



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS**

**PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES:
MATEMÁTICAS Y LA FÍSICA**

Software Libre Tracker para la enseñanza-aprendizaje de la
Cinemática en dos Dimensiones en el Bachillerato

**Trabajo de titulación para optar al título de Licenciado/a en Pedagogía
de las Matemáticas y la Física**

Autor:

Kevin Omar Silva Silva

Tutora:

PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Kevin Omar Silva Silva con cédula de ciudadanía 0605872456, autor del trabajo de investigación titulado: SOFTWARE LIBRE TRACKER PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA EN DOS DIMENSIONES EN EL BACHILLERATO, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 07 de marzo de 2025



Kevin Omar Silva Silva

C.C. 0605872456

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Narcisa de Jesús Sánchez Salcán catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **SOFTWARE LIBRE TRACKER PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA EN DOS DIMENSIONES EN EL BACHILLERATO**, bajo la autoría de Kevin Omar Silva Silva; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 07 días del mes de marzo 2025.



PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán
C.C. 0602924250

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación SOFTWARE LIBRE TRACKER PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA EN DOS DIMENSIONES EN EL BACHILLERATO, presentado por Kevin Omar Silva Silva, con cédula de identidad 0605872456, bajo la tutoría de la PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad con la normativa aplicable, firmamos en Riobamba a los 20 días del mes de mayo de 2025.

Dr. Luis Fernando Pérez Chávez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Msc. Laura Esther Muñoz Escobar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Msc. Cristian David Carranco Ávila
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Que, Silva Silva Kevin Omar con CC: 0605872456, estudiante de la Carrera de PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES: MATEMÁTICAS Y LA FÍSICA, Facultad de CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "SOFTWARE LIBRE TRACKER PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE LA CINEMÁTICA EN DOS DIMENSIONES EN EL BACHILLERATO", cumple con el 4%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio Compilatio, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 08 de mayo de 2025



PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán
C.C. 0602924250

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi madre Mónica por su trabajo y sacrificio que en estos años me ayudo a convertirme en quien soy, por ser la promotora de mis sueños, por estar a mi lado con consejos, valores y principios, por haberme apoyado en este transcurso y por exigirme en cada actividad que he realizado.

A mis hermanos Carlos, Jorge y Karla, por haberme dado su apoyo y sus experiencias, por el respeto brindado.

Por último, dedico este trabajo a los docentes que me formaron, a las personas que estuvieron a mi lado, por haberme dado consejos y por ser parte de este proceso en el cual me hicieron sentir tranquilo y motivado.

- Kevin Silva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los docentes que estuvieron a mi lado, compartiendo sus conocimientos, enseñándome a ser una persona recta y con valores, por ser parte de este proceso con sus experiencias y por formar en mí el saber ser un docente con todas las bases de conocimiento y respeto.

A mi tutora la Dra. Narcisa Sánchez por ser una profesional en su labor docente, por haberme enseñado y compartido sus conocimientos, y por haberme guiado en este proceso

A toda mi familia, especialmente a mi madre y hermanos por creer en mí.

A mis amistades por darme su apoyo incondicional y a las personas que estuvieron siempre presentes con su apoyo.

- Kevin Silva

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I 15

I INTRODUCCIÓN 15

1.1	Antecedentes	17
1.2	Planteamiento del problema	19
1.2.1	Formulación del problema	21
1.2.2	Preguntas directrices	21
1.3	Justificación	21
1.4	Objetivos	23
1.4.1	Objetivo general	23
1.4.2	Objetivos específicos	23

CAPÍTULO II 25

II MARCO TEÓRICO 25

2.1	Estado del arte	25
2.2	Fundamentación teórica	26
2.2.1	Enseñanza-aprendizaje de la Física	26

2.2.1.1	Problemas de la enseñanza de la Física	26
2.2.1.2	Enseñanza de la cinemática en dos dimensiones	27
2.2.1.3	Problemas del aprendizaje de la Física	28
2.2.1.4	Aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones	28
2.2.2	Implementación tecnológica en la enseñanza-aprendizaje de la Física	29
2.2.2.1	Herramienta didáctica	29
2.2.2.2	Software Tracker	29
2.2.2.3	Características del software Tracker	30
2.2.2.4	Cómo utilizar el software Tracker	30
2.2.3	Tracker como herramienta didáctica	31
2.2.4	Cinemática	31
2.2.4.1	Cinemática en dos dimensiones	31
2.2.4.2	Elementos de la cinemática en dos dimensiones	32
2.2.5	Movimiento parabólico	32
2.2.5.1	Tiro horizontal	33
2.2.5.2	Tiro oblicuo	34
2.2.6	Ecuaciones del movimiento parabólico	34
2.2.6.1	Ecuaciones paramétricas de la posición	35
2.2.6.2	Ecuaciones paramétricas de la velocidad	36
2.2.7	Movimiento circular uniforme (MCU)	37

CAPÍTULO III 39

III METODOLOGÍA 39

3.1	Tipo de investigación	39
3.1.1	Según el enfoque	39
3.1.2	Según el nivel de investigación	39
3.1.3	Según el lugar	40
3.1.4	Según la temporalidad	40
3.2	Diseño de la investigación	40
3.3	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	41
3.3.1	Técnicas	41
3.3.2	Instrumentos	41
3.4	Validez y confiabilidad de los instrumentos	43
3.4.1	Validez	43
3.4.1.1	Validación de contenido	43
3.4.2	Confiabilidad	44
3.4.2.1	Prueba piloto	44
3.4.2.2	Análisis de fiabilidad	44

