grado noveno (MEN, 1998).

En este trabajo se ha escogido este tema debido a que la Cinemática es el punto de partida dentro de la enseñanza de la Física, para entender conceptos más complejos como la energía, la luz, el sonido, electricidad y magnetismo y la relación entre la fuerza y su interacción con los objetos.

Una vez delimitado el tema, la pregunta que surge entonces es: ¿cómo podemos mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje; para garantizar una adecuada asimilación de los conceptos claves de la Cinemática y aplicarlos en la resolución de problemas en diferentes contextos?

Para dar respuesta a este interrogante, en este trabajo se desarrollará una propuesta de aula basada en las TIC, teniendo como eje central el análisis gráfico y la plataforma tecnológica *PhysicsSensor*. Los estudiantes abordaran los temas centrales de la Cinemática (Movimiento Rectilíneo Uniforme, Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado, Caída Libre y Tiro Parabólico) utilizando cuatro módulos prediseñados con énfasis en el análisis gráfico y que requieren la utilización de la plataforma tecnológica *PhysicsSensor*. Esta plataforma permite medir las variables involucradas durante el movimiento de un cuerpo, utilizando la aplicación *video tracker*. Estas variables pueden ser exportadas, para realizar el análisis grafico correspondiente. El desarrollo de esta propuesta conlleva a la formulación de la pregunta de investigación y su correspondiente justificación, como desarrollará más adelante.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Descripción del problema

La Cinemática es una de las ramas de la física que más dificultades genera en los estudiantes para su asimilación. Las dificultades generalmente están relacionadas con la identificación de las variables, el análisis gráfico, la resolución matemática de las expresiones algebraicas, conversión de unidades etc. Estas dificultades están estrechamente ligadas con el hecho que los estudiantes no entienden conceptualmente el problema planteado por el docente o tutor (Díaz, 2011; Riaño & Clavijo, 2013; Torres, 2013).

Otro aspecto muy relevante, está relacionado con el diseño experimental para explicar el fenómeno físico. Los estudiantes encuentran los montajes experimentales algo monótono, que no generan en ellos la motivación necesaria para abordar los problemas físicos.

Dentro de los referentes teóricos utilizados para la construcción de los currículos autónomos por parte de las instituciones educativas, según el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998), se encuentran los referentes psicocognitivos. Dichos referentes, están relacionados con la construcción del pensamiento científico, explican los procesos de pensamiento y acción y se enfocan en el rol que cumple la creatividad en el desarrollo del pensamiento científico y la resolución de problemas.

Dando cumplimiento a estos lineamientos, en Colombia el estudio de la Cinemática se inicia en el grado noveno, donde se propone estudiar el movimiento de los cuerpos en la tierra: los trenes, los aviones, los automóviles, las cosas que caen; conceptos de rapidez, velocidad, aceleración etc.

Diversos estudios encontrados en la literatura(Díaz, 2011; Riaño & Clavijo, 2013; Torres, 2013), señalan que las dificultades en el proceso de aprendizaje de los conceptos de Cinemática y su aplicación en la resolución de problemas están relacionadas con el proceso de enseñanza tradicional. Es decir, los estudiantes resuelven los ejercicios planteados de manera mecánica, utilizando las formulas algebraicas que encuentran en los textos. Esta metodología, es en parte es el origen de las complicaciones en la asimilación de conceptos claves de la física; los cuales se propagan a lo largo de la secundaria hasta llegar a la universidad.

Entre estas complicaciones podemos encontrar las dificultades para resolver problemas que involucran el análisis gráfico, diferenciar entre posición y desplazamiento, velocidad y aceleración, reconocer las unidades de cada variable involucrada en proceso físico, derivar las ecuaciones algebraicas que gobierna el movimiento a partir de una gráfica, aplicar los conceptos de cinemática en la resolución de problemas cotidianos etc.

Recientemente se ha señalado en la literatura las ventajas de integrar las TIC en los procesos de enseñanza aprendizaje (Merchán, 2014; Pedraza, 2015; Urrea, 2013; Villagra, 2013). Sin embargo, existen pocos estudios acerca de la integración de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en el área de la Física. Por otra parte, no existe claridad sobre cuál debe ser la propuesta de aula que involucre las TIC en mejoramiento del proceso enseñanza aprendizaje; específicamente en la enseñanza de la Cinemática. Superar las dificultades que generan los métodos de enseñanza tradicionales en la asimilación de los conceptos de Cinemática, genera una oportunidad de investigación, dentro de la cual se enmarca este trabajo de maestría.

En este contexto, y como docente de física en el grado noveno del Colegio el Triángulo (Rionegro Antioquia), he podido evidenciar las dificultades descritas anteriormente, lo cual ha propiciado los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo articular las TIC al proceso de enseñanza–aprendizaje de la Cinemática Física?
- ¿Cómo desarrollar una propuesta de aula mediada por las TIC, que permita superar las dificultades en dicho proceso?
- ¿Cómo evaluar los resultados de la intervención?

Lo anterior nos permite plantear la pregunta de investigación y la correspondiente justificación como sigue.

1.2.2 Formulación de la pregunta

¿Qué estrategia metodológica, mediada por las TIC, permite mejorar el proceso enseñanza aprendizaje de la Cinemática en el grado noveno del Colegio el Triángulo?

1.3 Justificación

Hoy en día, las tecnologías de la información y la comunicación se han convertido en una poderosa herramienta para la enseñanza a nivel global. Los estudiantes al interactuar con herramientas tecnológicas tales como: aplicaciones, transmisión inalámbrica de datos, graficadores, montajes robóticos, y dispositivos electrónicos (micro-

controladores y circuitos integrados), encuentran el proceso de aprendizaje mucho más dinámico y atractivo. Al mismo tiempo, el proceso de diseño experimental se vuelve un proceso integrador en el cual el estudiante analiza y adquiere una mejor comprensión de fenómeno que está estudiando y planea resolver.

Las TIC conforman un pilar del desarrollo económico y tecnológico de las sociedades modernas. Uno de los principales indicadores de la calidad de la educación, en los países desarrollados, según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD) es la disminución de las brechas digitales.

Es decir, aumentar el número de individuos que utilizan las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje, dentro del aula de clase y fuera de ella. El impacto positivo de las TIC en el aula de clase ha sido reconocido por diversos autores (OECD, 2015), por ejemplo, las TIC fomentan los procesos de lecto-escritura debido que los estudiantes hoy en día se sienten más atraídos por los entornos digitales. Sin embargo, el uso de herramientas digitales y las TIC en el proceso de enseñanza de las ciencias exactas es escaso, en comparación con otras áreas como las ciencias sociales.

En este contexto, esta propuesta platea la integración de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje; específicamente en el área de física (Cinemática), implementando el uso de la tecnología en el aula. Se espera que, entre otros beneficios, que los educandos puedan entender a través del análisis grafico los conceptos detrás de un fenómeno físico cotidiano, como es el movimiento de los cuerpos, vencer la apatía que genera el estudio de las ciencias naturales, aplicar los conceptos aprendidos en el desarrollo de problemas en la vida diaria.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta aula integrada a la utilización de las TIC para mejorar el proceso de enseñanza–aprendizaje de la Cinemática en el grado noveno del Colegio el Triángulo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el nivel conceptual de la Cinemática, que tienen los estudiantes del grado noveno de la I.E Colegio el Triángulo mediante una prueba escrita.
- Incorporar la utilización la plataforma *PhysicSensor* en el proceso de enseñanza de la Cinemática, teniendo como eje central el análisis grafico para la adquisición de nuevos conceptos y la resolución de problemas.
- Diseñar módulos didácticos para cada tema específico a enseñar de Cinemática y que involucren el uso de las TIC.
- Evaluar el impacto de la propuesta de aula mediada por las TIC, en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la Cinemática, en el grado noveno del Colegio el Triángulo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Referente Antecedentes

Una de las características primordiales de las sociedades del siglo XXI es el uso de las Tecnologías de la Información y la comunicación TIC, las cuales influencian la forma en que nos comunicamos, aprendemos, creamos e innovamos (John & Sutherland, 2004). Hoy día las TIC influencian cada aspecto de la vida cotidiana, especialmente los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las TIC son un grupo diverso de herramientas y recursos empleados para manejar información y comunicarnos.

El uso de las TIC en los procesos educativos, permite a los estudiantes trabajar en un ambiente colaborativo e interactivo, compartiendo información, ideas y conceptos no solo con el docente o moderador; sino con el medio que lo rodea (Merchán, 2014). Aunque el empleo de las tecnologías en el aula de clase, puede conectarse con la invención de la imprenta, la fotocopiadora y las micro filminas entre otros dispositivos, no fue sino hasta el desarrollo del computador personal y de la internet entre 1980-1990 que se da el gran salto hacia la incorporación de las TIC en el aula de clase.

Las diversas herramientas tecnológicas, las cuales incluyen múltiples sitios web, blogs, foros, aplicaciones etc., han redefinido el rol del docente y el proceso enseñanza-aprendizaje. Las TIC permiten entre otras cosas: remover los problemas relacionados con el espacio y tiempo; conectividad estudiante-estudiante/profesor; Intercambio de información a cualquier hora y en cualquier lugar; acceso global de la información; transmisión instantánea de la información; motivación y disfrute durante el proceso de aprendizaje.

En las últimas décadas el uso de las TIC ha sido de gran relevancia en el proceso de enseñanza de las ciencias, debido a la complejidad intrínseca de los conceptos científicos. La incidencia de las TIC en el área de las ciencias es múltiple y se da en diversos ámbitos; por ejemplo, en las clases teóricas o en los laboratorios. Las TIC permiten, entre otras cosas, la transmisión de datos de un montaje experimental a un ordenador, la utilización de sensores electrónicos que permiten llevar a cabo mediciones precisas, la modelación de experimentos de laboratorio o de situaciones físicas, químicas o biológicas, el manejo estadístico de datos, el refinamiento matemático y la representación gráfica, la educación virtual, etc. (Villagra, 2013).

En Colombia, se ha evidenciado el efecto positivo de las TIC en los procesos de enseñanza (Cucalón, 2014; Díaz, 2011; Ochoa, 2011; Suárez, 2015; Torres, 2013; Urrea, 2013). Un estudio realizado por la Universidad de los Andes en 2010 (MEN, 2017), demostró que la inclusión de herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza, conlleva a un decrecimiento en las tasas de deserción y repitencia. Así mismo, el desempeño en las Pruebas Saber y en los exámenes de ingreso a la educación superior mejoró ostensiblemente. En este sentido, las investigaciones en el ámbito nacional, con miras a medir el impacto de la incorporación de las TIC en el aula de clase han incrementado.

Urrea, (2013), analizó la influencia de las TIC en la enseñanza de la cinética y equilibrio químico con estudiantes de grado once. El autor trabajó la temática señalada anteriormente utilizando la forma tradicional de enseñanza (sin el uso de las TIC) y mediante el uso de la plataforma educativa virtual Moodle. El análisis estadístico de los resultados de un test de cinética y equilibrio químico, evidenciaron una mejor asimilación de los conceptos en los estudiantes que emplearon herramientas virtuales en el proceso de aprendizaje.

Ochoa, (2011), estudió la implementación de las TIC como herramienta didáctica para generar un aprendizaje significativo de los procesos celulares en los estudiantes de grado sexto. El uso de las TIC evidenció un aumento en el interés de los estudiantes por la biología y la asimilación de los conceptos fue mejor.

(Benjumea, 2016), investigó el rol de la simulación como herramienta para el aprendizaje de los conceptos físicos, encontrando que la interactividad con la simulación, permite mejorar la comprensión del modelo físico utilizado para explicar el fenómeno particular. El trabajo con las simulaciones, permite que los estudiantes reproduzcan fenómenos naturales difícilmente observables de manera directa en la realidad y de esta manera contrasta ideas previas, hipótesis y teorías a través de una representación visual.

Finalmente, es importante destacar que el uso de las TIC en la enseñanza y aprendizaje como lo afirma Villagra, (2013), no garantiza éxito educacional, ya que hay diversos factores que influyen en el proceso, lo fundamental es como se usan estas herramientas de información en proceso educativo.

2.2 Referente Teórico

La pedagogía puede definirse como un conjunto de modelos educativos, cuyo objetivo es la formación del ser humano a nivel intelectual, social y moral (Eldredge, 2017). En este sentido, cada sociedad de acuerdo al momento histórico y a su cultura ha adaptado sus modelos pedagógicos con el fin de formar al ser humano.

Existen diversos modelos psico-pedagógicos desde los cuales la pedagogía fundamenta teóricamente su rol en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Entre los cuales encontramos los modelos pedagógicos tradicionales, activos y cognoscitivos (Monterrey, 2017). En la pedagogía tradicional la adquisición del conocimiento se da a través de la transmisión de la información; mientras que en la pedagogía activa se prioriza acción, la manipulación y el contacto directo con los objetos.

Por otro lado, las pedagogías cognoscitivas se fundamentan en los postulados de la psicología genética las cuales establecen el desarrollo y la creatividad como el fin último de la educación, mediante la transformación de los contenidos, las secuencia y los métodos pedagógicos (Monterrey, 2017).

Los anteriores modelos pedagógicos, se basan en los paradigmas o esquemas básicos de la interpretación de la realidad. Los cuatro paradigmas en los cuales se fundamentan los procesos de enseñanza-aprendizaje son: el paradigma conductista, el paradigma cognitivo, el paradigma constructivista y el paradigma histórico-social.

El conductismo surgió como una teoría psicológica en las primeras décadas del siglo XX (1910-1920) y luego se adaptó a la educación, sus orígenes se remontan a la psicología mentalista realizada por John Watson, la cual propone una perspectiva diferente, centrada en el estudio objetivo de la conducta, obviando la conciencia y la introspección como métodos para obtener datos relevantes en psicología. Según el modelo conductista, el aprendizaje puede definirse como un cambio comportamental observable, en el cual los procesos mentales jerarquizados son irrelevantes en el proceso de aprendizaje. Debido a que no se pueden medir ni observar de manera directa (Ardila, 2013).

El paradigma histórico-social, fue desarrollado por L.S. Vigotsky en 1920 (Monterrey, 2017); pero no fue hasta décadas posteriores que se da a conocer entre la comunidad académica. En el paradigma histórico-social, el individuo, aunque relevante, no es la única variable que influencia el proceso de aprendizaje. Su historia personal, el estrato social, sus oportunidades sociales, su época histórica, las posibilidades de su entorno, son variables que no solo apoyan proceso de aprendizaje; sino que inciden y modifican el proceso en sí mismo.

El paradigma cognitivo surge con los aportes de Piaget, Ausubel, Bruner y Vygotsky entre otros a finales de 1950. El modelo cognitivo, establece una nueva versión del ser humano y su proceso de aprendizaje, considerándolo como ser dinámico que procesa la información, diferente a la visión reactiva y simplista del conductismo.

El constructivismo se basa en las teorías Piaget, (1952), Vygotsky (1978), Ausubel (1963), Bruner (1960), las cuales intentan explicar la naturaleza del conocimiento humano. Esta corriente considera el aprendizaje como un proceso esencialmente activo, es decir, el educando a medida que aprende incorpora los nuevos conocimientos en una red preexistente. Luego estos conocimientos van modificando a la luz de nuevas experiencias. Por los tanto se puede afirmar que el aprendizaje no es un proceso pasivo, ni objetivo; sino subjetivo y cambiante (Abbott, 1999).

2.3 Referente Conceptual-Disciplinar

2.3.1 La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel

La teoría del aprendizaje significativo surge en 1963 con el pedagogo y psicólogo norteamericano David P. Ausubel (Ausubel, 1960), en respuesta al modelo psico-pedagógico dominante de la época, el conductismo de Burrhus F. Skinner (Moreira, 2012). La base del enfoque conductista radica en que el comportamiento es controlado por las consecuencias. Por otro lado, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel se caracteriza por la interacción del nuevo conocimiento con la estructura cognoscitiva previa del individuo (subsumidores o ideas ancla) de manera no literal y no arbitraria (Moreira, 2012; M. L. R Palmero, 2004; M.L. R Palmero, 2011).

Para que exista aprendizaje significativo deben cumplirse tres condiciones esenciales:

- Disposición para aprender significativamente de quien aprende.
- Material significativo, que tenga relación con los subsumidores en la estructura cognitiva de quien aprende.
- La existencia de subsumidores o ideas anclas que permitan la interacción dinámica con el nuevo material.

La primera condición es la disposición del educando y es importante ya que, si hay disposición, es muy probable que el aprendizaje significativo ocurra. Si la intención del educando es la de aprender mecánica y memorísticamente, los resultados del proceso de enseñanza serán carentes de significado. La segunda condición hace referencia al material didáctico que se empleará en el proceso de enseñanza–aprendizaje.

Este material debe relacionarse con las ideas anclas del educando de manera no arbitraria, propiciando una relación dinámica entre las nuevas ideas y las previas presentes en la estructura cognoscitiva.

Sin embargo, es claro que aun existiendo disposición para aprender significativamente y material didáctico potencialmente significativo; si no existen subsumidores o ideas anclas presentes en la estructura cognoscitiva del educando, que sirvan de base para la adquisición de nuevo conocimiento, es improbable que el aprendizaje significativo tenga lugar. De ahí la famosa frase que sintetiza el pensamiento Ausbeliano: "*Averígüese lo que el alumno sabe y enséñese consecuentemente*" (Moreira, 2012).

Existen tres tipos de aprendizaje significativo: i) el aprendizaje significativo básico o de representaciones, ii) el aprendizaje significativo de proposiciones y iii) el aprendizaje significativo de conceptos. El primero hace referencia a la construcción de significado mediante uso de símbolos o palabras. El segundo del significado que adquieren un conjunto de palabras o símbolos. El tercer tipo de aprendizaje significativo, que es subsiguiente al de representaciones, representa un tipo de aprendizaje significativo más complejo ya que conduce a la producción de un nuevo significado que se relaciona con la estructura cognoscitiva.

Una pregunta frecuente al aplicar el modelo pedagógico de Ausubel, ¿es cómo demostrar que ha ocurrido aprendizaje significativo? La respuesta a este interrogante se encuentra en el diseño pruebas o test desarrollados para avaluar el aprendizaje adquirido por el educando. Esta parte importante, en ocasiones relegada en el proceso de enseñanza–aprendizaje, es vital a la hora de identificar si los educandos comprendieron significativamente los conceptos impartidos. Algunos autores sugieren que las pruebas deben redactarse en un lenguaje distinto, dentro de un contexto diferente al que se encuentra el material pedagógico impartido (Moreira, 2012). Otra aproximación es la resolución de problemas que involucren el razonamiento, astucia, táctica y los principios fundamentales necesarios para resolver el problema (Moreira, 2012).

Este trabajo centrará su enfoque en el modelo constructivista, con especial énfasis en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel. La Teoría del Aprendizaje Significativo tiene en cuenta los elementos, factores, condiciones que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que sele le ofrece al estudiante, de tal forma que adquiera un significado para él (M. L. R Palmero, 2004; M.L. R Palmero, 2011).

En el Aprendizaje Significativo la apropiación del conocimiento se da mediante la interacción de la nueva información con conocimientos previos en la estructura cognitiva, dichos conocimientos se van enriqueciendo y modificando, dando lugar a nuevos conocimientos o ideas-ancla fuertes. Los cuales servirán de base para la adquisición de conocimientos en un futuro.

Los requisitos que deben cumplirse para que los procesos de aprendizaje significativo son: actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, o sea, predisposición para aprender de manera significativa, presentación de un material potencialmente significativo. Entre los postulados constructivistas a tener en cuenta, en esta investigación se encuentran: el aprendizaje es un proceso activo. Cada conocimiento nuevo es asimilado y depositado en una red de conocimientos previos, la construcción mental de significados requiere una base social. Finalmente, este proceso aprendizaje estará mediado por el docente, quien, con el manejo del conocimiento específico, en este caso en física y con la ayuda invaluable de las tecnologías de la información, planea una asimilación integral de los conceptos descritos en el aula de clase.