3.4.2.3	Interpretación del resultado de fiabilidad:	45
3.5	Hipótesis de investigación	45
3.5.1	Estrategia para la prueba de hipótesis	46
3.6	Población de estudio y tamaño de muestra	46
3.6.1	Población	46
3.6.2	Muestra	46
3.7	Métodos de análisis y procesamiento de datos	46
3.7.1	Método de análisis	46
3.7.1.1	Enfoque metodológico de análisis	46
3.7.1.2	Técnicas de análisis de datos	47
3.7.2	Procesamiento de datos	48
CAPÍTULO IV		50
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1	Resultados	50
4.1.1	Resultados del cuestionario	50
4.1.2	Resultados de la actividad práctica.	53
4.1.3	Resultados de la entrevista semiestructurada	55
4.1.4	Proceso de prueba de hipótesis	60
4.1.4.1	Establecimiento de las hipótesis	60
4.1.5	Comprobación de supuestos	60
4.1.5.1	Prueba de normalidad del pretest	60
4.1.5.2	Prueba de normalidad del postest	62
4.1.6	Elección del nivel de significancia	64
4.1.7	Determinación del valor crítico o p-valor	64
4.1.8	Selección de la prueba estadística	64
4.1.9	Cálculo del estadístico de prueba.	64
4.1.10	Toma de decisión	66
4.2	Discusión de resultados	66
CAPÍTULO V		69
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1	Conclusiones	69
5.2	Recomendaciones	70
CAPÍTULO VI		71
VI	PROPUESTA	71
6.1	Título de la propuesta	71

6.2	Objetivo de la propuesta	71
6.3	Descripción breve de la propuesta	71
6.4	Justificación de la propuesta	71
6.5	Diseño de la propuesta	72
6.6	Presentación de la Propuesta	73
REFERENCIAS		74
ANEXOS		81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	<i>Ecuaciones de la velocidad en componentes cartesianas</i>	34
Tabla 2.2	<i>Ecuaciones del movimiento circular uniforme</i>	37
Tabla 2.3	<i>Magnitudes de la aceleración y velocidad del movimiento circular uniforme.</i>	38
Tabla 3.1	<i>Dimensiones e indicadores de la variable dependiente</i>	41
Tabla 3.2	<i>Escala de evaluación según la normativa del Ministerio de Educación del Ecuador vigente.</i>	42
Tabla 3.3	<i>Dimensiones e indicadores para la variable independiente</i>	43
Tabla 3.4	<i>Validez de contenido del cuestionario por expertos</i>	43
Tabla 3.5	<i>Criterios de validez del cuestionario según evaluación de expertos . .</i>	44
Tabla 3.6	<i>Estadística de fiabilidad del cuestionario</i>	45
Tabla 3.7	<i>Escala de fiabilidad del instrumento de evaluación</i>	45
Tabla 4.1	<i>Estadísticos descriptivos del cuestionario</i>	50
Tabla 4.2	<i>Resumen de la escala de evaluación según la normativa vigente del Ministerio de Educación del Ecuador</i>	51
Tabla 4.3	<i>Parámetros de evaluación en la observación de prácticas de laboratorio virtual con Tracker</i>	54
Tabla 4.4	<i>Resumen de la rúbrica de evaluación de prácticas de laboratorio virtual con Tracker</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1	<i>Representación gráfica del movimiento parabólico</i>	33
Figura. 2.2	<i>Representación gráfica del tiro horizontal</i>	33
Figura. 2.3	<i>Representación gráfica del tiro oblicuo</i>	34
Figura. 4.1	<i>Comparación de calificaciones del pretest entre el grupo de control y el grupo experimental</i>	52
Figura. 4.2	<i>Comparación de calificaciones del posttest entre el grupo de control y el grupo experimental.</i>	53
Figura. 4.3	<i>Resumen de normalidad del pretest del grupo de control</i>	61
Figura. 4.4	<i>Resumen de normalidad del pretest del grupo experimental</i>	61
Figura. 4.5	<i>Resumen de normalidad del posttest del grupo de control</i>	63
Figura. 4.6	<i>Resumen de normalidad del posttest del grupo experimental</i>	63
Figura. 4.7	<i>Prueba Z (U de Mann Whitney) posttest del grupo de control y experimental.</i>	65

RESUMEN

La enseñanza de la Física en bachillerato presenta varios problemas, estos son reflejados en la comprensión de temas, como es la cinemática en dos dimensiones. Esta problemática ocurre por la forma en que se desarrollan las clases, que en muchos de los casos se enfocan en la memorización de fórmulas y resolver ejercicios, sin experimentación alguna, limitando esta forma de aprendizaje y la aplicación del conocimiento en situaciones reales. Ante esta situación, el uso de herramientas tecnológicas ha sido una opción para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta investigación tuvo como objetivo implementar el software Tracker para la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones, utilizándola como una herramienta didáctica en clases con estudiantes de tercero de bachillerato de la Unidad Educativa "Milton Reyes" de la ciudad de Riobamba, durante el periodo lectivo 2024-2025. La investigación tuvo un enfoque mixto, con un diseño cuasiexperimental de tipo transversal explicativo-propositivo. Se trabajó con un muestreo no probabilístico de tipo intencional, con dos grupos de 18 estudiantes cada uno; además, se entrevistó a los docentes de Física para conocer su opinión acerca del software. Para la recolección de información se aplicaron pruebas escritas, observación y la entrevista semiestructurada. Los resultados mostraron que el grupo experimental mejoró significativamente su rendimiento en comparación con el grupo de control, dando paso a la comprobación de la hipótesis establecida, evidenciando de esta forma que la aplicabilidad de este software fue satisfactoria. Los resultados de la entrevista permitieron elaborar un manual detallado sobre la instalación y aplicación con actividades que permitan el uso en clases. En conclusión, la implementación del software Tracker mejoró la comprensión de fenómenos físicos y el rendimiento académico de los estudiantes, fomentando su motivación y participación, además de que los docentes estén interesados en usar este software.

Palabras clave: enseñanza de la Física, cinemática en dos dimensiones, software Tracker, enseñanza-aprendizaje.

ABSTRACT

The teaching of Physics in high school presents several problems; these are reflected in the understanding of topics such as kinematics in two dimensions. This issue arises due to the way classes are conducted, which in many cases focus on memorizing formulas and solving exercises without any experimentation, thereby limiting learning and the application of knowledge to real-life situations. In view of this situation, the use of technological tools has emerged as an option to improve the teaching-learning process.

The objective of this research was to implement the free software **Tracker** for the teaching and learning of kinematics in two dimensions, using it as a didactic tool in classes with third-year high school students at the “Milton Reyes” Educational Unit in the city of Riobamba during the 2024–2025 school year. The research had a mixed approach, with a quasi-experimental design of a cross-sectional, explanatory-prepositive type. A non-probabilistic purposive sampling method was used, involving two groups of 18 students each. Additionally, Physics teachers were interviewed to gather their opinions about the software. For data collection, written tests, observations, and a semi-structured interview were used. The results showed that the experimental group significantly improved its performance compared to the control group, confirming the established hypothesis and demonstrating that the application of the software was effective. The results of the interviews facilitated the creation of a detailed manual on installation and use, including activities that support its classroom implementation.

In conclusion, the implementation of the Tracker software improved students’ understanding of physical phenomena and their academic performance, while also increasing motivation and participation. Moreover, teachers expressed interest in incorporating the software into their teaching practices.

Key words: physics teaching, two-dimensional kinematics, Tracker software, teaching-learning.



Mario Nicolas Salazar
Ramos



Revised by
Mario N. Salazar

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Física en el bachillerato enfrenta diversos problemas, siendo el estudio de la cinemática en dos dimensiones uno de los más desafiantes. Esta dificultad se debe principalmente a problemas de comprensión y aplicación de conceptos clave, como velocidad, aceleración y trayectoria, tanto por parte de los docentes como de los estudiantes.

Investigaciones anteriores han demostrado que las clases se siguen impartiendo de forma repetitiva, especialmente en memorizar y resolver ejercicios. Sin embargo, se ha identificado que esta asignatura no solo se debe aprender de forma teórica; también debe ser estudiada con actividades prácticas. Según Elizondo Treviño (2013), los estudiantes presentan dificultades en la interpretación de datos de los problemas y en cómo expresarlos a través del lenguaje matemático, afectando así su capacidad de resolver estos ejercicios y la comprensión del fenómeno estudiado y sus resultados. Asimismo, Ayala (1992) destaca que el estudio de esta ciencia no solo debe ser de memorización, más bien buscar la forma de concentrarse en la comprensión; además, ya no deben ser clases monótonas, sino que también pueden integrar estrategias innovadoras que fomenten el aprendizaje significativo.

En este sentido, el uso de herramientas tecnológicas en el aula se ha convertido en una de las alternativas para mejorar la enseñanza-aprendizaje de la Física. La implementación de estas herramientas permite que se dé solución a limitaciones como la falta de laboratorios o recursos para estudiar estos fenómenos físicos. Matarrita & Concari (2015) señalan que los laboratorios remotos han demostrado ser una alternativa para complementar la parte experimental de la enseñanza de la Física, permitiendo al docente que las clases ya no solo sean de forma teórica, sino integrando actividades experimentales debido a contextos en los cuales no se cuenta con un laboratorio de Física. Bajo esta línea, el software Tracker, desarrollado en el marco Open Source Physics, se presenta como una herramienta que cumple con algunas de estas características, permitiendo experimentar de forma real a partir de un video análisis, que da como respuesta datos y gráficos en tiempo real.

Estudios como los de Larriva Marín & Torres Durán (2019) y J. Torres (2022) han demostrado que el uso de este software mejora la interpretación gráfica y comprensión del fenómeno, respaldando así la pertinencia de esta investigación.

Esta investigación tiene como objetivo implementar el software Tracker como herramienta didáctica para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones en el bachillerato. Se ha adoptado un diseño cuasiexperimental con enfoque mixto, teniendo un grupo de control que trabajó con un enfoque tradicional, y uno

experimental donde se implementó el software Tracker. A partir de ello, se comparó el desempeño académico de ambos grupos mediante una prueba de hipótesis.

Los resultados de este estudio aportarán evidencia sobre la efectividad del uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la Física, además de ayudar a la mejora de la calidad educativa de esta materia. También contribuirán al uso de estrategias didácticas innovadoras y a la optimización de la enseñanza-aprendizaje en contextos donde los recursos necesarios estén limitados, sea por falta de espacio como laboratorio o materiales para la experimentación. Por otra parte, se espera que estos resultados puedan servir de base para futuras investigaciones con la integración de herramientas tecnológicas en la educación científica, y el uso del software Tracker, especialmente este último, con la finalidad de lograr un aprendizaje más claro y motivador para los estudiantes y docentes.

El presente trabajo se encuentra conformado por seis capítulos, en los cuales se describen aspectos importantes:

CAPÍTULO I: Presenta la introducción, antecedentes investigativos, la formulación del problema, la justificación y los objetivos que guían esta investigación.

CAPÍTULO II: Describe el estado del arte, en el cual se citan a varios autores para sustentar teóricamente la presente investigación; además, se incluye con fundamentación teórica relacionada con las variables de estudio.

CAPÍTULO III: Se detalla el procedimiento seguido para llevar a cabo este proyecto, incluyendo el enfoque adaptado, el diseño metodológico y el nivel en el que se desarrolló. Además, se detalla cómo se trabajó, qué herramientas se utilizaron para la obtención de datos, el planteamiento de la hipótesis que se ha de estudiar, el método de análisis y el procesamiento de datos.

CAPÍTULO IV: Se presentan los resultados obtenidos mediante cada instrumento aplicado, con un breve análisis e interpretación. Además, de la comprobación de la hipótesis a través de reglas de decisión para la aceptación o rechazo. Finalmente, se realiza una discusión de los resultados, relacionándolos con los aportes de otros autores vinculados al tema.

CAPÍTULO V: Se presentan las conclusiones obtenidas con base en los resultados alcanzados y objetivos planteados. Además, se plantean recomendaciones dirigidas a quienes estén interesados en esta área y que se podrían realizar con el fin de contribuir a la solución de problemas educativos o sociales vinculados al estudio.

CAPÍTULO VI: Se presenta la propuesta, siendo un manual detallado del uso del software para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones. Además, de incluir actividades diseñadas para que el docente pueda evaluar su aplicación en el aula.

1.1 Antecedentes

Según Elizondo Treviño (2013) en su estudio titulado "Dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física" en la Universidad Autónoma de Nuevo León de la Ciudad de México, el objetivo del estudio fue desarrollar habilidades comunicativas en los estudiantes que cursan la materia de Física, siendo necesarias para la comprensión de conceptos de los problemas a resolver. Este estudio se basó en un enfoque cualitativo mediante la observación y encuestas; encontró que los estudiantes presentan deficiencias para identificar los datos del problema, comprender estos datos, traducir lo que leen al lenguaje matemático, resolver los problemas matemáticos e interpretar los resultados obtenidos. El estudio concluye que es necesario crear estrategias didácticas de enseñanza que permitan solucionar estos problemas, destacando que esta ciencia debe estar centrada en el aprendizaje de los estudiantes, a través de actividades que fomenten su participación. Este estudio es importante porque se evidencian las barreras en el aprendizaje de la Física; por tal motivo es necesario implementar una metodología innovadora, como es el software Tracker, para mejorar la comprensión de los estudiantes en esta área, especialmente en la cinemática en dos dimensiones.