2.3.2 Cinemática y análisis gráfico

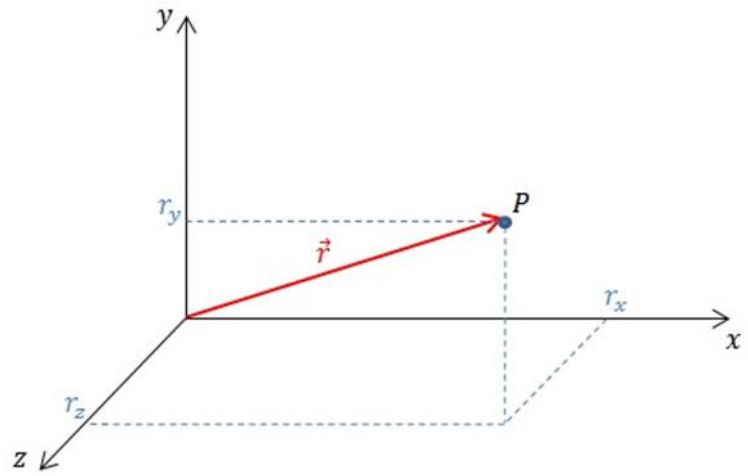
La Física puede definirse como la ciencia que estudia propiedades y transformaciones de la materia, mediante aproximaciones teóricas y experimentales (Giancoli, 2005). La física sirve de apoyo para otras ciencias, tales como la química; para su desarrollo y elaboración de teorías. La física al igual que otras ciencias exactas y naturales se divide en varias ramas. Una de estas ramas es la Mecánica, la cual se ocupa del movimiento de los cuerpos y las fuentes que los generan (fuerzas).

La Mecánica, a su vez puede dividirse en tres ramas: Cinemática, la cual describe el movimiento de los cuerpos independientemente de sus causas (fuerzas), Dinámica que estudia el movimiento y las causas que lo producen y Estática que estudia el equilibrio y las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

En la Cinemática clásica existen cuatro elementos básicos que permiten describir el movimiento de los cuerpos: posición, tiempo velocidad y aceleración. El concepto de posición, está relacionado con el sistema de referencia elegido, para especificar la posición del cuerpo objeto del estudio cinemático y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI), es el metro (m).

Una vez especificado el sistema de referencia, la posición está dada por un vector $\vec{r}$ el cual sitúa al objeto respecto al origen del sistema de referencia elegido. En el caso del sistema de coordenadas cartesianas la posición del cuerpo P está especificada por el vector $\vec{r}$ y la línea que va del origen al punto donde se encuentra el cuerpo, se denomina trayectoria (ver Figura 2.3.2.1). Así mismo el vector desplazamiento ($\Delta\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1}$) puede definirse como el cambio del vector posición. Por otro lado, el tiempo es la magnitud física mediante la cual medimos la duración o separación de un fenómeno físico, en este caso el movimiento y su unidad SI de medida es el segundo (s).

Figura 2.3.2.1 Vector posición $\vec{r}$ para un cuerpo P en un sistema de coordenadas cartesianas.



La velocidad media ($\vec{v}$) de un objeto se define como el desplazamiento dividido por el intervalo de tiempo (Ecuación 3.1):

$$\vec{v}\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \tag{3.1}$$

Así mismo la aceleración media ($\vec{a}$) de un objeto, es el cambio de velocidad en un intervalo de tiempo dividido por ese intervalo de tiempo (Ecuación 3.2)

$$\vec{a}\left(\frac{m}{s^2}\right) = \frac{\Delta\,\vec{v}}{\Delta t} \tag{3.2}$$

Existen varios tipos de movimiento, de los cuales se encarga la cinemática y pueden clasificarse según la trayectoria que describe la partícula y/o el intervalo de tiempo en cual se produce. Si el movimiento se produce a través de una línea recta, se habla de entonces de movimiento lineal. Si el movimiento se repite en intervalos regulares de tiempo hablamos de movimiento periódico y por último hablamos de movimiento circular si el movimiento describe una trayectoria circular. En este trabajo se analizarán tres tipos de movimiento:

- Movimiento Rectilíneo Uniforme
- Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado
- Caída Libre
- Movimiento Parabólico

Las características de cada movimiento y las ecuaciones algebraicas que los gobiernan, se describen con detalle en el Apéndice A. Por otra parte, la cinemática y el análisis gráfico guardan una estrecha relación, ya que a través del análisis gráfico es posible extraer la información de una situación física. Sin embargo, los profesores de física, a menudo asumen erróneamente que toda la información puede obtenerse a partir de un gráfico.

Según Beicher (Beichner, 1994) la habilidad de trabajar cómodamente con gráficos, es una característica esencial de todo aquel que desee involucrase en el trabajo científico. Las gráficas permiten resumir larga cantidad de datos sin perder el análisis de pequeños detalles. En este trabajo se hará énfasis en el análisis gráfico, con el objetivo de interpretar problemas en cinemática.

2.4 Referente Legal

Diversas organizaciones como la UNESCO y la OECD han señalado importancia de la educación científica en la formación educativa de la población, con el objetivo de que cada individuo posea un conocimiento acerca de las ideas y conceptos centrales que forman las bases del pensamiento científico y tecnológico (UNESCO, 2016).

En Colombia, la Ley 115 de febrero 8 de 1994, señala las normas que rigen la educación pública en el país. Entre otros objetivos está formar educadores de la más alta calidad científica, promover y estimular la investigación educativa, científica y tecnológica. Para alcanzar dichos fines el Ministerio de Educación Nacional es la entidad estatal encargada de expedir los lineamientos curriculares y estándares de competencias, con miras a generar una cultura científica entre los educandos. En este sentido el MEN establece los contenidos básicos, que sirven de referencia para elaborar los currículos en las entidades educativas. Dichos lineamientos abarcan contenidos desde el preescolar hasta el grado 11.

Las directrices del MEN para los grados séptimo, octavo y noveno establecen que: "*el educando en estos niveles intentar construir teorías nuevas utilizando modelos cuantitativos sencillos. El concepto de medida toma relevancia en el desarrollo de dichas teorías y se va introduciendo paulatinamente el lenguaje de la ciencia y la tecnología"* (MEN, 1998). Específicamente, en el área de física, señala la necesidad de abordar el conocimiento de los procesos físicos, entre ellos el concepto de fuerza y sus efectos sobre los objetos. Lo cual incluye el estudio del movimiento de los objetos sobre la superficie terrestre: los aviones, los trenes, los automóviles, las cosas que caen; conceptos de velocidad, rapidez, fuerza y aceleración, relaciones cuantitativas entre ellos.

La tabla 2.4.1 presenta un nomograma que resume las políticas educativas en el ámbito nacional e internacional, en términos generales y en relación al uso de nuevas tecnologías.

Tabla 2.4.1 Nomograma sobre las políticas Colombianas y extranjeras en educación.

Características legales	Texto de la norma	Contexto de la norma
UNESCO	Las TIC contribuyen al acceso universal de la educación.	Estable las TIC como una herramienta que garantiza una educación de calidad y una igualdad en los procesos educativos.
Constitución política de Colombia (1991)	Artículo 67: “la educación es un derecho fundamental y cumple una función social”	Al establecer la educación como un derecho fundamental se garantiza su acceso a las personas.
Ley general de Educación (Ley 115 de 1994)	Artículo 5, paragrafo 13. “Promover en la sociedad la capacidad investigativa…”	Dictamina la promoción y el uso de las TIC en los procesos De enseñanza aprendizaje.
Plan de desarrollo de Antioquia	Incorporar las TIC en el desarrollo de procesos educativos	Ayuda al desarrollo de las competencias básicas de los estudiantes, haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).
Plan de desarrollo 2016-2019 Medellín	Proyecto: Creación del proyecto Escuela Digital para facilitar el uso y la apropiación de las TIC en la ciudadanía.	Se diseñan estrategias que promueven la formación en ciencias, así como, la investigación y los procesos de enseñanza, apoyándose en las TIC

En el contexto internacional, la enseñanza de las ciencias (Física, Química, Matemáticas y Biología) ha cambiado radicalmente en los últimos quince años. Muchos países, entre ellos Estados Unidos (Carnoy & Rothstein, 2015; Fensham, 2007), han introducido reformas en sus sistemas educativos en la enseñanza de las ciencias, con miras a alcanzar un mejor rendimiento en pruebas internacionales tales como *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) y *The Program for International Student Assessment* (PISA).

2.5 Referente Espacial

El Colegio El Triángulo, es una entidad de carácter privado, localizada en el municipio de Rionegro (Antioquia). La Institución es de carácter mixto y su comunidad educativa es de aproximadamente 350 estudiantes, distribuidos en los niveles preescolar, primaria, secundaria (básica y media), repartidos en 18 grupos de jornada única. Su planta docente se encuentra conformada por veintiséis (26) docentes, dos (2) coordinadores, un (1) rector, una (1) secretaria académica, una administradora, una (1) psicóloga, un (1) asesor de apoyo pedagógico y cinco (5) personas de oficios varios. El Proyecto Educativo Institucional (PEI) establece el modelo pedagógico seguido en la institución:

"*El modelo de intervención pedagógica triángulo, construido a partir de los aportes significativos de la pedagogía Waldorf, modelo didáctico operativo, la pedagogía humanística y la pedagogía liberadora de Paulo Freire, que fundamenta el proceso aprendizaje en las cualidades, intereses y necesidades de cada individuo. Acompañando el educando en todo el proceso con una educación integral que promueva la creatividad, la imaginación, la investigación y las cualidades humanas.*"

Es en esta Corporación educativa, donde se realizó una intervención de aula, que tiene como objetivo contribuir al desarrollo del PEI; haciendo uso de las TIC como herramienta esencial para potenciar el proceso de enseñanza–aprendizaje.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque

El enfoque de este trabajo de investigación es de corte cualitativos, enmarcado dentro del modelo de investigación-acción, el cual considera la enseñanza como un proceso de investigación, en este modelo se integran la reflexión y el trabajo intelectual en las experiencias propias de la actividad educativa (Bausela, 1992). El rasgo fundamental del modelo de investigación-acción es el análisis reflexivo que el docente o profesional hace de su quehacer.

El modelo de investigación-acción comprende tres funciones y finalidades básicas: i) la investigación, ii) la acción y iii) formulación/perfeccionamiento. El modelo de investigación-acción es un proceso que se caracteriza por ser construido desde y para la práctica, tiene como objetivo mejorar la práctica mediante su transformación, involucra la participación de los sujetos en la mejora de sus prácticas, exige actuación grupal y coordinación en el proceso investigativo, implica el análisis crítico y se configura como una espiral de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión.

La investigación-acción es un proceso dinámico que no se limita a seguir el método científico para llegar a una conclusión; por el contrario, es un proceso en el que se modifica y evolucionan el investigador, las situaciones en las que este actúa y su entorno en lo que se conoce como investigación-acción-cambio. Las modalidades del enfoque investigación-acción son: técnica, practica y critica. La modalidad técnica genera un conocimiento de tipo técnico y/o explicativo, la modalidad practica como su nombre lo indica genera un conocimiento práctico, mientras que la modalidad critica está relacionada con la generación de un conocimiento emancipativo el cual que implica tener conciencia de las limitaciones prácticas.

3.2 Método

El método seguido en este trabajo de investigación, está basado en el paradigma critico-social. El cual tiene como objetivo promover las transformaciones sociales, solucionando problemas específicos al interior de las comunidades, mediante la participación de todos sus miembros.

En este contexto, los resultados de las evaluaciones escritas y quices de laboratorio realizadas a lo largo del año escolar en el Colegio el Triángulo demuestran que los estudiantes presentan dificultades para la asimilación de los conceptos básicos de cinemática, utilizando los métodos de enseñanza tradicional. Por lo tanto, se plantea la incorporación de las TIC en el aula de clase con el fin evaluar su impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje.

El primer paso consiste en diagnosticar el grado de asimilación de los conceptos de cinemática en los estudiantes de noveno grado. Mediante la aplicación de pruebas escritas (evaluación bimestral, quices e informes de laboratorio). Con los resultados obtenidos, se analizarán e identificarán las principales dificultades en el proceso de aprendizaje y asimilación de los conceptos físicos. Acto seguido se implementará el proyecto de aula donde se identifiquen las principales características de la cinemática, incorporando las TIC en el proceso de enseñanza. Finalmente, se aplicarán de nuevo las pruebas realizadas inicialmente. A través del análisis numérico y gráfico de los nuevos resultados, se evaluará la incidencia de las TIC en el proceso de aprendizaje de la cinemática; permitiendo así, una autorreflexión integral del rol que desempeña cada sujeto de la comunidad en el proceso de aprendizaje.

3.3 Instrumentos de recolección y análisis de información.

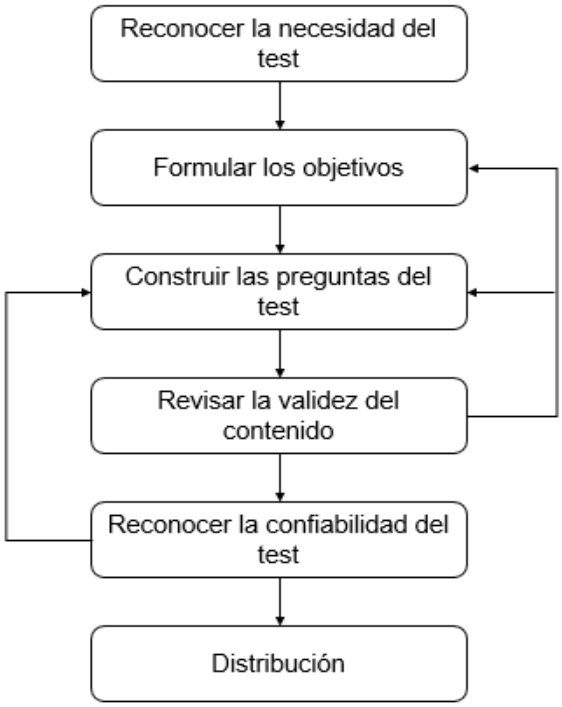
3.3.1 Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática (TUG-K)

Con el objetivo de evaluar el impacto de la propuesta de aula desarrollada en este trabajo, se aplicó a los estudiantes un cuestionario basado en el *Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática* (TUG-K por sus siglas en inglés) desarrollado por Beicher (Beichner, 1994).

El test TUG-K fue desarrollado a partir de datos colectados con 895 estudiantes de secundaria y universidades en Estados Unidos. El TUG-K, está basado principalmente en el entendimiento de los conceptos de la cinemática a través de gráficas. La interpretación de gráficas es una parte esencial en ciencias, ya que permiten la identificación de tendencias que no pueden ser reconocidas en tablas u otras formas de representación de datos.

(Beichner, 1994) señala que los profesores de física a menudo reportan, que los estudiantes no pueden usar gráficas para representar una realidad física, debido que cometen errores simples tales como: (1) creer que la gráfica es una simple representación de la situación física estudiada, (2) confundir el significado de la pendiente etc. La Figura 3.3.1 muestra el diagrama de flujo empleado para la construcción de TUG-K.

Figura 3.3.1.1 Diagrama de flujo para el desarrollo del test mostrando los circuitos de retroalimentación entre los pasos (Beichner, 1994).



Cada paso puede consistir de varios subpasos. Una vez se ha construido el test, una serie de objetivos, relacionados con el entendimiento de las gráficas en cinemática emerge. Los objetivos fueron desarrollados por (Beichner, 1994) para el TUG-K a partir de la revisión de bancos de preguntas y de libros introductorios de física.

Los objetivos son presentados en la Tabla 3.3.1. Tres preguntas fueron construidas por cada objetivo, produciendo un test de 21 preguntas con múltiple respuesta. Varios “distractores” que incluyen los errores más comunes cometidos por los estudiantes, durante el estudio de los conceptos de cinemática, fueron incluidos en cada pregunta de selección múltiple.

Tabla 3.3.1 Objetivos del Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática. La última columna corresponde al porcentaje de aciertos.

Pregunta	**Objetivo**	**(%) de aciertos**
Gráfico posición vs tiempo	Determinar la velocidad	51
Gráfico velocidad vs tiempo	Determinar la aceleración	40
Gráfico velocidad vs tiempo	Determinar el desplazamiento	49
Gráfico aceleración vs tiempo	Determinar el cambio en la velocidad	23
Gráfico de cinemática	Seleccionar la gráfica correspondiente	38
Gráfico de cinemática	Seleccionar la descripción textual	39
Descripción textual de movimiento	Seleccionar la gráfica correspondiente	43

3.3.2 Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado(TUG-K2)

Como instrumento de recolección y análisis de información, en este trabajo se utilizó el Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado (TUG-K2), basado en el TUG-K descrito en el numeral anterior (Zavala, Tejeda, Barniol,Beichner, 2017). El TUG-K2 consta de 12 preguntas y los cambios más significativos respecto al test original (TUG-K) son: (i) la adición y remoción de preguntas para alcanzar un paralelismo en los objetivos del test, permitiendo así la

comparación del rendimiento de los estudiantes y (ii) cambio de alguno de los distractores del test original. Luego de administrar el test modificado a 471 estudiantes en Estados Unidos y en México, los autores concluyeron que el test modificado satisface las pruebas estadísticas de dificultad, poder de discriminación y confiabilidad. El Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado(TUG-K2) se presenta en el apéndice B. La correspondencia del TUG-K2 con el test original (TUG-K), en términos de preguntas aplicadas y conceptos evaluados se presenta en la Tabla 3.3.2.1

Tabla 3.3.2.1 Correspondencia entre el TUG-K2 y el TUG-K.

Pregunta TUG-K-2	Pregunta TUG-K	Respuesta	Concepto	Acción
1	2	E	Aceleración	Pendiente de la gráfica V vs t
2	3	D	Velocidad	Pendiente de la gráfica x vs t
3	4	D	Desplazamiento (“Distancia”)	Área de la gráfica V vs t
4	5	C	Velocidad	Pendiente de la gráfica x vs t
5	8	D	Velocidad	Pendiente de la gráfica x vs t
6	9	E	Velocidad y aceleración	Forma de la gráfica x vs t
7	12	B	MU	Las tres gráficas
8	16	D	Cambio de velocidad	Área bajo la gráfica a vs t
9	18	B	Desplazamiento (“Distancia”)	Área de la gráfica V vs t
10	19	C	MRUA	Las tres gráficas
11	20	E	Desplazamiento (“Distancia”)	Área de la gráfica V vs t
12	21	A	Velocidad y aceleración	Gráfica de V vs t

El Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado (TUG-K2), presentado el Apéndice B fue administrado a los grupos Noveno 1 y Noveno 2 antes (Pre-test) y después (Post-test) de la intervención en el aula. La tabla 3.3.2.2 presenta las preguntas del test modificado (TUG-K2) con sus respectivos objetivos.

Tabla 2.3.2.2 Clasificación de las preguntas del TUG-K2 de acuerdo a los objetivos.