Según Ayala (1992), en su publicación titulada "La enseñanza de la Física para la formación de profesores de Física", basada en las reflexiones y desarrollos del Programa de Maestría en Docencia de la Física y en algunas experiencias del Programa de Licenciatura de Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, cuyo objetivo fue ofrecer una visión general de los temas esenciales frente a la resolución de problemas del mundo real y su contribución. El enfoque fue analítico y reflexivo, dado que explicaba que la enseñanza de la Física debe estar en constante actualización, además de desarrollar habilidades para resolver problemas y explicar experimentos. Por tanto, concluye que la enseñanza debe centrarse en la comprensión. Es importante, debido a que los docentes mantienen esa idea de que todo lo que aprendieron también funcionará con sus estudiantes. Por lo cual, es necesario cambiar esta visión y apoyarse en herramientas tecnológicas como Tracker para el estudio del movimiento. De esta forma, los docentes pueden hacer sus clases llamativas, lo que puede mejorar la participación y el rendimiento académico de los estudiantes.

Como lo mencionan Matarrita & Concari (2015), en su investigación titulada "Laboratorios remotos en la enseñanza de la Física", que fue parte de la tesis del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina, cuyo objetivo fue abordar el arte de enseñar Física usando laboratorios remotos, mostrando la importancia de aplicar herramientas tecnológicas. Para este estudio, se utilizó una revisión literaria, incluyendo fuentes en diferentes idiomas. Como resultado, a partir del año 2004 ha habido un aumento notable en el uso de estos laboratorios. En la investigación se encontraron alrededor de 47 laboratorios remotos ideales para el estudio de la física. Concluyeron que

el uso de estas herramientas sigue en aumento, ya que se desarrollan nuevas plataformas y formas de integrarlas a la educación. Por lo cual, esta investigación resulta importante para el desarrollo del presente trabajo de investigación, ya que va de la mano con la implementación de herramientas didácticas como es Tracker, además de que cumple con ciertas características de un laboratorio remoto bajo los contextos educativos.

De acuerdo con González Pardo & Valderrama (2021), en su investigación "Enseñanza de la Física en pandemia; una experiencia desde el enfoque CTS", aplicada a estudiantes de la Institución Educativa Técnica Industrial Antonio Ricaurte, de Villa de Leyva en Colombia, el objetivo fue examinar la enseñanza de la física en estudiantes de secundaria durante la pandemia a través de un enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), relacionando conceptos físicos con su entorno. Para esto, se utilizó una metodología cualitativa y el sistema institucional de evaluación, bajo la aplicación de investigación-acción, diseñando talleres de discusión y reflexión. La información recolectada permitió clasificar los conocimientos de los estudiantes, dando como resultado que los estudiantes lograron analizar y comprender mejor los conceptos físicos y relacionarlos con su entorno. Se concluyó que el enfoque CTS para enseñar Física es efectivo, destacan que este enfoque debe realizarse con mayor profundidad. Por lo tanto, este estudio respalda la implementación del software Tracker como herramienta tecnológica en la enseñanza de la Física, además de que respalda la comprensión y análisis de los conceptos físicos con su entorno.

De acuerdo con León Armijos et al. (2024), en su investigación titulada "Evolución de la tecnología educativa de la física y su impacto en las estrategias de enseñanza activa en el aprendizaje de la física en el Instituto Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño", se propuso determinar la evolución de la tecnología educativa en la enseñanza de la física y su relación con las estrategias activas de enseñanza, buscando entender cómo la integración de la tecnología influye en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, se utilizó una metodología de revisión sistemática bajo el reglamento PRISMA, añadiendo la identificación y selección de estudios y análisis de datos. Como resultado, se obtuvo que la implementación de la tecnología mejoró significativamente la motivación y participación de los estudiantes. Se concluyó que esta integración mejoró varios aspectos del aprendizaje, combinando el uso de tecnología con estrategias de enseñanza para la comprensión de conceptos físicos. Por lo tanto, este estudio respalda la presente investigación, ya que el software Tracker es una herramienta tecnológica que puede aplicarse en la enseñanza-aprendizaje de la Física, además de que puede presentar resultados positivos a futuro.

Según lo establecido por Larriva Marín & Torres Durán (2019) en su trabajo titulado "Propuesta didáctica para la enseñanza de Cinemática con el uso del software libre Tracker", aplicado a estudiantes de la carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca-Ecuador, se tuvo como objetivo mejorar el estudio de la comprensión de conceptos y

gráficas cinemáticas, permitiendo relacionarlas con hechos reales. Su metodología se basó en emplear un test de comprensión cinemática (TUG-K) mediante la implementación de la tecnología en la educación. Previo a esto, efectuó una prueba piloto con la finalidad de adecuar las preguntas al nivel de conocimiento de los estudiantes. En sus resultados, presentaron que los estudiantes al inicio tenían dificultades en la interpretación de las gráficas de la cinemática, por lo cual concluyeron que es importante implementar recursos tecnológicos en la enseñanza-aprendizaje con la finalidad de solucionar las dificultades para la comprensión y análisis de los gráficos cinemáticos. Esto refuerza el presente estudio, ya que con el uso del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones se pueden obtener resultados gráficos que describen el objeto en movimiento, permitiendo evidenciar lo que el estudiante puede interpretar estos resultados.

En conformidad con J. Torres (2022), en su trabajo titulado "Uso del software de código abierto Tracker como herramienta pedagógica en la enseñanza de la cinemática", realizada a nivel local en la Universidad Nacional de Chimborazo, tomó por objetivo explorar la efectividad del software Tracker en la enseñanza de conceptos de cinemática, especialmente en estudiantes de primer semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemáticas y la física. A través de esta investigación, se propuso que Tracker podía ayudar a superar las dificultades en la comprensión de la cinemática, ofreciendo un aprendizaje más visual y práctico mediante simulaciones y análisis de datos, lo que contribuye a desarrollar estrategias pedagógicas innovadoras en la enseñanza de la ciencia y a fomentar el interés por la física entre los estudiantes.

1.2 Planteamiento del problema

En la educación se presentan varios problemas, cada vez más complicados de identificar. Los problemas de la enseñanza de la Física según Bohórquez Guevara (2024) se deben principalmente a la falta de integración de temas necesarios para aprender y relacionarlos con la vida cotidiana. Esto requiere que exista un mejor manejo y reestructuración del currículo. Además, la falta de formación en los docentes, que en muchos casos son reemplazados por otras personas que también tienen su conocimiento en esta área, pero carecen de la formación pedagógica. Como resultado, las clases tienden a ser en un dominio de forma teórica, limitando de esta manera el aprendizaje práctico.

En diversos países, se ha observado que la implementación de la tecnología en la educación y la formación docente ha permitido mejorar el proceso de enseñanza. Además, la contribución de organizaciones forma parte de la innovación educativa que ha impulsado el proceso de enseñanza, motivando el aprendizaje de los estudiantes. Según Medina González et al. (2025), mencionan que la UNESCO en 2023 publicó un informe donde establece que más del 80% de los países han implementado una educación digital, donde reconoce

el potencial de transformar la pedagogía y mejorar la enseñanza.

Dentro de la educación, el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias siempre ha mantenido un problema generalizado, debido a diversas situaciones. Si se toma en cuenta a varios de los países, se observa que cada uno tiene una forma diferente de promover este campo de estudio, siendo unos más desarrollados que otros, dando una clara evidencia los problemas que se viven en este ámbito y cómo han ido buscando soluciones cada uno.

El arte de enseñar ciencia de forma teórica es muy limitado debido a la falta de recursos; según Arias Ortiz et al. (2024), los países que integran Latinoamérica, no tienen un gran aporte por una educación de calidad. En consecuencia, se interpreta que la educación de las ciencias es muy limitada, además de que depende de los recursos disponibles, como los laboratorios e innovaciones para las experimentaciones.

Aunque la comparación entre países no es del todo pertinente en el contexto de la educación de la Física, ya que cada uno cumple con normas diferentes, como las horas de estudio, la cantidad de actividades, el uso de laboratorios, entre otros. Esta acción puede ser buena para que cada país identifique las falencias y fortalezas que pueden servir para mejorar la calidad educativa de su nación.

Con la finalidad de comparar el nivel que cada país tiene en el conocimiento de ciencias y otras áreas de educación, se desarrollan las pruebas PISA creadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Como lo menciona Díaz-Pinzón (2021), los resultados analizados del 2018 destacan que, al menos en una sección, los países tienen diferentes maneras de promover la educación.

Sin embargo, dentro de estos resultados, Ecuador, a pesar de no estar presente en la prueba PISA, sí participó en la PISA-D, que es una prueba para países con ingresos medios y bajos. Según Duque & Landázuri (2019), los resultados obtenidos por Ecuador tuvieron el mejor desempeño en las materias evaluadas; no obstante, si se analiza por asignatura, se presenta que en el área de Ciencias, el 52,7% de los estudiantes no alcanzó el nivel básico. En Matemáticas, siendo una parte esencial de las ciencias, el 70% de los estudiantes no alcanzaron el nivel básico.

La enseñanza-aprendizaje de la Física presenta un enfoque convencional en la mayoría de sus clases, en el que solo se destaca el docente y la poca participación del estudiante, limitando de esta forma la motivación (Molina-Ruiz & González-García, 2021).

Por esta razón, es importante realizar una nueva visión para innovar la educación en esta área, pero para demostrar esta eficacia y determinar su impacto real, se propone integrar el rastreador software Tracker, el cual podría influir en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Este estudio tuvo como objetivo implementar el software Tracker y, a estos resultados, analizar el efecto que tiene en el proceso de

enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Los resultados de este proyecto de investigación podrían ofrecer valiosos conocimientos que transformen la enseñanza, además de que no solo tendrá el potencial de mejorar la calidad educativa, sino también de contribuir al desarrollo profesional y académico de los docentes y estudiantes.

1.2.1 Formulación del problema

¿De qué manera la implementación del software Tracker como herramienta didáctica puede mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones en el bachillerato?

1.2.2 Preguntas directrices

- ¿Qué actividades se pueden diseñar con el uso del software Tracker para permitir a los estudiantes analizar y comprender los conceptos básicos de la cinemática en dos dimensiones?
- ¿Cuál es la percepción de los docentes frente al uso del software Tracker como recurso tecnológico para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones?
- ¿Qué diferencias en el rendimiento académico presentan los estudiantes que reciben clases con el software Tracker y los que no lo utilizan en el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones?
- ¿Cómo facilitar de manera efectiva el uso del software Tracker como herramienta didáctica para la implementación tecnológica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones?

1.3 Justificación

En la actualidad, la implementación de recursos tecnológicos en diversos ámbitos ha mostrado muchos beneficios; de esta forma, en la parte educativa ha sido indispensable debido a los nuevos problemas que se presentan y que pueden ser solventados. El sistema educativo aún presenta deficiencias en la integración de las herramientas tecnológicas en el aula, lo cual limita la exploración a través de metodologías innovadoras y nuevas formas de resolver los problemas de aprendizaje de los estudiantes.

En particular, la Física suele presentar dificultades en el proceso de enseñanza, debido a diversas circunstancias, como la falta de accesibilidad a laboratorios y materiales para la experimentación de los temas a tratar en esta asignatura. Lo que provoca a una dependencia de la teoría y resolución de problemas, sin un acercamiento al estudio del fenómeno. Dado que el estudio de esta materia implica la teoría y la experimentación para una mejor comprensión de los fenómenos, algunos estudios han demostrado que la falta de la

experimentación impacta de forma negativa en el rendimiento académico de los estudiantes (Pavón Brito et al., 2020).

Mediante una revisión sistemática sobre la efectividad del software Tracker en la enseñanza de la física, Plaza Santillán & Saquinaula Brito (2024) mencionan que el uso de esta herramienta facilita el aprendizaje interactivo, solventando la deficiencia de laboratorios y recursos para experimentación, conectando de esta forma la tecnología, teoría y experimentación que requiera para el estudio de la física.