Objetivo	Pregunta	# de pregunta TUG-K-2
1	Dado el gráfico de determinar la velocidad	4
2	Dado el gráfico de v vs t determinar la aceleración	1
3	Dado el gráfico de v vs t determinar el desplazamiento	3, 9, 11
4	Dado el gráfico de a vs t determinar el cambio de velocidad	8
5	Dada una gráfica cinemática seleccionar una equivalente	10, 7
6	Dado un gráfico de cinemática seleccionar la descripción textual	2, 5, 12
7	Dada la descripción textual del movimiento seleccionar el gráfico correspondiente	6

Con el objetivo de medir el impacto de la intervención en el aula, se midió la ganancia $\langle g \rangle$. El termino ganancia fue introducido por Hake en 1998 (Hake, 1998) como una medida de la efectividad de un curso en promover la ganancia conceptual de un tema específico. Y se ha convertido en una medida estándar, a la hora de evaluar resultados como los obtenidos en este trabajo. Hake define la ganancia normalizada como:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \%post \rangle - \langle \%pre \rangle}{100 - \langle \%pre \rangle} \qquad 3.3.1$$

Donde $\langle \%pre \rangle$ y $\langle \%post \rangle$ son los porcentajes de resultados correctos antes y después de la intervención. La ganancia normalizada, además puede categorizarse como baja $\langle g \rangle \leq 0.3$, media $0.3 < \langle g \rangle \leq 0.7$ y alta; $\langle g \rangle \geq 0.7$ respectivamente. La ganancia promedio para un grupo específico se calcula como sigue:

$$\langle g \rangle_{promedio} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} g_i \qquad 3.3.2.2$$

Donde n es el número de estudiantes que participan en la prueba.

3.4 Población y Muestra

La población de esta investigación comprende la comunidad educativa del Colegio el Triángulo, dentro de esta, el subconjunto objeto de recolección de datos serán los alumnos del grado noveno. Conformado por dos grupos mixtos (Noveno 1 y Noveno 2) de 20 estudiantes, entre 14 y 15 años, de estrato socioeconómico alto (5 y 6). Es importante resaltar que en los grupos objeto de estudio no se tienen estudiantes con necesidades especiales.

3.5 Delimitación y Alcance

Aunque en principio esta propuesta será aplicada Colegio el Triángulo, podría aplicarse para la enseñanza de la cinemática en cualquier institución educativa del país y/o el exterior. Al finalizar esta investigación, se espera que los resultados obtenidos sirvan como herramienta para concluir acerca del impacto de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Adicionalmente, los resultados servirán de insumo para mejorar los planes curriculares, la labor docente y el modelo de enseñanza aplicados en el Colegio el Triángulo.

Dentro de los impactos positivos esperados se encuentra la innovación que supone el uso de las TIC para la enseñanza de la cinemática en el aula de clase. El estudiante más que memorizar fórmulas para la resolución mecánica de ejercicios, tendrá que leer cada módulo antes de realizar la experiencia en el laboratorio. El proceso de adquisición de los datos, al ser un proceso dinámico, que involucra el ensamblaje de un montaje experimental en el laboratorio

y la utilización de un dispositivo electrónico tipo celular o tableta, para medir las variables a través de video serán un factor clave a la hora de atraer la atención del alumno

3.6 Cronograma

El primer paso consiste en diagnosticar el grado de asimilación de los conceptos de cinemática en los estudiantes de noveno grado. Mediante la aplicación de pruebas escritas (evaluación bimestral, quices e informes de laboratorio). Con los resultados obtenidos, se analizarán e identificarán las principales dificultades en el proceso de aprendizaje y asimilación de los conceptos físicos. En la segunda fase se hará la intervención en el aula involucrando las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, luego se aplicarán nuevamente las pruebas de la primera fase y se organizarán los nuevos datos obtenidos. Una vez consolidados los datos en las dos fases, se procederá a su análisis. La Tabla 3.6.1 resume las fases del proceso investigativo y el cronograma de actividades se presenta en la Tabla 3.6.2.

Tabla 3.6.1 Fases, objetivos y actividades del proceso investigativo.

Fases	Objetivos	Actividades
Fase 1: Diagnóstico	Diagnosticar mediante la realización de diversas pruebas evaluativas, el nivel de conceptos previos de la cinemática en los estudiantes de noveno grado.	Aplicación de pruebas escritas (evaluación bimestral, quices e Informes de laboratorio) pruebas tipo Saber.
Fase 2: Análisis	Analizar dificultades en el proceso de aprendizaje y asimilación de los Conceptos Cinemática.	Análisis de los resultados mediante gráficos.
Fase 3: Intervención	Aplicación del proyecto de aula propuesto mediado por las TIC	Desarrollo de actividades en el aula siguiendo módulos específicos de cinemática y laboratorios relacionados con dichos módulos utilizando el software Physics Sensor y dispositivos móviles (celulares).
Fase 4: Evaluación	Evaluar la incidencia de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de la cinemática.	Contrastación de los resultados académicos obtenidos mediante el método de enseñanza tradicional y el proyecto de aula utilizando las TIC.

Tabla 3.6.2 Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
Revisión bibliográfica																				
Diseño e implementación del equipo de laboratorio a emplear																				
Diseño del cuestionario PRE y POS TEST																				
Diseño de Módulos																				
Evaluación del estado inicial																				
Aplicación de prueba PRETEST																				
Análisis del estado inicial																				
Aplicación de Módulos																				
Evaluación del estado final																				
Aplicación de prueba POSTEST																				
Análisis de resultados																				
Elaboración del Informe Final																				

4. TRABAJO FINAL

4.1 Diagnóstico inicial

Como se mencionó anteriormente, la población de esta investigación comprende los alumnos del grado noveno del Colegio el Triángulo. Conformado por dos grupos mixtos (Noveno 1 y Noveno 2) de 20 estudiantes.

Figura 4.1 Estudiantes del grado Noveno 1.

El diagnóstico inicial de ambos grupos se llevó a cabo analizando los resultados de las evaluaciones bimestrales e informes de laboratorio relacionados con el tema de Cinemática. Donde se pudo evidenciarue los alumnos presentan dificultades en la identificación de las variables del problema asignado. Por ejemplo, confunden posición con desplazamiento.

Adicionalmente se encontró que cerca de 80% de los estudiantes (en ambos grados) presentan dificultades a la hora de resolver ejercicios que involucran el análisis gráfico. Por ejemplo, dado un gráfico de posición vs tiempo determinar la velocidad, asignar el tipo de movimiento dado un gráfico especifico, determinar la velocidad y aceleración a partir de un gráfico etc.

Figura 4.1.2 Estudiantes del grado Noveno 2.

Una vez identificados las debilidades de los estudiantes y los vacíos conceptuales en el tema de cinemática, se procedió a la implementación de la propuesta de aula. Los resultados fueron analizados comparando los resultados del pre–test del TGUK-2 antes de la intervención con los resultados post–test TGUK-2 luego de la intervención con la propuesta de aula descrita anteriormente.

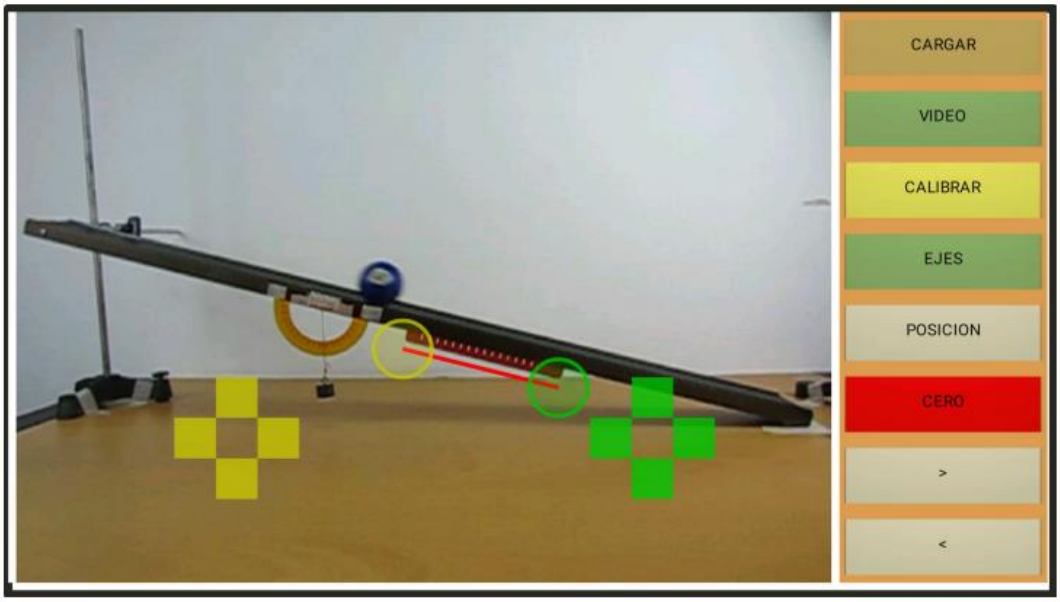
4.2 Plataforma Physics Sensor

PhysicsSensor es una plataforma tecnológica para dispositivos móviles ANDROID® desarrollada en 2013, por docentes de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Esta plataforma es una poderosa herramienta que puede usarse en los laboratorios de ciencias naturales, facilitando la integración de las TIC en los procesos de enseñanza–aprendizaje a un bajo costo y con un alto valor agregado (Nacional, 2018).

Aunque *PhysicsSensor* puede acoplarse a diversos equipos de laboratorio tales como: fotocompuertas, espectrómetros, polarizadores etc. En este trabajo se hará uso de la aplicación *Video Tracker*, la cual permite grabar videos de experimentos, realizar un análisis de los fotogramas permitiendo conocer la posición de un cuerpo desplazándose en un sistema de coordenadas cartesianas (x,y) en función del tiempo. Con estos datos los alumnos pueden realizar estudios Cinemáticos del cuerpo en movimiento y obtener valores de velocidad y aceleración. El primer paso antes de realizar la medición en el laboratorio, es realizar la calibración conociéndola longitud de alguno de los objetos que intervienen en el video como lo muestra la Figura 4.2.1.

Figura 4.2.1 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado.



Luego de la calibración, se procede a la elección del sistema de coordenadas y se inicia la toma de fotogramas como lo muestran las figuras 4.2.2 y 4.2.3 respectivamente.

Figura 4.2.2 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado.

Otra ventaja que presenta] la plataforma, es que los datos son almacenados automáticamente, lo cual permite realizar gráficos de movimiento y ajuste por mínimos cuadrados, con los respectivos coeficientes y sus incertidumbres (ver Figura 4.2.4).

Figura 4.2.3 Ejemplo de calibración en *PhysicsSensor* para una partícula que se mueve en un plano inclinado.

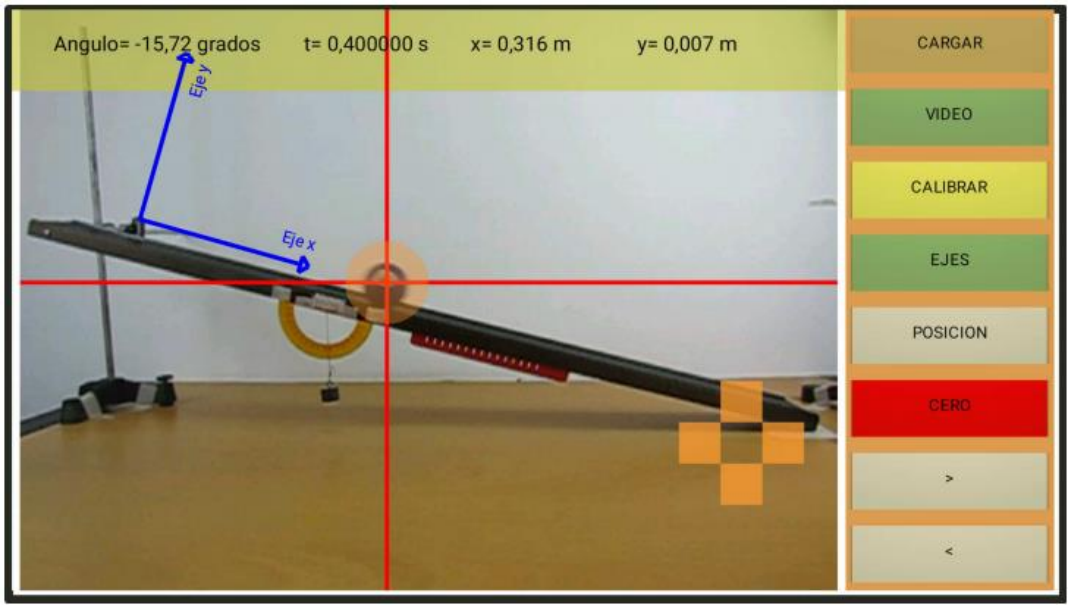
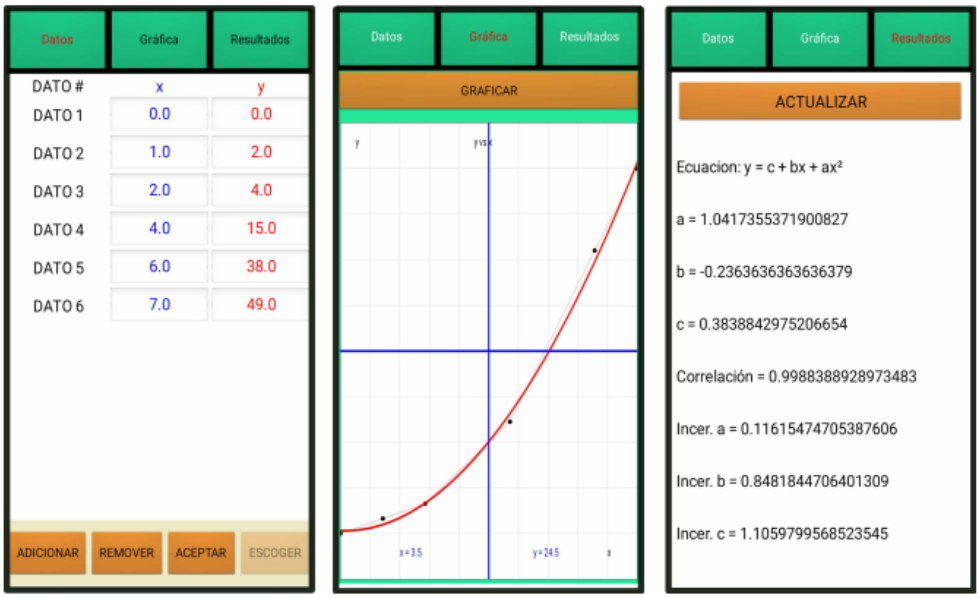


Figura 4.2.4 Visualización de datos en PhysicsSensor



Esto les permite a los estudiantes aprender haciendo en un entorno de aprendizaje significativo. Pues el resultado gráfico tiene un componente matemático que se supone que el estudiante tiene en su estructura cognitiva (idea ancla). Otra ventaja de esta propuesta y de la plataforma es que el estudiante aprende haciendo, ya que es él/ella quien realiza el proceso de medición. Así mismo el trabajo en equipo en el laboratorio, promueve el trabajo colaborativo.

4.3 Resultados y análisis

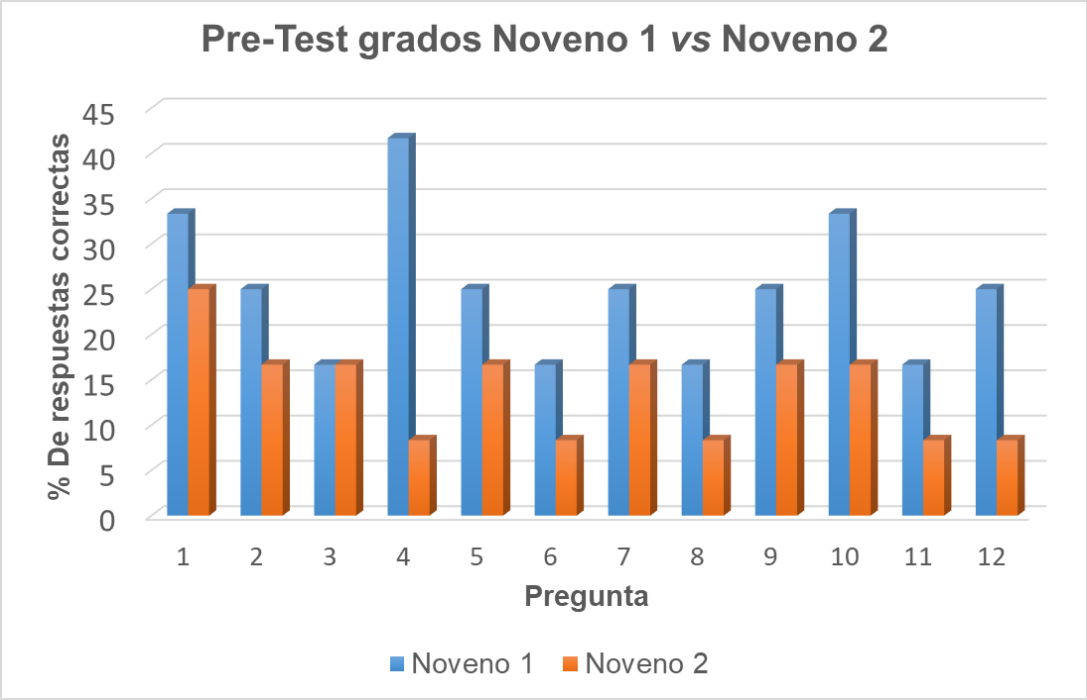
4.3.1 Aplicación del TUG-K2 (pre–test y post–test)

En el marco del desarrollo de la propuesta metodológica de este trabajo, el Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado (TUG-K2), presentado el Apéndice B fue administrado a los grupos Noveno 1 y Noveno 2 antes de la intervención en el aula (Pre-test). La Figura 4.3.1.1 presenta los resultados obtenidos para los grados Noveno 1 y Noveno 2, como porcentaje de respuestas correctas.

En términos generales se observa un mejor rendimiento por parte de los estudiantes del grupo Noveno 1 comparado con el grado Noveno 2. En el grado Noveno 1 el mayor porcentaje de aciertos se da en la pregunta 4 con un 42% de los estudiantes respondiendo correctamente; seguido de las preguntas 1,2,5,7,9 y 12 donde un 25% de los estudiantes del grado Noveno 1 acertó en la respuesta correcta. Para el resto de las preguntas (3,6,8 y 11) el porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente se ubicó en un 17%.

Por otro lado, en el grado Noveno 2 el más alto de aciertos se da también en la pregunta 4 con un 25% de los alumnos que respondieron correctamente. Seguido de las preguntas 1,3,5,6,9 y 10 con un 17%. Los porcentajes más bajos de aciertos fueron para las preguntas 2,7,8,11 y 12 con 8%, respectivamente.

Figura 4.3.1.1 Resultados del TUG-K2 (pre–test) administrado antes de la intervención.



Estos resultados muestran la existencia de las dificultades para la asimilación e interrelación de los conceptos de Cinemática. Por ejemplo, llama la atención que un alto porcentaje (42%) de los estudiantes del grado Noveno 1 respondan correctamente la pregunta 4, la cual implica el concepto de velocidad y de pendiente de una recta; pero respondan incorrectamente las preguntas 2 y 5 que implican los mismos conceptos. Al observar las preguntas 2 y 5, se puede inferir que, aunque los estudiantes tengan claro el concepto matemático de pendiente, lo cual constituye una idea ancla o un subsumidor tal y como lo señala Ausubel (Ausubel, 1960) no son capaces de relacionar este concepto de velocidad con el cambio de posición (x) en función del tiempo (t) cuando este se presenta de manera gráfica. Esta dificultad constituye una oportunidad para la intervención en el aula mediada por las TIC de este trabajo de investigación.