Ante estos problemas, el software Tracker se presenta como una alternativa a estos problemas, la cual permitirá que estudiantes y docentes puedan mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones, además de mejorar la comprensión y análisis de estos fenómenos a través de simulaciones y videos reales.

Esta investigación busca contribuir significativamente al campo de la enseñanza de la Física, evaluando el impacto que tiene el software Tracker en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones, con la finalidad de mejorar la comprensión de conceptos y el análisis de los resultados y gráficas obtenidas a través de su uso. Este estudio aporta a investigaciones previas sobre la implementación de tecnologías educativas; además, ofrecerá una solución a la falta de recursos para la enseñanza a través de la experimentación. Así mismo, abordará de forma directa los vacíos sobre el uso de herramientas digitales y metodologías activas en la enseñanza de la Física, proponiendo un enfoque similar en otras instituciones con contextos similares.

Los resultados de este estudio podrán ser aplicados en la práctica educativa mediante estrategias didácticas que incluyan el uso de este software u otros similares que ayuden al aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones.

Este estudio servirá como referencia para docentes de Física y Matemáticas, ya que la asignatura de Física tiene una estrecha relación con procesos matemáticos; no solo permitirá que los docentes realicen experimentaciones, sino también entender cómo se manifiesta el fenómeno estudiado. Para los docentes de matemáticas, proporcionará ejemplos creativos que faciliten la explicación de los modelos matemáticos o representaciones gráficas de funciones y ecuaciones que requieran estudiar y compararlos con la vida diaria. Además, permitirá conocer la percepción de los docentes sobre el uso de herramientas tecnológicas para la enseñanza como una estrategia innovadora.

El uso de tecnologías educativas en la enseñanza de la Física tiene un impacto positivo, dado que mejora el proceso de aprendizaje y motiva a los estudiantes a explorar los conceptos científicos de una manera más dinámica.

Este estudio se enfocará en estudiantes y docentes de la Unidad Educativa "Milton Reyes" de la ciudad de Riobamba, quienes serán los beneficiarios directos de la aplicación

del software Tracker en clases de Física sobre la cinemática en dos dimensiones. A los estudiantes se les presentará como una oportunidad para aprender de una forma más interactiva y significativa, mientras que para los docentes permitirá hacer sus clases más llamativas y mejorar su proceso de enseñanza.

En un contexto más amplio, este estudio servirá a las instituciones como una guía para solucionar los problemas de la falta de recursos para la experimentación, así como el espacio adecuado en donde realizarlo, además de compensar el uso de la tecnología en el presente.

La falta de docentes preparados con competencias como STEM hace que sea un desafío llegar a la calidad educativa, lo que, a su vez, impacta de manera negativa en el desempeño académico de los estudiantes. Este problema se refleja en resultados de pruebas a nivel regional, nacional e internacional, siendo la última el reflejo de los resultados en la prueba PISA (País, 2024).

Por ello, es importante que se involucre a las herramientas tecnológicas como parte del proceso educativo. Es así como surge la necesidad del uso del software Tracker como herramienta didáctica en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Este software no solamente funcionaría como una herramienta que complementa el desarrollo de la clase, sino que también reemplazaría la falta de recursos como el laboratorio donde desarrollar las experimentaciones y los recursos necesarios.

Las referencias que se utilizarán en este estudio respaldarán toda la información presentada; esta información se derivará de estudios recientes y pasados que analizan la funcionalidad y la eficacia del software Tracker en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar el software Tracker como herramienta didáctica para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones a nivel de bachillerato.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar actividades didácticas basadas en el software Tracker que permitan a los estudiantes analizar y comprender los conceptos fundamentales de la cinemática en dos dimensiones, como posición, velocidad y aceleración.
- Conocer la percepción de los docentes sobre el uso del software Tracker como recurso tecnológico para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones.

- Evaluar la eficacia del uso de Tracker en el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones, mediante la comparación de resultados académicos y la percepción de los participantes antes y después de su implementación.
- Elaborar un manual de uso del software Tracker, proporcionando instrucciones y procedimientos adecuados para un aprendizaje significativo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Si bien la educación ha evolucionado con el tiempo, se han identificado nuevos problemas en las que se han implementado nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, estas implementaciones no han sido suficientes para resolver las falencias en la educación. Tras problemas globales como fue la pandemia, de la cual se aprendió que el uso de la tecnología para la educación es necesario e importante. No obstante, no se solucionó todo, dado que existieron inconvenientes de conectividad para todos los actores de este campo. A pesar de ello, la tecnología permitió solucionar este problema, lo cual permitió que después sea necesario que docentes y estudiantes la utilicen para fortalecer el proceso educativo.

Según Villacreses-Zambrano et al. (2024), realizaron una investigación titulada “Tracker para la enseñanza de la Física I: una experiencia con estudiantes de educación superior” que tuvo como objetivo analizar el impacto del uso de Tracker Video Analysis en la enseñanza de la Física, específicamente en el tema de colisiones, en estudiantes de educación superior. En el cual se destaca que la integración de la tecnología en el Ecuador sigue siendo limitada, principalmente debido a la escasez de recursos y docentes competentes. Los resultados fueron satisfactorios, ya que evidenciaron que el grupo experimental logró una mejor comprensión de conceptos y puntajes en las evaluaciones. De manera general, concluye que la implementación de este software es efectiva para mejorar la enseñanza de la Física.

El software Tracker es una herramienta didáctica que permite al docente hacer sus clases más interesantes y motivadoras para los estudiantes. Además, es de fácil acceso, ya que es un programa gratuito, de fácil instalación y uso. Su implementación facilita que los estudiantes puedan aprender de una mejor forma, sin necesidad de realizar gastos económicos para obtener los mismos resultados.

De acuerdo con Abdel Rahim Garzón & Moreno Villate (2022), en su investigación titulada “Uso de Tracker como herramienta de análisis en experimentos caseros para el aprendizaje de la física mecánica”, tuvo como objetivo estudiar las ecuaciones cinemáticas, leyes de Newton, entre otros temas, los cuales realizaron a base de tres experimentos caseros con uso del software Tracker. Los resultados fueron comparados, tanto los teóricos como los experimentales de la aceleración y velocidad final. Se concluye que esta experiencia por lo general no se realiza en los laboratorios de Física, ya que en la mayoría de los casos

solo se plantea como un ejercicio en clase. Finalmente, se destaca que, como en otros trabajos similares, se ha comprobado la necesidad de cambiar las prácticas académicas, con la finalidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Además, los estudiantes han presentado una mayor motivación, creatividad y autonomía en la adquisición de conceptos con el uso de las TIC.

El software Tracker, al ser una herramienta de video análisis, permite a cualquier usuario realizar sus propios experimentos de forma casera y luego poder analizarlos mediante los resultados que obtenga y además de poder visualizar las gráficas. Esto se debe a que es de fácil acceso, favoreciendo de esta manera al proceso educativo.

Ante lo establecido por Gómez Fonseca (2016), en su investigación titulada “Implementación del programa Tracker como herramienta de análisis en algunas situaciones de cinemática y dinámica en dos dimensiones, aplicando el método de aprendizaje activo”, tuvo como objetivo demostrar cómo el uso del software Tracker puede ser una herramienta del aprendizaje activo y mejorar el ambiente educativo. En su estudio se describe la importancia de enseñar Física, destacando que las personas deben manejar un lenguaje científico que les proporcione conocimientos básicos y estrategias para abordar problemas. En los resultados se expone que, previo al uso del programa, los estudiantes deben estar relacionados con los conceptos de cinemática y dinámica. Posterior a la implementación, se observó un aumento en un gran porcentaje de la comprensión de estos conceptos de forma visual. En cuanto a docentes, se verificó que la mayoría no conocía este software, mientras que el resto no lo aplicaba porque no lo consideraban importante. Finalmente, concluye que esta herramienta es de excelente ayuda y tiene un impacto positivo en la educación.

De manera general, las clases de Física suelen ser únicamente desarrolladas a través de la resolución de problemas, memorización de procesos y conceptos, siendo contradictorio para que se fomente un mayor aprendizaje. El software Tracker puede ser una alternativa para mejorar la calidad educativa, contribuyendo a nuevas implementaciones de metodologías necesarias para la enseñanza de esta área (Larriva Marín & Torres Durán, 2019).

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Enseñanza-aprendizaje de la Física

2.2.1.1 Problemas de la enseñanza de la Física

El proceso de enseñanza de la Física tiene muchos problemas, como los conceptos que son enseñados no logran que se relacionen con la vida cotidiana de los estudiantes. Esto se produce principalmente porque la formación de los estudiantes se enfoca más en la resolución de problemas y almacenar información, mas no en la aplicabilidad y la relación conceptual con la realidad (Dapía, 2008).

El problema del porqué no se entiende la enseñanza de la Física se debe a que los docentes manejan distintos conceptos, siendo que unos lo hacen de forma científica, otros más sencilla y de casualidad aquellos que no se dan a entender; por tratar de manejar un lenguaje científico avanzado, resulta en una confusión total a los estudiantes.

Como lo menciona Moreira (2014) los problemas de la enseñanza de la Física se presentan en que:

- está centrada en el docente, no en el alumno; sigue el modelo de la narrativa;
- es monológica, no dialógica;
- es conductista;
- es del tipo “bancario” (intenta depositar conocimientos en la cabeza del alumno);
- se ocupa de conceptos fuera de foco;
- no incentiva el aprendizaje significativo;
- no incorpora las TICs;
- no utiliza situaciones que tengan sentido para los alumnos;
- no busca un aprendizaje significativo crítico;
- entrena para el examen, enseña respuestas correctas sin cuestionamiento (p. 45).

2.2.1.2 Enseñanza de la cinemática en dos dimensiones

La enseñanza de la Física, al ser una asignatura que requiere la resolución de ejercicios, enfrenta un gran nivel de problemas a la hora de la enseñanza debido a la falta de integración del análisis en situaciones reales. Además, no se presentan de manera que permitan el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de razonar de los estudiantes.

Como señala Escalante et al. (2017), la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones generalmente empieza por la explicación de conceptos, seguida de ejemplos y problemas, sin dar paso al razonamiento detrás del fenómeno. Es por lo que propone un programa de estudios en el cual destaca que el estudiante pueda aplicar estos conceptos a través del análisis del fenómeno, fomentando una actitud más crítica, científica y analítica.

La enseñanza de la cinemática en dos dimensiones en Ecuador, presenta problemas desde los inicios de los temas en cinemática unidimensional. Estos parten desde la práctica docente, asociando problemas a lo pedagógico, ya que en muchos de los casos estos problemas vienen desde la educación media. En muchos de los casos, los docentes encargados de esta asignatura tienen un nivel de conocimiento bajo o incluso no cuentan con las competencias pedagógicas necesarias de esta asignatura (Carrera et al., 2016).

2.2.1.3 Problemas del aprendizaje de la Física

Si bien en el aprendizaje de la Física, al ser una asignatura que involucra procedimientos matemáticos, suele ser más difícil, además de que los estudiantes adopten posturas filosóficas que permitan desarrollar su capacidad crítica, reflexiva y científica. Según Sinarcas & Solbes (2013), el aprendizaje se da con facilidad cuando se reflexiona sobre cada problema. Sin embargo, en muchos de los casos los temas de esta asignatura solo son revisados de manera superficial sin darle un sentido a su estudio.

Según Elizondo Treviño (2013), los problemas de aprendizaje de la Física se deben a los siguientes factores:

- Dificultades para identificar datos relevantes del problema.
- Dificultades para comprender los significados de los datos.
- Dificultades para contextualizar los conceptos de la Física.
- Dificultades para transcribir al lenguaje matemático los datos del problema.
- Dificultades por deficiencias en sus habilidades matemáticas.
- Dificultades para transcribir al lenguaje de la Física los datos de la solución del problema (p. 72).

2.2.1.4 Aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones

En el estudio del movimiento, la cinemática en dos dimensiones se refiere principalmente a todo cuerpo que realiza movimientos en un sistema de referencia bidimensional, es decir, en dos direcciones en el espacio, como un desplazamiento vertical y horizontal. Esta área de aprendizaje enfrenta problemas, ya que es necesario primero conocer los conceptos básicos del movimiento en una dimensión, como velocidad, posición y aceleración.