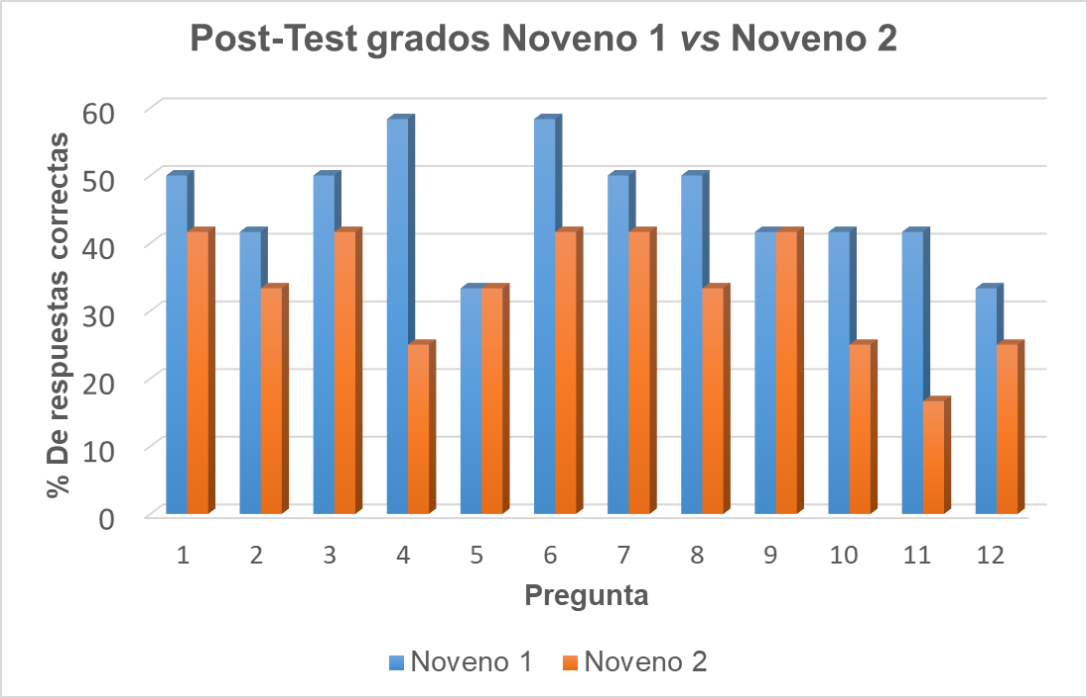
Como se mencionó en la sección 3.1, una de las características de modelo de investigación-acción es la reflexión, la cual debe darse a la par que se desarrolla el proceso de enseñanza basado en la investigación y construido desde la práctica. Esta propuesta involucra estos tres aspectos fundamentales, dado que el desarrollo de los módulos en el laboratorio de Física, lo cual predispone a los estudiantes para la resolución de un problema basado en la práctica y que requiere investigación. Se hará énfasis en que este proceso, no es un proceso estático y mecánico; por el contrario, es un proceso dinámico en el cual las variables medidas no solo se usaran para la resolución de un problema, sino que pueden utilizarse para la representación gráfica del fenómeno físico estudiado.

Por ende, esta propuesta de aula es innovadora, ya que no solo incorpora las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje; sino que les permite a los estudiantes desarrollar un trabajo practico, basado en la investigación, reflexionando siempre sobre los resultados obtenidos y las formas de representarlos.

Luego de la aplicación de los módulos 1-5 (apéndice A), el mismo TUG-K2 se administró a los mismos grupos, con el objetivo de observar el impacto en el conocimiento y comprensión de los conceptos de cinemática. La Figura 4.3.1.2 presenta los resultados obtenidos para los grados Noveno 1 y Noveno 2, como porcentaje de respuestas correctas obtenidas en el TUG-K2 después de la intervención en el aula.

En general, se observa un aumento en el número de respuestas correctas, para ambos grupos. Nuevamente el grado Noveno 1 presenta un mejor rendimiento comparado con el grado Noveno 2. Para el grado Noveno 1 el mayor incremento en el número de aciertos se da en la pregunta 6 con un incremento del 41 % con respecto al pre–test (ver Figura 4.3.1.1), seguido de las preguntas 3 y 9 con un 33%, 11 y 7 con un 25 %, 1, 2, 4 y 9 con un 17 % y 5, 10 y 12 con 8%, respectivamente.

Figura 4.3.1.2 Resultados del TUG-K2 (post–test) administrado después de la intervención.



Para el grado Noveno 2, el mayor incremento en el número de aciertos se da en la pregunta 6 con un incremento del 33 %, seguido de las preguntas 3,7,8 y 9 con un 25%, 1,2,4,5 y 12 con un 17 %, y 10 y 11 con un 8%, respectivamente. Interesantemente el mayor incremento en el número de respuestas correctas para ambos grupos se da en la pregunta 6 (41% *vs* 33%). Según la Tabla 4.5, la pregunta 6 está relacionada con el objetivo 7: *"dada la descripción textual del movimiento, seleccionar el gráfico correspondiente"*. Esto indica que la propuesta de aula mediada por las TIC y basada en el análisis grafico mejora una de las dificultades recurrente en Cinemática, que es la descripción grafica del movimiento de un cuerpo. En la siguiente sección se analizará con más detalle la ganancia conceptual, en términos de los objetivos a través de la ganancia de Hake.

4.3.2 Ganancia en el aprendizaje

Con el objetivo de analizar la ganancia en el aprendizaje por objetivos, se calculó la ganancia normalizada según la ecuación 3.3.2, para cada objetivo y para cada grupo. Los resultados se presentan en la Tabla 4.3.2.1. Comparando los resultados de la Tabla 4.3.2.1 y la clasificación de las preguntas por objetivo de la Tabla 3.3.2 se observan dos resultados relevantes: i) que la mayor ganancia conceptual se da en el grado Noveno 1 y ii) En general para ambos grupos, la ganancia conceptual es mayor para los objetivos O2, O3, O4 y O7 respectivamente.

Tabla 4.3.2.1 Ganancia en el aprendizaje agrupada por objetivos.

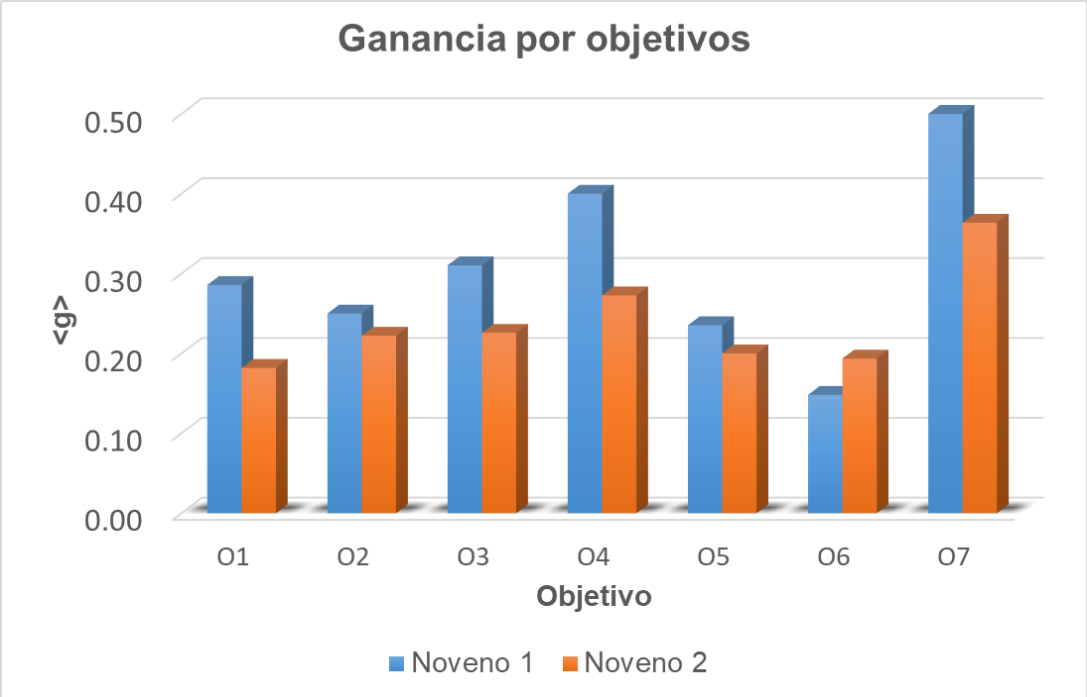
Objetivo	**Grupo**	**% Pre-test[a]**	**% Post-test[a]**	$\langle g \rangle$	**Ganancia**
O1	Noveno 1	41	58	0.29	Baja
	Noveno 2	8	25	0.18	Baja
O2	Noveno 1	33	50	0.25	Media
	Noveno 2	25	42	0.23	Baja
O3	Noveno 1	19	44	0.31	Media
	Noveno 2	14	33	0.22	baja
O4	Noveno 1	17	50	0.40	Media
	Noveno 2	8	33	0.27	Baja
O5	Noveno 1	29	46	0.24	Baja
	Noveno 2	17	33	0.19	Baja
O6	Noveno 1	25	36	0.15	Baja
	Noveno 2	14	31	0.20	Baja
O7	Noveno 1	17	58	0.50	Media
	Noveno 2	8	42	0.37	Media

[a] Porcentaje de preguntas acertadas

Estos objetivos están relacionados con los conceptos de aceleración, desplazamiento, velocidad y determinación del tipo de movimiento a partir de un gráfico.

Una comparación más detallada de la ganancia para los grados Noveno 1 y Noveno 2 puede observarse en la Figura 4.3.2.1, en general, como se mencionó anteriormente el grado Noveno 1 presenta una mayor ganancia que el grado Noveno 2. La mayor diferencia se da en el O7, seguido del O4, O1, O3, O5 y O2, respectivamente. Solo para el objetivo 6 "*Dado un gráfico de cinemática seleccionar la descripción textual*" (objetivo 6), el grado Noveno 2 presenta una ganancia mayor al grado Noveno 1.

Figura 4.3.2.1 Ganancia en el aprendizaje agrupada por objetivos.



Para todos los objetivos la ganancia $\langle g \rangle$, se encontró en el rango bajo–medio. Siendo la ganancia promedio, de acuerdo a la ecuación 4.1, 0.11 y 0.08 para Noveno 1 y Noveno 2 respectivamente. Hay un resultado que llama la atención y es el porqué del rendimiento superior del grado Noveno 1 comparado con el grado Noveno 2; si ambos grupos realizaron las

actividades comprendidas en los módulos. Las causas de estas diferencias pueden ser diversas. Sin embargo, al consultar con profesores del área de matemáticas se encuentra que el rendimiento del grado Noveno 1 en matemáticas es también superior al grado Noveno 2. El mejor desenvolvimiento en temas específicos tales como álgebra y vectores podrían explicar la mejor asimilación de la intervención de aula, mediada por la TIC realizadas en este trabajo.

Los resultados permiten evidenciar que se presentó una ganancia conceptual y por ende en la capacidad de resolución de problemas mediante la aplicación de esta propuesta de aula. En este sentido, la incorporación de las TIC a través de la plataforma *PhysicsSensor* tuvo un rol determinante en el proceso enseñanza–aprendizaje. En entrevistas realizadas a estudiantes de ambos grupos, se encontró que los estudiantes incrementaron su motivación y disposición para realizar las experiencias de laboratorio basadas en los módulos. En algunos casos dado la utilización de dispositivos móviles como celulares y tabletas y en otros debido al montaje experimental que debían realizar. Estos aspectos constituyen el cumplimiento de uno de las condiciones esenciales para que el aprendizaje significativo tenga lugar: disposición para aprender significativamente de quien aprende.

Otro aspecto relevante de la incorporación de las TIC en la propuesta de aula es que los estudiantes aprenden haciendo. Antes de cada practica de laboratorio se explicó el objetivo de la misma, los materiales y función durante la experiencia y el uso posterior que se les daría a los datos colectados. Lo cual refuerza el enfoque de investigación-acción que se persigue en esta propuesta. Durante el desarrollo de las practicas, se intervino en momentos específicos para hacer claridades conceptuales, manejo de los datos y aclaraciones de tipo técnicas respecto a las aplicaciones de *PhysicsSensor*. De esta manera se garantiza que el proceso sea significativo y que involucre aspectos tales como la planificación, acción, observación y reflexión.

Una mirada más cercana a los resultados de la Tabla y la gráfica 4.3.2.1 demuestran que no solo hubo ganacia conceptual, sino que dio un aprendizaje significativo. Por ejemplo, hay una ganancia en los objetivos 1-5, generando la mayor ganancia en el objetivo 7. Estos resultados demuestran que la propuesta de aula mediada por las TIC, no solo es efectiva en superar las dificultades durante el proceso de enseñanza de la cinemática; sino que a medida

que los estudiantes van redefiniendo conceptos como posición, velocidad y aceleración apoyados en el desarrollo de los módulos, utilizan estos conceptos de manera integrada para una representación gráfica del fenómeno físico que se les presenta de manera textual.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diagnóstico inicial de los estudiantes del grado Noveno (1 y 2) de la I.E Colegio el Triángulo (Rionegro) reveló que los estudiantes presentan diversas dificultades a la hora de abordar los conceptos clave de Cinemática. Dichas dificultades están relacionadas con la identificación de las variables físicas de un problema específico, diferencia entre desplazamiento y posición, entre velocidad y aceleración y la utilización dichos conceptos para resolver problemas que involucren análisis gráfico.
- La incorporación de las TIC en el desarrollo de esta propuesta de aula, utilizando la plataforma *PhysicSensor*, teniendo como eje central del proceso de enseñanza–aprendizaje basado en el análisis gráfico, demostró ser una propuesta innovadora que genera aceptación y motivación por parte de los estudiantes.
- El desarrollo de los módulos de una manera didáctica combinando los conceptos de la cinemática, con trabajo practico demostró ser una poderosa aproximación que conduce al aprendizaje significativo y a la ganancia conceptual.
- El impacto de la propuesta desarrollada durante esta investigación fue positivo, ya que no solo hubo un incremento en la motivación de aprender por parte de los estudiantes; sino que se produjo una ganancia conceptual para los diversos temas de cinemática. Así mismo, se pudo observar una interacción de los conceptos iniciales desarrollados en los módulos tales como posición, velocidad, aceleración y desplazamiento para la resolución de problemas escritos que involucran el análisis gráfico.

Finalmente, la ganancia conceptual según el índice de Hake, para los grados Noveno 1 y Noveno 2 se ubicó en un nivel bajo–medio. Según los resultados obtenidos en el Test de Entendimiento de Gráficas en Cinemática Modificado (TUG-K2), el grado Noveno 1 presentó una mayor asimilación de los conceptos relacionados con la cinemática comparado con el grado Noveno 2. Los resultados demuestran que la propuesta implementada en este trabajo funciona para la asimilación de conceptos en el área de Física, mejorando no solo la disposición de los estudiantes para aprender temas complejos de la ciencia, sino que mejora el proceso de enseñanza–aprendizaje.

5.2 Recomendaciones

Durante la implementación de esta propuesta de investigación, se especuló que la diferencia observada en la ganancia del aprendizaje para los grupos estudiados (Noveno 1 y 2) podría deberse a un mejor rendimiento del grupo 1 en el área de matemáticas. Por los tanto, se plantea en el futuro colectar datos de los educandos en esta área, en temas tales como álgebra, vectores y funciones; a fin de relacionarlos con los resultados de este trabajo y así poder tener una idea del origen de las diferencias encontradas para ambos grupos.

Como resultado de este trabajo surgió la propuesta que la institución educativa adquiera dispositivos móviles tipo tablets, que garanticen una homogenización de los recursos tecnológicos que utilizarán los educandos en las actividades de laboratorio.

Finalmente, se considera necesario la ampliación del tiempo disponible para la realización de las prácticas de laboratorio de 2 a 3 horas, con el objetivo de tener un espacio para la socialización y discusión de los resultados obtenidos.

Anexo A: Módulos de aprendizaje para la intervención en el aula

Módulo 1

MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME

1. INTRODUCCIÓN

El movimiento rectilíneo uniforme (MU) describe el movimiento de una partícula en una dimensión con velocidad constante. Para estudiar este movimiento se requiere, la elección de un marco referencial, un sistema de coordenadas, la posición de la partícula y como esta última cambia con el tiempo.

2. OBJETIVOS

General
Estudiar el movimiento rectilíneo de una partícula que se mueve en una dimensión con velocidad constante, utilizando la aplicación *PhysicsSensor* y el análisis gráfico.

Específicos

- Definir los conceptos básicos del MU
- Deducir las ecuaciones del MU a partir del análisis gráfico

- Realizar una práctica de laboratorio, utilizando la herramienta video tracker incorporada en aplicación *PhysicsSensor* para obtener los datos requeridos.

3. CONCEPTOS BÁSICOS

Marco de referencia

Es un cuerpo rígido respecto al cual se puede determinar la posición o el cambio de posición de un objeto cuyo movimiento quiere estudiarse. También los relojes que permiten medir los intervalos de tiempo.

Sistema de coordenadas

Es un conjunto de una o más variables, denominadas coordenadas, que permiten la ubicación de la partícula respecto a un marco de referencia. Para el movimiento rectilíneo el sistema de coordenadas puede ser estar simplemente compuesto por un eje, Figura 1.

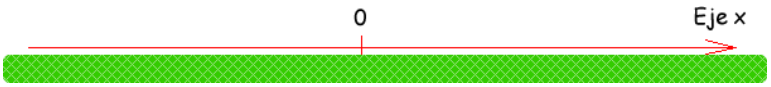


Figura 1. El piso (marco de referencia). El eje x (sistema de coordenadas)

Posición

Dado un sistema de coordenadas la ubicación de la partícula queda definida por un vector posición, $\vec{x}$, Figura 2. Por ser el movimiento rectilíneo en este módulo se $\vec{x}$ se utilizará indistintamente con x.

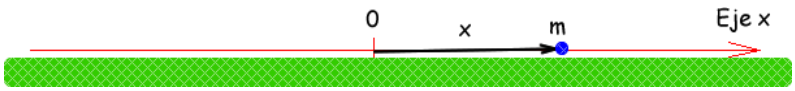


Figura 2. Posición x de la partícula m

En el SI la posición se mide en m.

Desplazamiento

Es el cambio en la posición de la partícula, Δx, Figura 3. En esta figura la partícula en un instante dado t se encontraba en la posición $P1$ y luego, transcurrido un intervalo de tiempo Δt, se encuentra en la posición $P2$ y por lo tanto el desplazamiento en ese intervalo de tiempo es:

$$\Delta x = \vec{x} - \vec{x}_0 \tag{1}$$

En el SI la posición se mide en m.

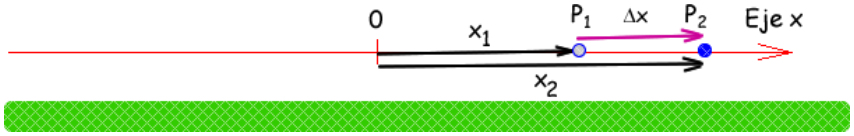


Figura 3. Desplazamiento Δx

Velocidad

Al desplazamiento dividido por el intervalo de tiempo empleado para realizarlo se le denomina velocidad media de la partícula, $\Delta\vec{x}$:

$$\vec{v} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0} \tag{2}$$

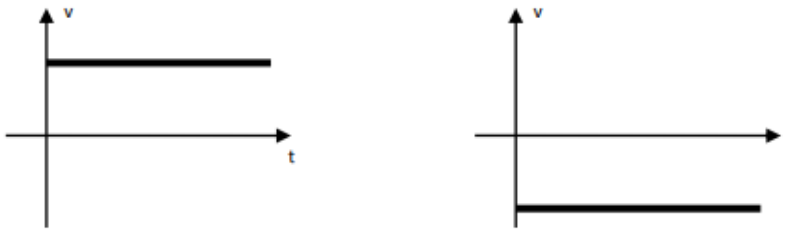
Es una magnitud vectorial y en el SI se mide en m.s^{-1}. Si el intervalo de tiempo Δt es muy pequeño la velocidad se denomina velocidad instantánea, v. Si $t_1 = 0$, entonces obtenemos

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v} \cdot t \tag{3}$$

<u>Representación gráfica de MRU</u>

- Velocidad *vs* tiempo

La representación gráfica en un sistema de coordenadas cartesianas de la posición (abscisa (x)) contra la velocidad (ordenada (y)) del MU corresponderá una recta paralela al eje x en todo el intervalo de tiempo, debido a que la velocidad es contante.

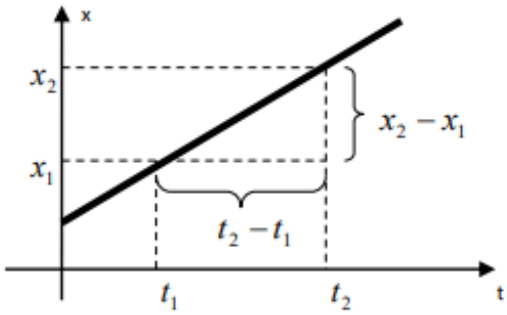


a) b)

Figura 4. Gráfico de $\vec{v}$ *vs* t a a) la partícula se mueve en el sentido positivo del eje x b) la partícula se mueve en el sentido negativo del eje x.

- Posición *vs* tiempo

La representación gráfica la posición *vs* tiempo tiene una forma lineal. Siendo la velocidad la pendiente de la línea recta.



$$Pendiente = m = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_2}{t_2 - t_1}$$

Figura 5. Gráfico de posición *vs* t. Observe que en este caso $x_2 > x_1$ por lo tanto $m > 0$ y partícula se mueve en el sentido positivo del eje x.

4. PRÁCTICA DE LABORATORIO

4.1 Equipos

- Un Smartphone, o Tablet con sistema operativo Android

4.2 Procedimiento

El docente proporcionará un video de un móvil (carro), que se mueve con MU en una dimensión con muy poca fricción (ver Figura 6). El video fue grabado a una velocidad de 30 **fps** (frame per seconds) y la referencia para calibralo, en Video Tracker de PhysicsSensor es una cinta roja adherida al carrito, cuya longitud es 0.106 metros.

Figura 6. Imagen del móvil que se mueve en una dimensión.

Para proceder a medir, hacer clic en el botón MEDIR. Asegurar que el fotograma inicial sea adecuado. Para lograr esto usar los botones >> y <<.

• Proceder a calibrar haciendo clic en el botón CALIBRAR. Arrastrar la línea calibradora (usar los dedos sobre la pantalla) y sobreponerla exactamente sobre el objeto de referencia (para más exactitud en los desplazamientos hacer clic sobre los cuadros de colores verdes y amarillos). En este trabajo, es una cinta roja que está pegada del carrito cuya longitud es 0,106 m, Figura 7. En la ventana de calibración introducir: longitud de objeto de referencia, los fps de la filmación (esto lo hace automáticamente el software) y número de fotogramas que se saltaran en cada toma de datos.

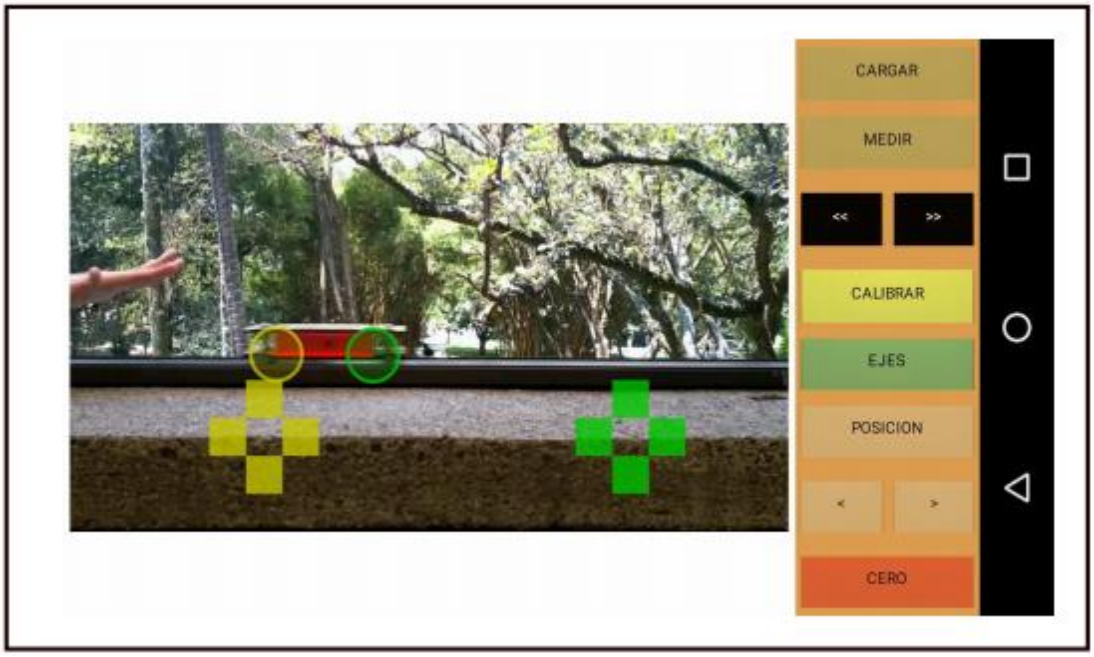


Figura 7. Procedimiento para la calibración 1.

Para esta práctica los valores son: 0,106 m, 30 fps y 2, respectivamente (ver Figura 8).

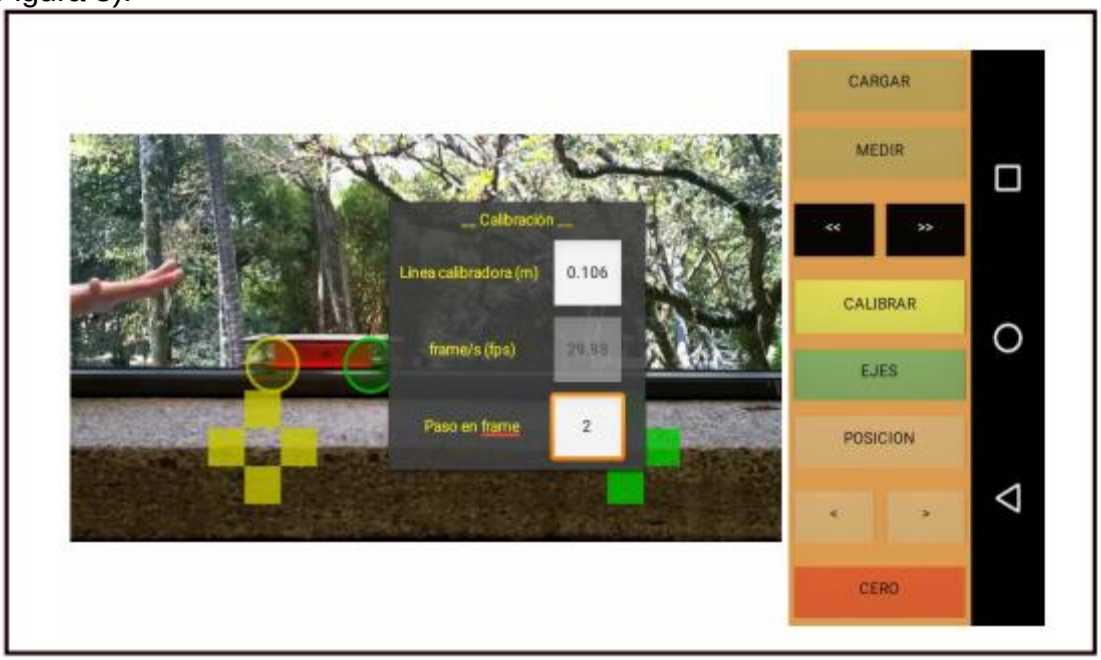


Figura 8. Procedimiento para la calibración 2.

• A continuación elegir el sistema de coordenadas: hacer clic en el botón EJES. En la Figura 9 se ilustra este proceso.

Figura 9. Selección del sistema de coordenadas.

• Proceder a tomar los datos ($x(m)$ vs $t(s)$). Para esto hacer primero clic en el botón CERO (se puede ajustar la posición del carrito, antes de este paso, usando los botones > y <). Para realizar la lectura debe arrastrarse la cruz naranjada hasta un punto elegido del carrito (este debe ser el mismo para todas las medidas sucesivas), Figura 10. En la parte superior se despliegan los valores $(x;\ y;\ t)$. Para tomar un nuevo dato se avanza haciendo clic en el botón >.

Figura 10. Obtención de datos deposición (x) y tiempo (t).

5. INFORME Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Construir una tabla de datos de $x(m)$ vs $t(s)$
- Usando la aplicación *regresión lineal* de PhysicsSensor, construir una gráfica de $x(m)\ vs\ t(s)$.
- Con base en estos resultados, reportar de la pendiente y del intercepto para la línea recta obtenida.
- Cambie el sistema de referencia ubicándolo al final de la línea horizontal y en dirección opuesta al que muestra la Figura 7. Recalcule el valor de la pendiente y del intercepto. ¿Qué diferencias observa?
- Reporte el valor de la velocidad del móvil para los dos sistemas de referencia elegidos.
- Escriba las tres ecuaciones (1, 2 y 3) para el MU analizado en esta experiencia.

Módulo 2

MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORMEMENTE ACELERADO (M.R.U.A)

1. INTRODUCCIÓN

El movimiento rectilíneo uniformemente variado (**M.R.U.A**) describe el movimiento de una partícula en una dimensión con una aceleración constante, este no hace desplazamientos iguales en intervalos de tiempos iguales. Para estudiar este movimiento se requiere, la elección de un marco referencial, un sistema de coordenadas, la posición de la partícula y como esta última cambia con el tiempo.

2. OBJETIVOS

General

Estudiar el movimiento de un acuerpo (carro) que rueda sobre un plano inclinado presentando muy baja fricción, utilizando la aplicación *PhysicsSensor* y el análisis gráfico.

Específicos

- Definir los conceptos básicos del (M.U.R.A)
- Deducir las ecuaciones del (M.U.R.A) a partir del análisis gráfico
- Realizar una práctica de laboratorio, utilizando la herramienta video tracker incorporada en aplicación *PhysicsSensor* para obtener los datos requeridos.

3. CONCEPTOS BÁSICOS

Para un móvil que se desplaza sobre un plano inclinado, escogemos el sistema de coordenadas (ver Figura 1), de tal forma que el eje x coincida con el plano inclinado.

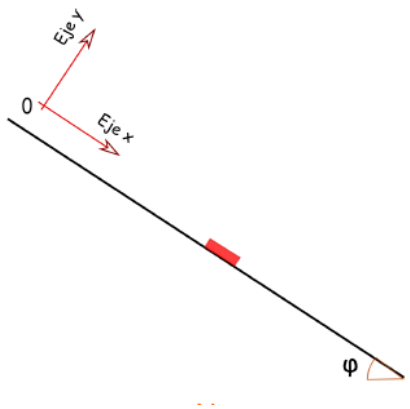


Figura 1. Sistema de coordenadas cartesianas, para el móvil que se desplaza sobre el plano inclinado. Representa el ángulo que forma el plano con la horizontal.

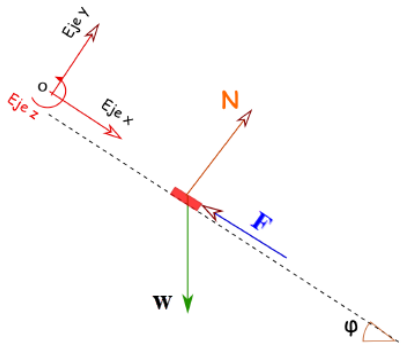


Figura 2. Diagrama de fuerzas y sistema de coordenadas para estudiar el movimiento del móvil. N representa la fuerza normal que realiza la superficie sobre el móvil, F la fuerza de fricción y W el peso del móvil.

La utilidad de esta elección se observa en la Figura 2, donde se representan las fuerzas que actúan sobre el móvil. Aplicando la segunda ley de Newton

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

Tenemos:

$$\rightarrow \sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \quad (1)$$

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = 0 \quad (2)$$

Note que la sumatoria de fuerzas en el eje es igual a cero, ya que a lo largo este no existe movimiento; por lo tanto, la aceleración es igual a cero. La sumatoria de fuerzas en ambos ejes viene dada por las ecuaciones 2 y 3.

$$\uparrow \sum \vec{F}_x = mgsen\varphi - f = m\vec{a}_x \quad (3)$$

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = -mgcos\varphi + N = 0 \quad (4)$$

Asumiendo la fricción como despreciable de (1) tenemos que:

$$gsen\varphi = \vec{a}_x \quad (5)$$

Note que la aceleración del móvil es constante y solo depende del ángulo de inclinación**.**

Mediante un simple análisis gráfico de velocidad vs tiempo (ver Figura 3), para un móvil que desplaza con aceleración constante, podemos deducir las ecuaciones cinemáticas que gobiernan el movimiento del móvil sobre el plano inclinado.

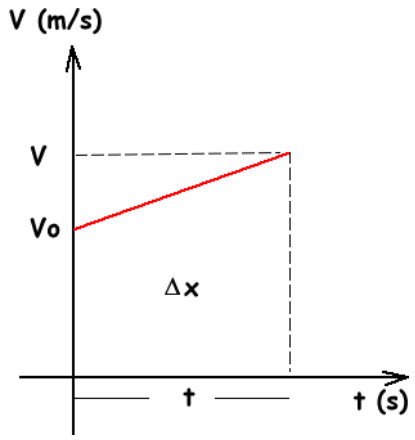


Figura 3. Gráfico de velocidad vs t.

Es claro que la ecuación de la línea la línea recta, está dada por:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \tag{6}$$

El área bajo el trapecio es;

$$\Delta x = \frac{\vec{v} + \vec{v}_0}{2} \cdot t \tag{7}$$

Reemplazando (4) en (5) y resolviendo para tenemos:

$$x = x_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \tag{8}$$

Así mismo, luego de despejar de la ecuación (4) y reemplazar en (6) obtenemos

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_{0_0}{}^2 + 2\vec{a}(x - x_0) \tag{9}$$

Las ecuaciones (6), (8) y (9) permiten describir el M.R.U.A del móvil que se desliza sobre el plano. Las gráficas del desplazamiento, la velocidad y aceleración en función del tiempo se presentan en la Figura 4.

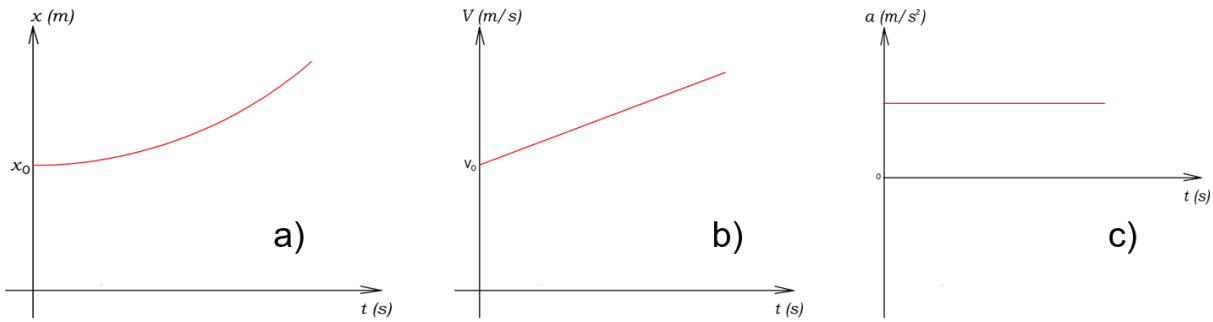


Figura 4. Desplazamiento, la velocidad y aceleración en función del tiempo en el M.R.U.A.

Note que al realizar el ajuste de la figura a) obtenemos un polinomio de la forma

$$y = ax^2 + bx + c$$

el cual es equivalente a la ecuación (8). De done podemos extraer el valor de la posición inicial x_0, la velocidad inicial $\vec{v}_0$ y la aceleración $\vec{a}$.

4. PRACTICA DE LABORATORIO

4.1 Equipos.

- Un Smartphone, o Tablet con sistema operativo Android.

4.2 Procedimiento

El docente proporcionará un video de un móvil (carro), que se mueve en un plano inclinado con muy poca fricción (ver Figura 5). El video fue grabado a una velocidad de 30 **fps** (frame per seconds) y la referencia para calibralo, en Video Tracker de PhysicsSensor es una cinta roja adherida al plano inclinado, cuya longitud es 0.199 metros.

Figura 5. Móvil utilizado en el experimento.

Para proceder a medir, hacer clic en el botón MEDIR. Asegurar que el fotograma inicial sea adecuado. Para lograr esto usar los botones >> y <<.

• Proceder a calibrar haciendo clic en el botón CALIBRAR. Arrastrar la línea calibradora (usar los dedos sobre la pantalla) y sobreponerla exactamente sobre el objeto de referencia (para más exactitud en los desplazamientos hacer clic sobre los cuadros de colores verdes y amarillos). En este trabajo, es una cinta roja que está pegada en el plano inclinado cuya longitud es 0,199 m, Figura x. En la ventana de calibración introducir: longitud de objeto de referencia, los fps de la filmación (esto lo hace automáticamente el software) y número de fotogramas que se saltaran en cada toma de datos.

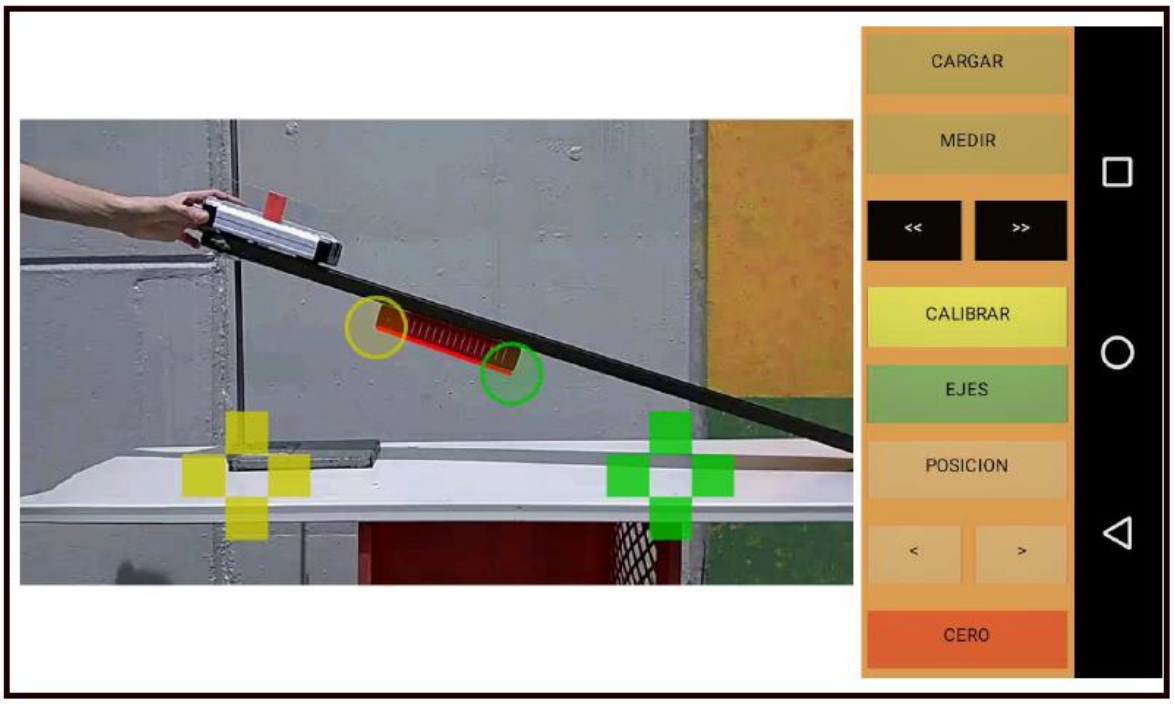


Figura 6. Calibración con la medida real de la regla guía.

Para esta práctica los valores son: 0,199 m, 30 fps y 2, respectivamente (ver Figura 7).

• A continuación elegir el sistema de coordenadas: hacer clic en el botón EJES. En la Figura 8 se ilustra este proceso.

• Proceder a tomar los datos ($x(m)\ vs\ t(s)$). Para esto hacer primero clic en el botón CERO (se puede ajustar la posición del carro, antes de este paso, usando los botones > y <). Para realizar la lectura debe arrastrarse la cruz naranjada hasta un punto elegido del carro (este debe ser el mismo para todas las medidas sucesivas),. En la parte superior se despliegan los valores $(x;\ y;\ t)$. Para tomar un nuevo dato se avanza haciendo clic en el botón >, ver Figura 9.

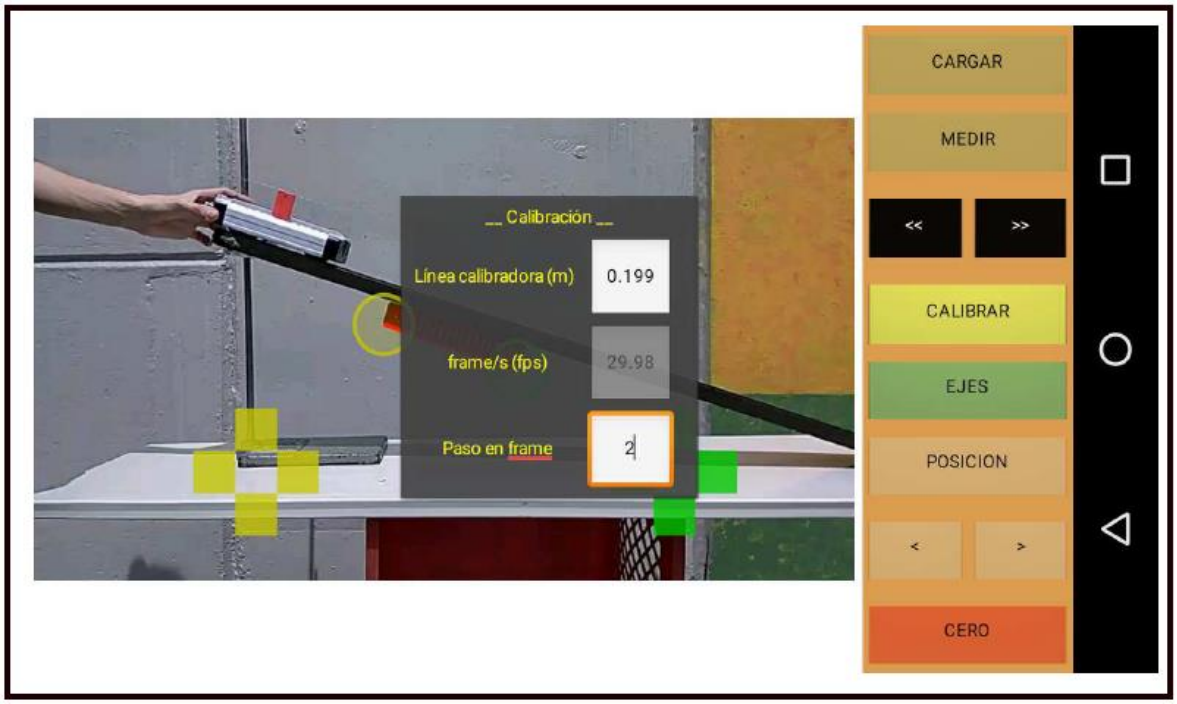


Figura 7. Introducción de datos de la regla guía y los pasos.

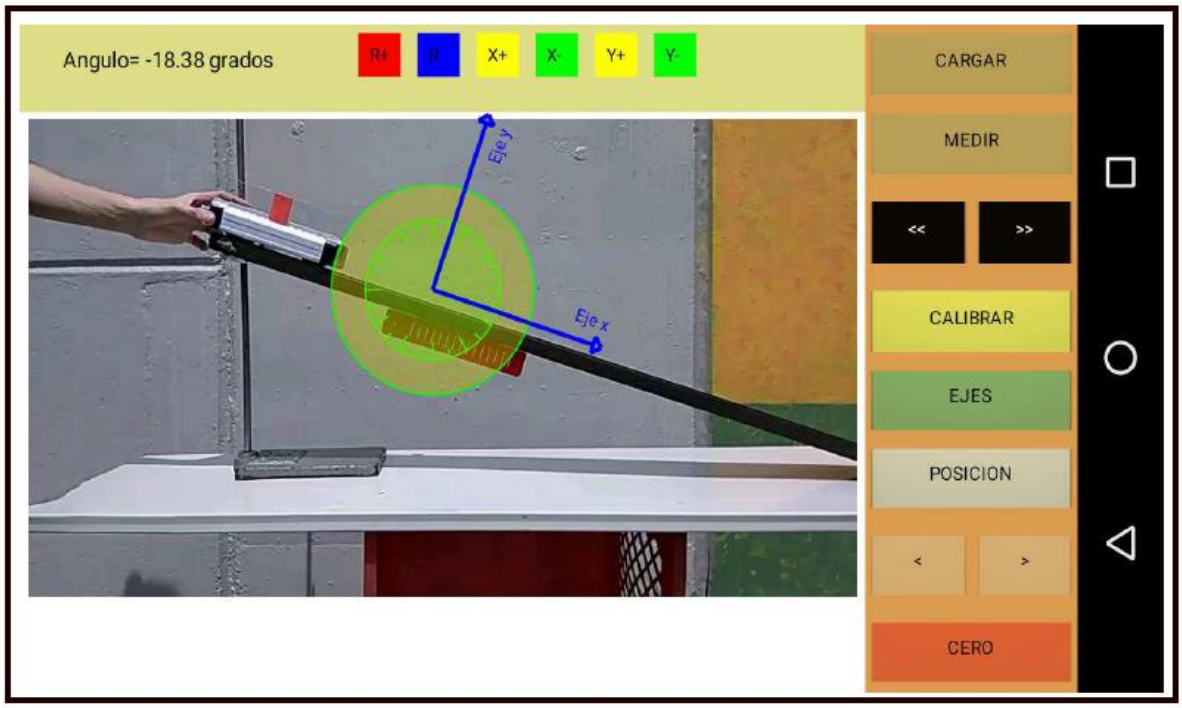


Figura 8. Elección de ejes coordenados.

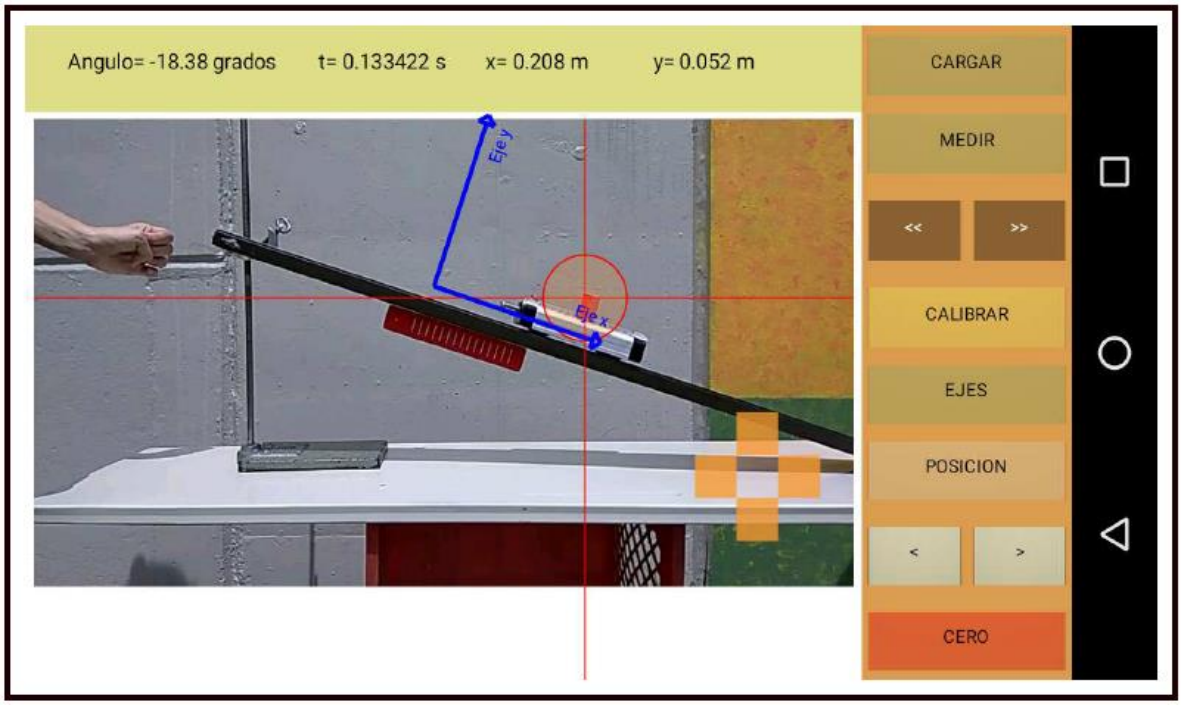


Figura 9. Obtención de los valores $x(m)$ y $t(s)$.

5. INFORME Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Construir una tabla de datos de $x(m)$ vs $t(s)$
- Usando la aplicación *regresión cuadrática* de PhysicsSensor, construir una gráfica de $x(m)$ vs $t(s)$.
- Con base en estos datos, reportar los valores de la posición, la velocidad inicial y aceleración.
- Escriba las tres ecuaciones básicas del M.R.U.A. teniendo en cuenta el sistema de coordenadas que eligió y los resultados obtenidos en la regresión cuadrática.
- Calcule la aceleración obtenida mediante la regresión cuadrática y la obtenida mediante la ecuación (5). En caso de obtener valores diferentes, explique las posibles causas.

Módulo 3

CAÍDA LIBRE

1. INTRODUCCIÓN

Un objeto que cae libremente, bajo la influencia solamente de la gravedad se dice que experimenta caída libre. La gravedad se define, en términos newtonianos[1], como la fuerza mediante la cual un planeta u otro cuerpo atrae los objetos hacia su centro. Todo lo que tiene masa experimenta la fuerza de la gravedad, cuanto mayor sea la masa de un objeto mayor será la fuerza de la gravedad que experimente. Todo objeto que cae sobre la superficie de la tierra, experimenta una aceleración constante $\vec{g}$.

Utilizando un dispositivo móvil y la aplicación VIDEO TRACKER de PhysicsSensor, se realizará un análisis mediante fotogramas. Con el objetivo de obtener los datos de posición vs tiempo ($y(m), t(s)$); para una esfera que experimenta caída libre. Mediante una regresión cuadrática y empleando las ecuaciones cinemáticas de movimiento, es posible determinar el valor de g y compararlo con el reportado.

[1]La gravedad Newtoniana es una fuerza instantánea, es decir acción a distancia, acoplada a la masa gravitacional. Mientras que la gravedad Einsteniana es la curvatura del espacio–tiempo y el acoplamiento es la masa–energía y la geometría; "la materia le dice al espacio-tiempo cómo se curva, el espacio–tiempo le dice a la materia cómo moverse".

2. OBJETIVOS

General
Estudio de la cinemática de un cuerpo que experimenta caída libre.
Específicos

- Deducir las ecuaciones cinemáticas del movimiento a partir del análisis gráfico
- Realizar una práctica de laboratorio, utilizando la herramienta video tracker incorporada en aplicación *PhysicsSensor* para obtener la aceleración de la gravedad.
- Estudiar la repercusión del marco referencial y el sistema de coordenadas en las ecuaciones de cinemática.

3. CONCEPTOS BÁSICOS

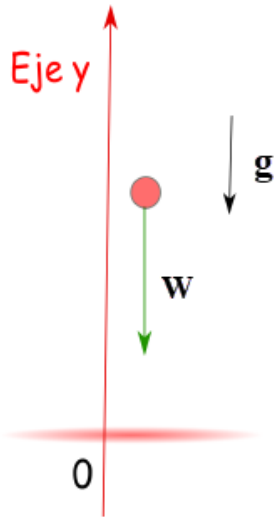


Figura 1. Sistema de referencia y diagrama de fuerzas para una partícula en caída libre.

Mediante un análisis simple de Dinámica, utilizando la segunda ley de Newton como se mostró en el Módulo 2 tenemos:

$$\rightarrow \sum \vec{F}_x = 0 \tag{1}$$

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \tag{2}$$

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = -w = m\vec{a}_y \tag{3}$$

$$\sum \vec{F}_y = -m\vec{g}. = m\vec{a}_y \tag{4}$$

$$-\vec{g} = \vec{a}_y \tag{5}$$

Asumiendo como despreciable la resistencia del aire, de la ecuación (5) se observa que la esfera se mueve con aceleración constante igual a $\vec{g}$. Por lo tanto, las ecuaciones cinemáticas deducidas en el módulo 2 para un movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado aplican aquí:

$$V = \vec{v}_{0y} + \vec{g}t \tag{6}$$

$$y = y + \vec{v}_{0y}t + \frac{1}{2}\vec{g}t^2 \tag{7}$$

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_{0y}^2 + 2\vec{g}(y - y_0) \tag{8}$$

Un ajuste cuadrático de los datos de posición *vs* el tiempo $(y(m), t(s))$ da como resultado un polinomio de la forma:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Que corresponde a la ecuación (7). De done podemos extraer el valor de la posición inicial y_0, la velocidad inicial $\vec{v}_{0y}$ y la aceleración $\vec{g}$.

4. PRÁCTICA DE LABORATORIO

4.1 Equipos.

- Un Smartphone, o Tablet con sistema operativo Android.

4.2 Procedimiento

El docente proporcionará un video de una esfera en caída libre, que se mueve según el sistema seleccionado en el eje Y (ver Figura 2). El video fue grabado a una velocidad de 30 **fps** (frame per seconds) y la referencia para calibrarlo, en Video Tracker de PhysicsSensor es una cinta, cuya longitud es 0.508 metros.

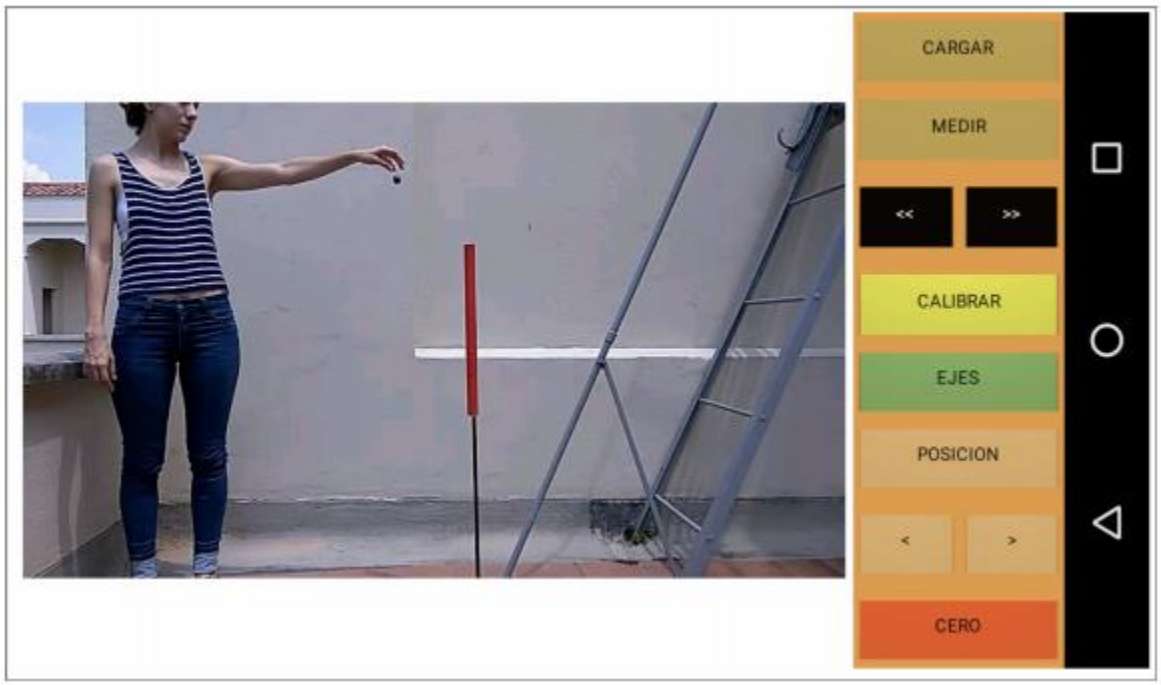


Figura 2. Experimento de una esfera en caída libre.

Para proceder a medir, hacer clic en el botón MEDIR. Asegurar que el fotograma inicial sea adecuado. Para lograr esto usar los botones >> y <<.

• Proceder a calibrar haciendo clic en el botón CALIBRAR. Arrastrar la línea calibradora (usar los dedos sobre la pantalla) y sobreponerla exactamente sobre el objeto de referencia (para más exactitud en los desplazamientos hacer clic sobre los cuadros de colores verdes y amarillos). En este trabajo, es una cinta roja que está pegada en el plano inclinado cuya longitud es 0,199 m, Figura 3. En la ventana de calibración introducir: longitud de objeto de referencia, los fps de la filmación (esto lo hace automáticamente el software) y número de fotogramas que se saltaran en cada toma de datos.

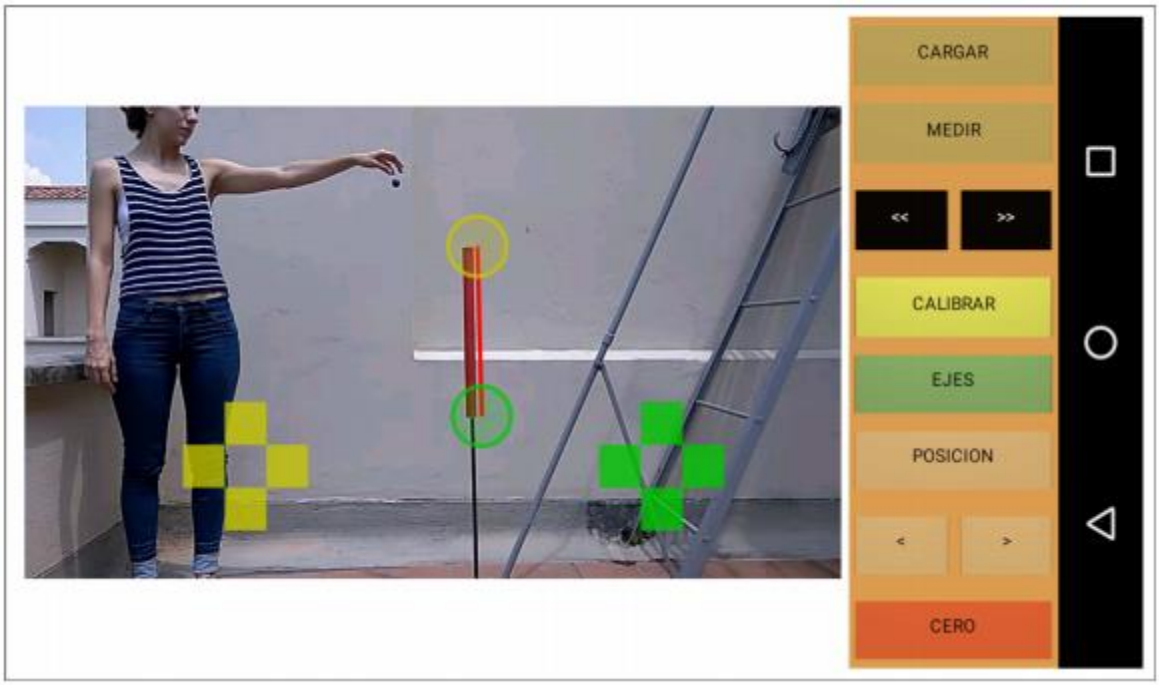


Figura 3. Calibración con la medida real de la regla guía.

Para esta práctica los valores son: 0,508 m, 30 fps y 1, respectivamente (ver Figura 4).

Figura 4. Introducción de datos de la regla guía y los pasos.

• A continuación elegir el sistema de coordenadas: hacer clic en el botón EJES. En la Figura 5 se ilustra este proceso.

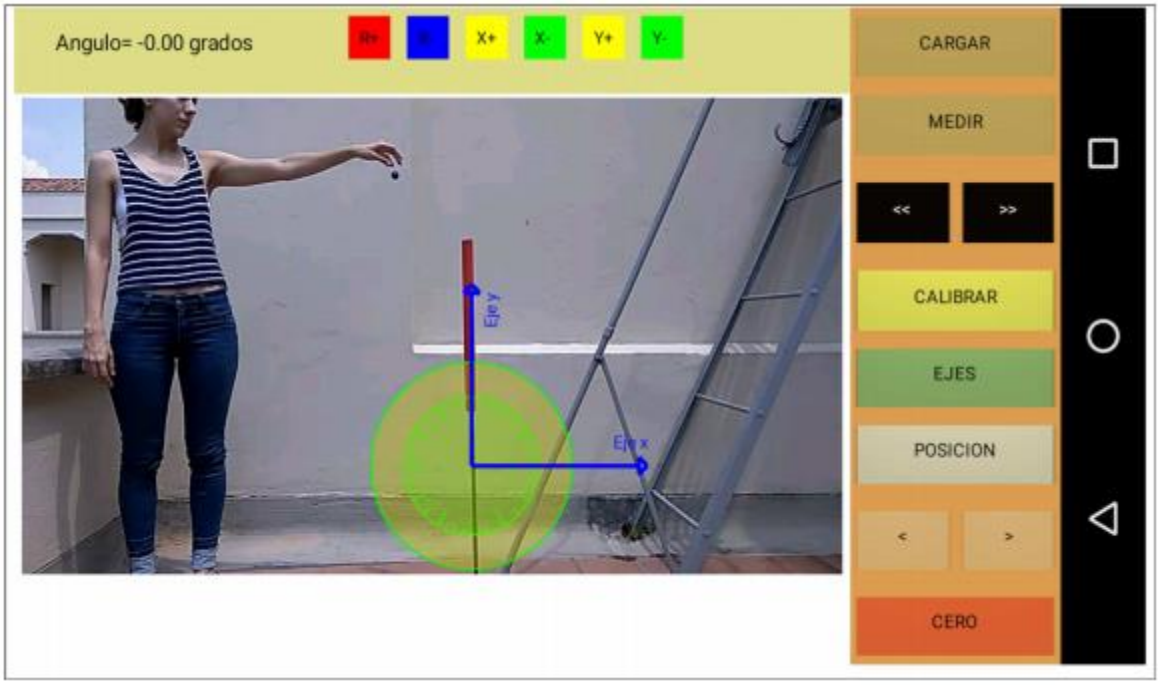


Figura 5. elección de ejes coordenados**.**

• Proceder a tomar los datos $y(m)\ vs\ t(s)$. Para esto hacer primero clic en el botón CERO (se puede ajustar la posición del carro, antes de este paso, usando los botones > y <). Para realizar la lectura debe arrastrarse la cruz naranjada hasta un punto elegido del carro (este debe ser el mismo para todas las medidas sucesivas), Figura 6. En la parte superior se despliegan los valores $(x;\ y;\ t)$. Para tomar un nuevo dato se avanza haciendo clic en el botón >.

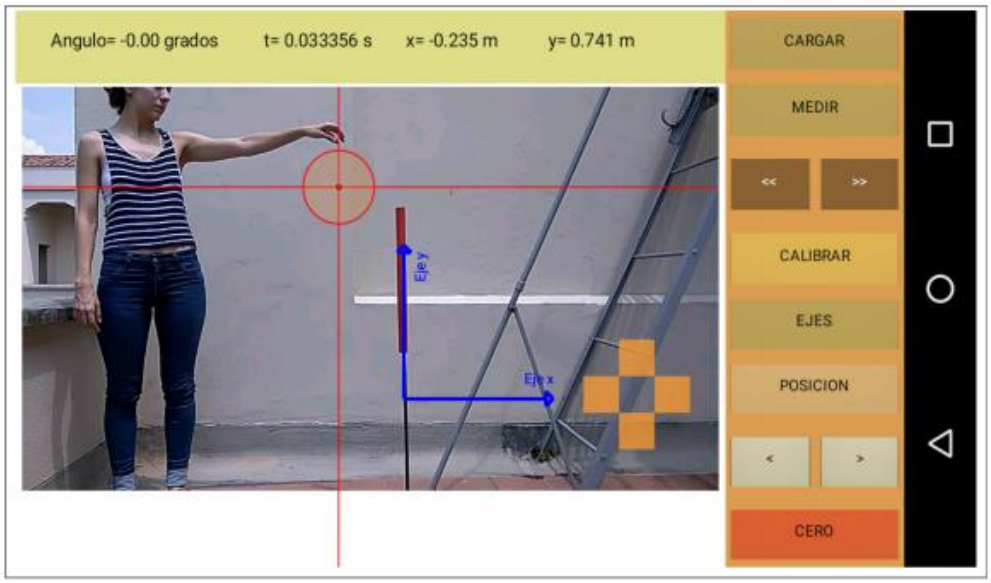


Figura 6. Obtención de los valores $y(m)\ vs\ t(s)$.

5. INFORME Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Construir una tabla de datos de $y(m)\ vs\ t(s)$
- Usando la aplicación *regresión cuadrática* de PhysicsSensor, construir una gráfica de $y(m)\ vs\ t(s)$
- Escriba las tres ecuaciones básicas del M.R.U.A, teniendo en cuenta el sistema de coordenadas que eligió y los resultados obtenidos en la regresión cuadrática.
- Calcule la aceleración de la gravedad, y compárela con la del colegio.
- Cambie la posición del sistema de coordenadas, ubicándolo el origen donde se “suelta” la esfera y con la convención de signos, tomando como positivo la dirección $\downarrow$. Compare con los resultados obtenidos anteriormente.

Módulo 4
TIRO PARABÓLICO

1. INTRODUCCIÓN

El movimiento parabólico (o de proyectiles) es una forma de movimiento en el cual una partícula u objeto describe una trayectoria parabólica bajo la acción de la gravedad. El movimiento parabólico puede describirse como la combinación de un movimiento horizontal con velocidad constante (Movimiento Uniforme) y un movimiento vertical con aceleración constante (caída libre). En esta práctica utilizando la aplicación VIDEO TRACKER de PhysicsSensor se estudiará la cinemática de una partícula que describe una trayectoria parabólica. Con la ayuda de los fotogramas tomados al video suministrado por el profesor, se tomarán los datos de posición (x, y) en función del tiempo. Mediante regresión lineal y cuadrática se obtendrán los valores de posición inicial, velocidad inicial y aceleración. Finalmente se derivan las ecuaciones de cinemática que describen el movimiento de la partícula.

2. OBJETIVOS

General
Estudiar el movimiento de un cuerpo que describe una trayectoria parabólica bajo la acción de la fuerza de gravedad.

Específicos

- Diferenciar entre sistema de referencia y sistema de coordenadas
- Estudiar cinemáticamente el movimiento e un cuerpo, a partir del análisis gráfico.
- Medir la aceleración de la gravedad.
- Reconocer los dos movimientos que componen el movimiento parabólico.

3. CONCEPTOS BASICOS

Si seleccionamos el sistema de referencia en el suelo como se muestra en la Figura 1 y despreciamos la fuerza de fricción y el empuje que el aire ejerce sobre la partícula. Es posible demostrar utilizando la segunda ley de Newton que la aceleración con la cual se desplaza la partícula en el eje vertical es igual a la gravedad (g).

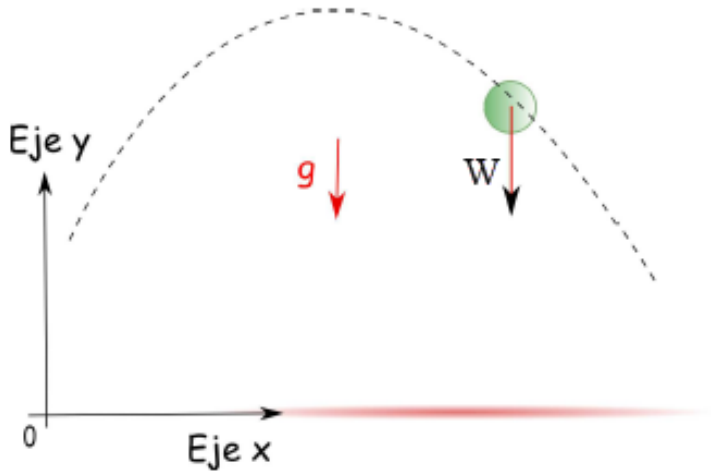


Figura 1. Diagrama de fuerzas y sistema de coordenadas para estudiar el movimiento parabólico de una partícula.

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \tag{2}$$

$$\uparrow \sum \vec{F}_y = -W = m\vec{a}_y \tag{3}$$

El peso W se define como el producto de la masa por la gravedad, reemplazando en (3) tenemos:

$$-m\vec{g} = m\vec{a}_y \tag{4}$$

$$-\vec{g} = \vec{a}_y \tag{5}$$

Como se indicó anteriormente, la partícula se mueve con velocidad constante en la dirección del eje x y con aceleración constante en el eje y. Por lo tanto las ecuaciones cinemáticas de movimiento están dadas por las ecuaciones (6)-(9)

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v}_{0x}t \tag{6}$$

$$V = \vec{v}_{0y} - \vec{g}t \tag{7}$$

$$y = y_0 + \vec{v}_{0y}t - \frac{1}{2}\vec{g}t^2 \tag{8}$$

$$\vec{v}^2 = \vec{v}_{0y}^2 - 2\vec{g}(y - y_0) \tag{9}$$

Note que al despejar t de (6) y reemplazarlo en (8) se obtiene la ecuación (10) que describe la trayectoria de una parábola.

$$y = y_0 + \vec{v}_{0y}\left[\frac{\vec{x} - \vec{x_0}}{\vec{v}_{0x}}\right] - \frac{1}{2}\vec{g}\left[\frac{\vec{x} - \vec{x_0}}{\vec{v}_{0x}}\right]^2 \tag{10}$$

4. PRÁCTICA DE LABORATORIO

4.1 Equipos

- Un Smartphone, o Tablet con sistema operativo Android

4.2 Procedimiento

El docente suministrará un video a los estudiantes el cual deberán ejecutar con VIDEO TRACKER de PhysicsSensor. En la Figura 2 se ilustra un fotograma del video.

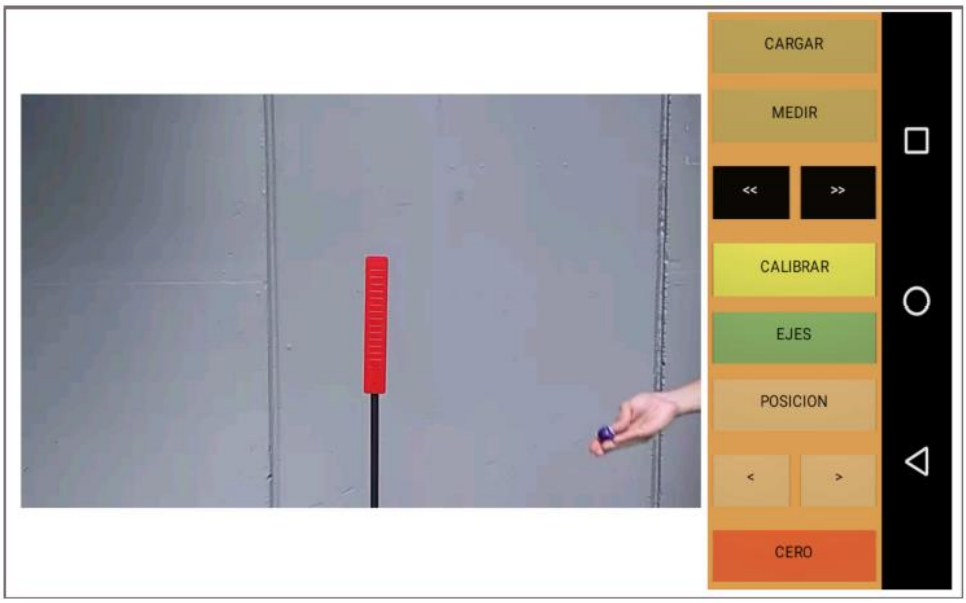


Figura 2. Fotograma de la partícula que describirá un movimiento parabólico.

Para proceder a medir, hacer clic en el botón MEDIR. Asegurar que el fotograma inicial sea adecuado. Para lograr esto usar los botones >> y <<.

- Proceder a calibrar haciendo clic en el botón CALIBRAR. Arrastrar la línea calibradora (usar los dedos sobre la pantalla) y sobreponerla exactamente sobre el objeto de referencia (para más exactitud en los desplazamientos hacer clic sobre los cuadros de colores verdes y amarillos). Para este experimento es la altura de la regla que sirve como guía de lanzamiento y cuyo valor es 0.199 m. Ver Figura 3.

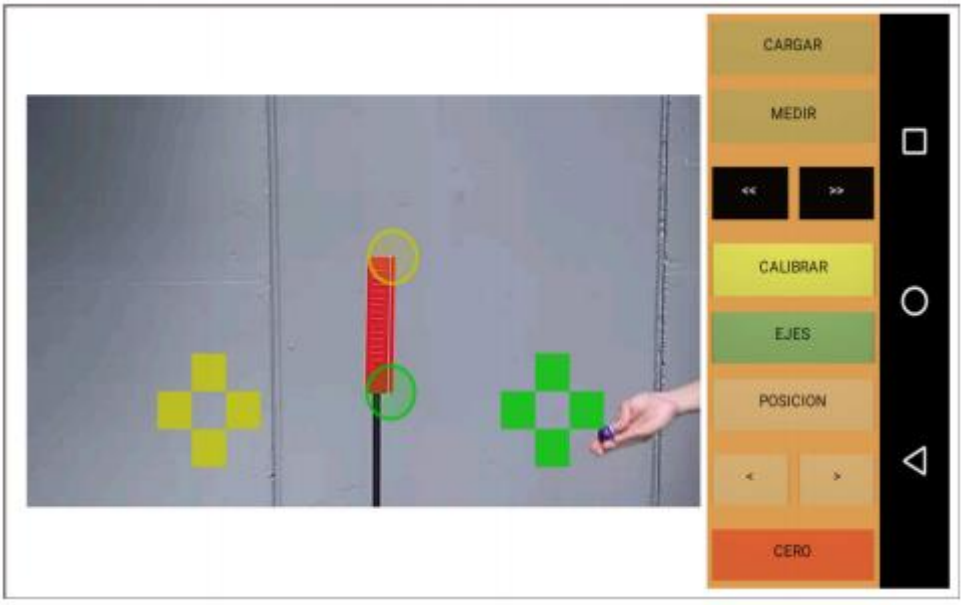


Figura 3. Procedimiento para la calibración 1.

- En la ventana de calibración introducir: longitud de objeto de referencia, fps de la animación y número de fotogramas que se saltaran en cada toma de datos. Para el ejemplo estos valores fueron: 0,199 m, 30fps (29.98 fps, VIDEO TRACKER lo calcula automáticamente) y 1, ver Figura 4.

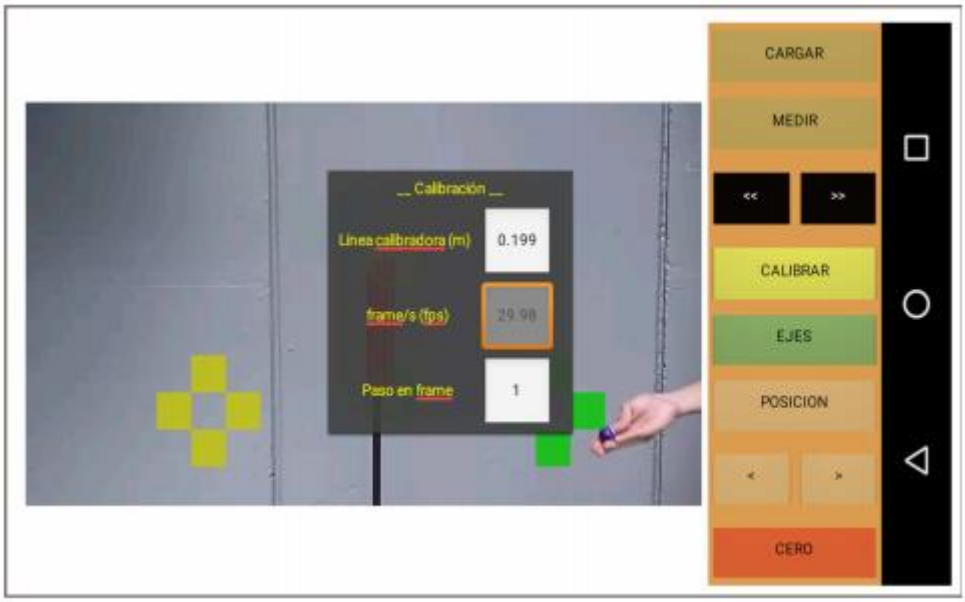


Figura 4. Procedimiento para la calibración.

- A continuación, elegir el sistema de coordenadas: hacer clic en el botón EJES. Este se puede rotar y trasladar, haciendo uso de los dedos sobre la pantalla. En la Figura 5 se ilustra este proceso.
- Proceder a tomar los datos. Para esto hacer primero clic en el botón CERO, luego hacer clic en el botón POSICIÓN. Para realizar la lectura debe arrastrarse la cruz naranjada hasta el centro de la esfera (ver Figura 6). En la parte superior se despliegan los valores (x; y; t). Para tomar un nuevo dato se avanza haciendo clic en el botón >>.

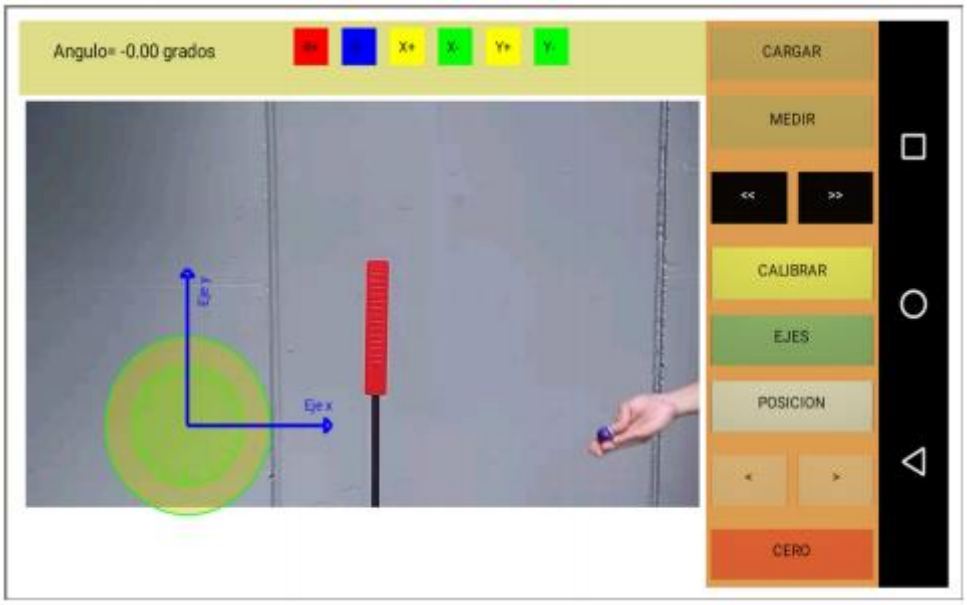


Figura 5. Selección del sistema de coordenadas.

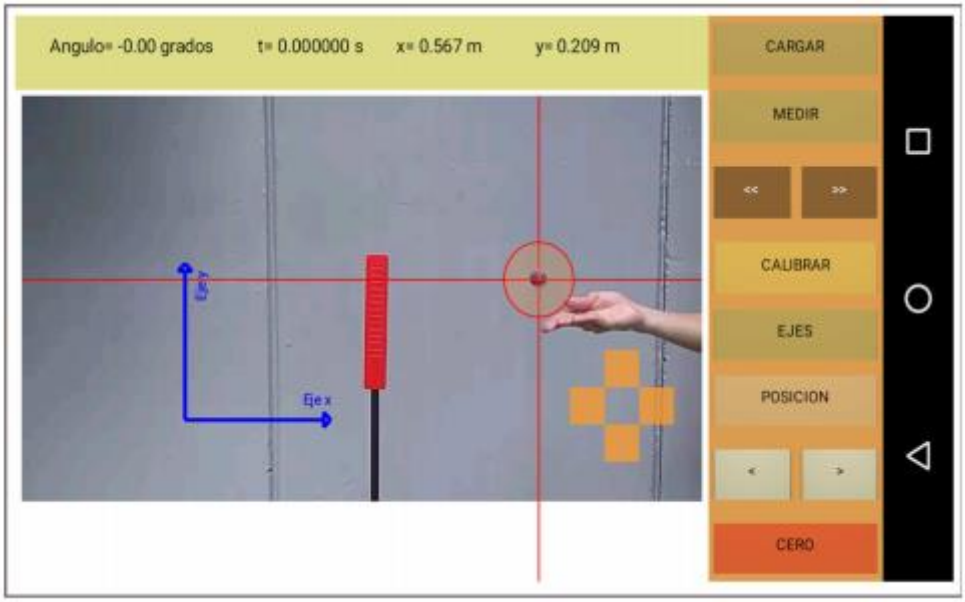


Figura 6. Proceso de medición.

5. INFORME Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Organizar los datos en dos Tablas, una $y(m)\ vs\ t(s)$ y otra $x(m)\ vs\ t(s)$.
- Usando la aplicación REGRESION CUADRATICA de PhysicsSensor hacer la gráfica $y(m)\ vs\ t(s)$. Tomar los “pantallazos" del dispositivo móvil referente a la tabla de datos, la gráfica y los resultados. Estos se deben anexar al informe.
- Usando la aplicación REGRESION LINEAL de PhysicsSensor hacer la gráfica $x(m)\ vs\ t(s)$. Tomar los “pantallazos" del dispositivo móvil referente a la tabla de datos, la gráfica y los resultados. Estos se deben anexar al informe.
- Con base en estos resultados reportar los valores de la posición inicial tanto en x como en y, velocidad inicial tanto en x como en y y aceleración en y con sus respectivas incertidumbres.
- Escribir la ecuación cinemática para el movimiento en x, ecuación (6) y las tres ecuaciones cinemáticas básicas para el movimiento en y, ecuaciones (7), (8) y (9). Estas ecuaciones se deben escribir con base en el sistema de coordenadas elegido y en los resultados obtenidos.
- Reportar el porcentaje de error de la medida de la aceleración con base en el valor de la gravedad en el sitio del experimento.

Anexo B: TUG-K2

En cada pregunta sólo una respuesta es la correcta. Duración del test = 50 minutos.

1. La Figura 1 representa la gráfica de velocidad respecto al tiempo del movimiento rectilíneo de un objeto, ¿Cuándo es más negativa la aceleración?

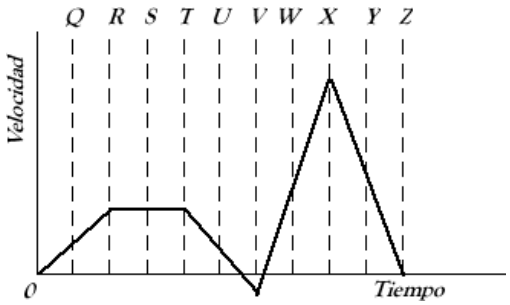


Figura 1

(A) Desde R hasta T.
(B) Desde T hasta V.
(C) En V.
(D) En X.
(E) Desde X hasta Z.

2. La Figura 2 representa la gráfica de posición respecto al tiempo del movimiento rectilíneo de un objeto, ¿Cuál de las siguientes es la mejor interpretación?

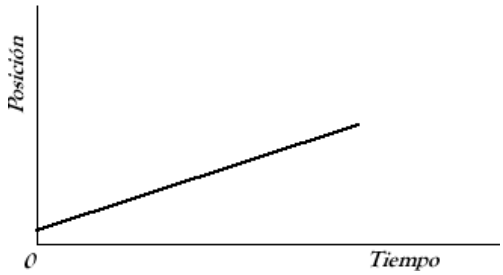


Figura 2

(A) El objeto se mueve con una
aceleración constante y distinta de cero.
(B) El objeto no se mueve.
(C) El objeto se mueve con una velocidad constante que aumenta uniformemente.
(D) El objeto se mueve a velocidad constante.
(E) El objeto se mueve con aceleración que aumenta uniformemente.

3. Un ascensor se mueve desde el sótano hasta el décimo piso de un edificio. La masa del ascensor es de 1000 kg y se mueve tal como se muestra en la gráfica de velocidad respecto al tiempo ilustrada en la Figura 3, ¿Qué distancia recorre durante los primeros tres segundos de movimiento?

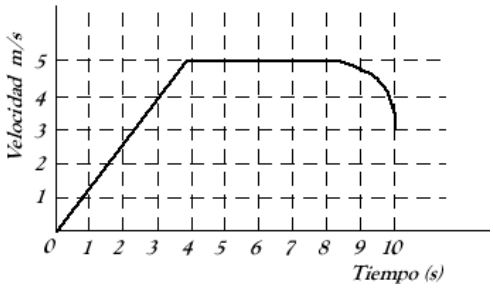


Figura 3

(A) 0.75 m
(B) 1.33 m
(C) 4.0 m
(D) 6.0 m
(E) 12.0 m

4. En la Figura 4 se ilustra la gráfica de posición respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. La velocidad en el instante t= 2s es:

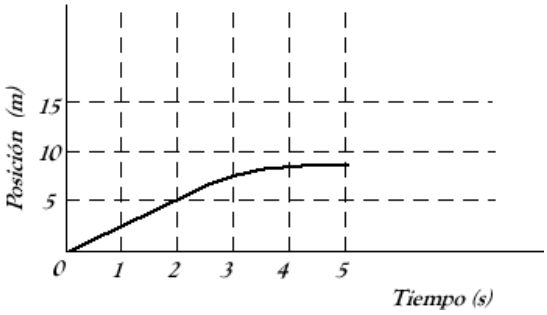


Figura 4

(A) 0.4 m/s
(B) 2.0 m/s
(C) 2.5 m/s
(D) 5.0 m/s
(E) 10.0 m/s

5. En la Figura 5 se ilustra la gráfica de posición respecto al tiempo del movimiento rectilíneo de un objeto, ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

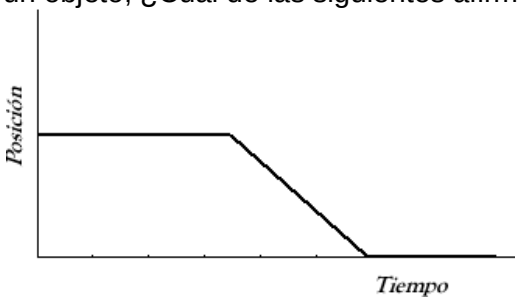


Figura 5

(A) El objeto rueda sobre una superficie horizontal, después cae rodando por una pendiente y finalmente se para.
(B) El objeto no se mueve al principio, después cae rodando por una pendiente y finalmente se para.
(C) El objeto se mueve a velocidad constante, después frena hasta que se para.
(D) El objeto no se mueve al principio, después se mueve hacia atrás y finalmente se para.
(E) El objeto se mueve sobre una superficie horizontal, luego se mueve hacia atrás por una pendiente y después sigue moviéndose.

6. Un objeto que estaba en reposo comienza a moverse con una aceleración positiva y constante durante 10 segundos. Después continúa con velocidad constante. ¿Cuál de las gráficas siguientes describe correctamente dicha situación?

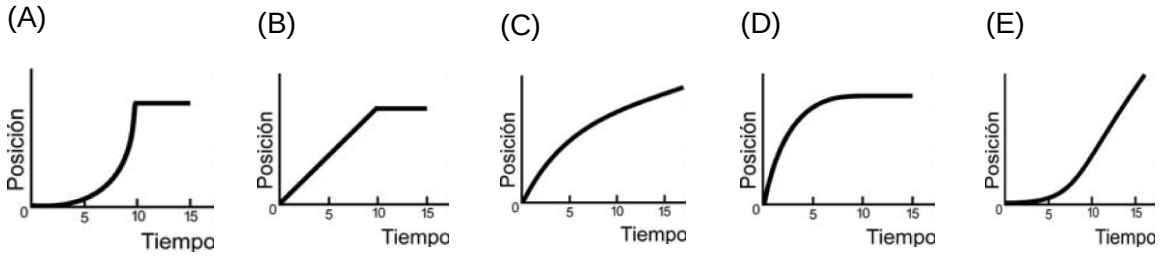


Figura 6

7. Considere las siguientes gráficas, observando los diferentes ejes:

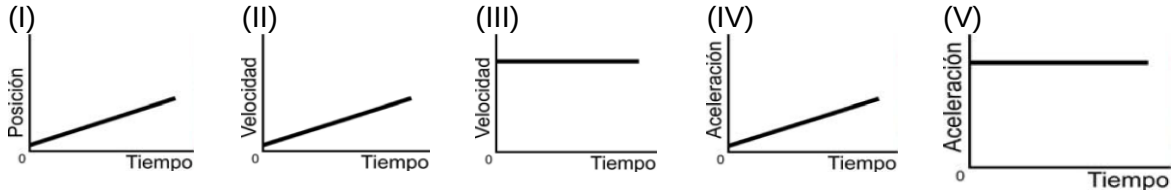


Figura 7

¿Cuáles de ellas representan un movimiento a velocidad constante?
(A) I, II y IV
(B) I y III.
(C) II y V.
(D) Sólo la IV.
(E) Sólo la V.

8. En la Figura 8 se ilustra la gráfica de aceleración respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta. La variación de la velocidad del objeto durante los primeros tres segundos de movimiento fue:

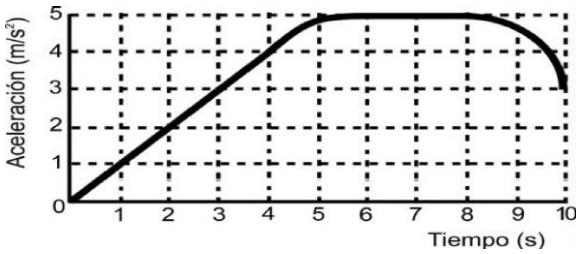


Figura 8

(A) 0.66 m/s.
(B) 1.0 m/s.
(C) 3.0 m/s.
(D) 4.5 m/s.
(E) 9.8 m/s.

9. La Figura 9 ilustra la gráfica de velocidad respecto al tiempo de un objeto moviéndose en línea recta. Para calcular la distancia recorrida durante el intervalo de tiempo comprendido entre t= 0 s y t=2 s haciendo uso de esta gráfica, debemos:

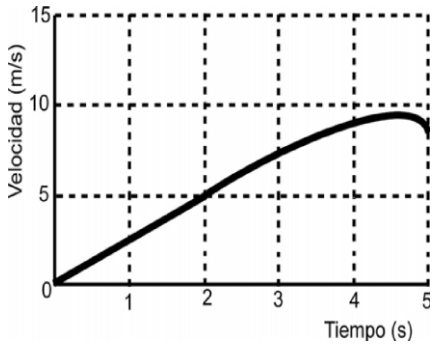


Figura 9

(A) Leer 5 directamente del valor de la ordenada en el eje vertical.
(B) Hallar el área encerrada bajo la curva mediante la expresión (5x2)/2.
(C) Hallar la pendiente de dicha curva dividiendo 5 entre 2.
(D) Hallar la pendiente de dicha curva dividiendo 15 entre 5.
(E) No se da suficiente información para poder responder.

10. Considérense las siguientes gráficas, observando los diferentes ejes:

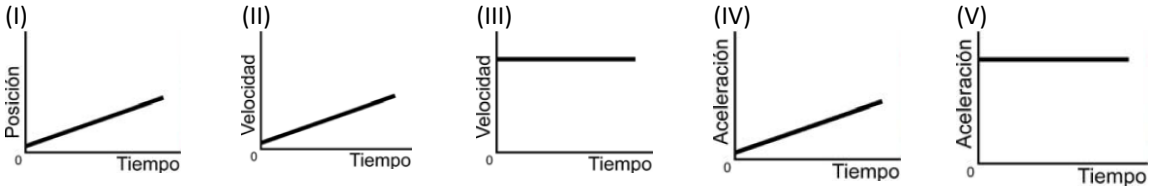


Figura 10

¿Cuál(es) de ellas representa(n) un movimiento con aceleración constante distinta de cero?

(A) I, II y IV.
(B) I y III.
(C) II y V.
(D) solo la IV.
(E) Sólo la V.

11. La Figura 11 ilustra la gráfica de velocidad respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta. De acuerdo con esta gráfica, ¿Qué distancia recorre el objeto durante el intervalo de tiempo comprendido entre t= 4 s y t = 8 s?

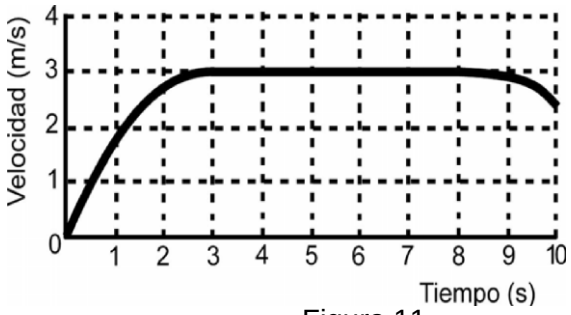


Figura 11

(A) 0.75 m
(B) 3.0 m
(C) 4.0 m
(D) 8.0 m
(E) 12.0 m

12.- La Figura 12 ilustra la gráfica de velocidad respecto al tiempo de un objeto que se mueve en línea recta, ¿Cuál de las siguientes afirmaciones proporciona la mejor interpretación?

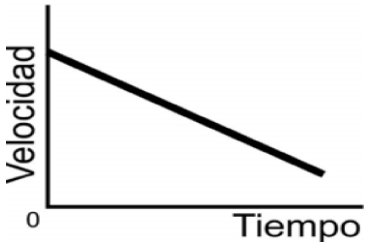


Figura 12

(A) El objeto se mueve con una aceleración constante.
(B) El objeto se mueve con una aceleración que disminuye uniformemente.
(C) El objeto se mueve con una velocidad que aumenta uniformemente.
(D) El objeto se mueve a una velocidad constante.
(E) El objeto no se mueve.

REFERENCIAS

Abbott, J., & Ryan, T. (1999). Constructing knowledge, reconstructing schooling. *Educational Leadership, 57*(3), 66-69.

Ardila, R. (2013). Los orígenes del conductismo, Watson y el manifiesto conductista de 1913. *Revista Latinoamericana de Psicología, 45*(2), 315-319.

Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology, 51*(5), 267-272. doi:10.1037/h0046669

Bausela, E. (1992). LA DOCENCIA A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN–ACCIÓN. *Revista Iberoamericana de Educación, 20*, 7-36.

Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics, 62*(8), 750-762. doi:10.1119/1.17449

Benjumea, A. L. (2016). *LA SIMULACIÓN, UNA HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS FÍSICOS.*, UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN, MEDELLÍN.

Carnoy, M., & Rothstein, R. (2015). What International Test Scores Tell Us. *Society, 52*(2), 122-128. doi:10.1007/s12115-015-9869-3

Cucalón, W. M. (2014). *Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas utilizando el método "Flipped Classroom" o aula invertida. Estudio de caso en el grado noveno de la Institución Educativa Guadalupe del Municipio de Medellín.*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Díaz, B. A. G. (2011). *Enseñanza de los conceptos de la Cinemática desde una perspectiva vectorial con los estudiantes de grado décimo del colegio José Antonio Galán.* Universidad Nacional de Colombia, Bogota D.C, Colombia.

Eldredge, G. (2017). Paradigmas y Modelos Pedagogicos. Recuperado de http://app.ute.edu.ec/VideoConferencias/873/PARADIGMAS_Y_MODELOS_PEDAGOGICOS.pdf

Fensham, P. J. (2007). Context or Culture: Can Timss and Pisa Teach Us About What Determines Educational Achievement in Science? In B. Atweh, A. C. Barton, M. C. Borba, N. Gough, C. Keitel, C. Vistro-Yu, & R. Vithal (Eds.), *Internationalisation and Globalisation in Mathematics and Science Education* (pp. 151-172). Dordrecht: Springer Netherlands.

Giancoli, D. C. (2005). *FISICA 1: PRINCIPIOS CON APLICACIONES* (6th ed.): Pearson.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64-74. doi:10.1119/1.18809

John, P. D., & Sutherland, R. (2004). Teaching and learning with ICT: new technology, new pedagogy? *Education, Communication & Information, 4*(1), 101-107. doi:10.1080/1463631042000210971

Ministerio de Educación Nacional . (1998). Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2014). Plan Vive Digital 2014-2018. Recuperado de https://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-19654.html

Ministerio de Educación Nacional. (2017). Las TIC siguen impactando positivamente la educación colombiana. Recuperado de https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-14587.html

Merchán, P. C. (2014). Las TIC como herramientas facilitadoras en la gestión pedagógica. Retrieved from http://www.unitecnologica.edu.co/educacionadistancia/newletter/2014/boletin006/noti_apliaciones/005-lastic/index.html

Monterrey, T. d. (2017). Competencias del nuevo rol del profesor. Retrieved from http://www.cca.org.mx/profesores/cursos/cep21/modulo_1/actividades1/solotexto_1.htm

Moreira, M. A. (2012). La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea. *Revista Iberoamericana de Educación Matematica, 31*, 9-20.

Universidad Nacional de Colombia. (2018). LudiFisica.Recuperado de http://ciencias.medellin.unal.edu.co/ludifisica/

Ochoa, M. L. M. (2011). *Implementación de los TIC como estrategia didáctica para generar un aprendizaje significativo de los procesos celulares en los estudiantes de grado sexto de la institución educativa San Andrés del municipio de Girardota.* (Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales), Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Medellín, Colombia.

OECD. (2015). *Students, Computers and Learning*: OECD Publishing. Recuperado de https://read.oecd-ilibrary.org/education/students-computers-and-learning_9789264239555-en#page1

Palmero, M. L. R. (2004). LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. *Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping*.

Palmero, M. L. R. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *Revista Electrònica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa, 3*(1), 29-50.

Pedraza, J. R. C. (2015). *Incorporación de las TIC como estrategia pedagógica para determinar las relaciones y procesos multiculturales en niños, niñas y jóvenes de séptimo grado de una institución educativa oficial del distrito capital.* (Maestría en Comunicación-Educación), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D. C. .

Riaño, S. R. V., & Clavijo, J. P. (2013). *Estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la cinemática en la facultad de ciencias militares de la Escuela Militar de Cadetes "José María Cordóva".* Univesidad Militar Nueva Granada, Bogota D.C.

Suárez, D. E. A. (2015). *La modelación matemática a través de las TIC para la enseñanza de la solución de los sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas en el grado noveno, un estudio de caso.*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Torres, S. 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 Medellín, Colombia.

UNESCO. (2016). A*portes para la enseñanza de las ciencias naturales*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244733

Urrea, J. C. H. (2013). *Implementacion de las tic en la enseñanza de la cinetica y equilibrio quimico en los estudiantes del grado 11 de la institucion educativa emiliano garcia.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Villagra, H. L. B. (2013). *USO DE LAS TICS, PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES.* Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Santiago

Zavala, G., Tejeda, S., Barniol, P., & Beichner, R. J. (2017). Modifying the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Physics Education Research, 13*(2), 020111. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020111