De acuerdo con Naranjo Veintimilla et al. (2016), el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones presenta problemas en la comprensión e interpretación de datos y gráficas relacionadas con el movimiento. Por esta razón, en su investigación se planteó el uso del video análisis como una alternativa para comprender estas particularidades de la cinemática en dos dimensiones. Los resultados muestran que a los estudiantes, al interactuar con el video análisis, les permitió una mayor experiencia y solucionar sus inconvenientes; además, mostraron un mejor análisis e interpretación de los resultados de los datos y gráficas obtenidas en el movimiento de un objeto.

2.2.2 Implementación tecnológica en la enseñanza-aprendizaje de la Física

El uso de la tecnología en la educación es de mucha relevancia, ya que puede facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, promueve la interacción entre docentes y estudiantes, para que puedan usarlo de manera efectiva. Así mismo, sirve específicamente para una situación a la cual no se puede encontrar una fácil respuesta, ayudando a satisfacer necesidades y fortalecer el desarrollo de habilidades.

De acuerdo con Arrieta & Delgado (2006), en su investigación “Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica”, establecen que algunos docentes usan herramientas tecnológicas para sus clases; la mayoría no lo hacía, lo que afecta el interés del estudiante. A partir de esta situación, se planteó un programa de capacitación que resaltaba la importancia de implementar la tecnología en la enseñanza-aprendizaje. Posteriormente, se evidenció que en su práctica los resultados favorecen una mayor concentración y mejor participación de los estudiantes, llegando a motivarlos en el aprendizaje.

2.2.2.1 Herramienta didáctica

Una herramienta didáctica, según lo señalado por Ordóñez & Marín (2015), puede entenderse como un medio que es esencial, que facilita el aprendizaje y apoya al esfuerzo intelectual, permitiendo una mejor comprensión y retención de los nuevos conocimientos.

Ante lo expuesto por Zambrano-Orellana et al. (2021), una herramienta didáctica se considera como un instrumento, el cual permite fortalecer el proceso académico, ya que permite adecuar el entorno de trabajo con la finalidad de superar diversos inconvenientes que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.2.2.2 Software Tracker

Según Hernández Fereira & González Castillo (2024), “el Tracker es un software libre usado para analizar videos y construir modelos dinámicos en el ambiente Java, creado en el marco del proyecto Open Source Physics” (p. 1)

Por otra parte, Brown et al. (2025) destacan que Tracker es una herramienta que permite modelar y analizar el movimiento mediante filmaciones. Además, destaca que es un poderoso software, ya que combina video con la modelación por computadora.

Si bien se trata de un programa de acceso libre y gran utilidad para el análisis de movimientos, resultados y gráficas a través de videos, este programa permite la obtención de forma general de datos como la posición, velocidad, aceleración y trayectoria de los objetos estudiados.

Según Domínguez (2016), este programa se basa en el seguimiento de la trayectoria de objetos; además, permite estudiar ciertas áreas de la Física como son la cinemática, dinámica y fenómenos ópticos. Además, destaca que los resultados que se pueden obtener incluyen gráficas, filtros de efectos especiales, varios marcos de referencia, tabla de resultados e inclusive modelos matemáticos generados a través de la gráfica del fenómeno estudiado. También añade que es un software que puede ser implementado en laboratorios.

De esta forma, se puede interpretar que el software Tracker es una herramienta de video análisis que en ciertos casos, puede sustituir a los laboratorios físicos cuando no se cuentan con herramientas adecuadas e incluso reemplazar al mismo. Además de ser gratuito y de fácil acceso, lo convierte en una opción para la enseñanza.

2.2.2.3 Características del software Tracker

Según Mondragón Sánchez (2018), Tracker presenta ciertas características como:

- Etiquetado o identificación de objetos en movimiento.
- Generación de datos y análisis.
- Herramientas de video.
- Constructor de modelos.
- Recursos de la librería digital (p. 3).

2.2.2.4 Cómo utilizar el software Tracker

Según Brown et al. (2025) afirma , cuando inicia Tracker, aparece una pantalla en blanco, para lo cual debe seguir el siguiente proceso:

- Abra un archivo de vídeo o rastreador.
- Identifique los fotogramas ("videoclip") que desea analizar.
- Calibre la escala de vídeo en donde ocurra exactamente el movimiento.
- Establezca el origen y el marco de referencia (en caso de trabajar a un ángulo, ajústelo).
- En caso de necesitarlo, utilice los componentes de barra de calibración.
- Seguimiento de objetos de interés con el ratón.
- Trazar y analizar las pistas.
- Guarde su trabajo en un archivo de seguimiento.
- Exportar datos de seguimiento a una hoja de cálculo.
- Imprima, guarde o copie/pegue imágenes para informes.

2.2.3 Tracker como herramienta didáctica

Según lo expuesto por Plaza Santillán & Saquinaula Brito (2024), Tracker es un recurso valioso en la enseñanza de la Física, ya que facilita la educación haciéndola más interactiva y práctica. Este programa sugiere una mejor comprensión de conceptos, permitiendo que los estudiantes conecten la teoría con la práctica de forma sencilla. Sin embargo, a pesar de estar destinado en varios idiomas, no existen muchos estudios sobre el uso y el impacto en el ámbito educativo. En consecuencia, se propone que sería útil que docentes o investigadores profundicen más sobre esta herramienta y que se desarrollen guías de aplicaciones prácticas en los diferentes temas permitidos por el programa.

De acuerdo con Michelena et al. (2022), se menciona que Tracker puede sustituir el requerimiento de equipos de laboratorios, ya que, al ser una herramienta didáctica, podría fortalecer las habilidades de los estudiantes. Se sugiere que, al utilizar este programa, los estudiantes pueden presentar una mejor interpretación y análisis de los resultados obtenidos en sus prácticas de laboratorio. Además, se menciona que debe ser aprovechada por varios docentes, ya que, además de mejorar la educación, puede facilitar la implementación de la tecnología y que sus clases se hacen más atractivas y motivadoras.

2.2.4 Cinemática

Según Olmedo (2012), “es la parte de la Física que estudia el movimiento de los cuerpos denominados en muchos de los casos como partículas” (p. 3). Estas partículas pueden ser cualquier cuerpo que posea una posición, sin importar sus dimensiones. En este sentido, no importa su tamaño ni su masa, solo el cómo sucede el movimiento que lo describe.

2.2.4.1 Cinemática en dos dimensiones

De acuerdo con lo establecido por Lawrence (2019), la cinemática en dos dimensiones está presente en varias actividades cotidianas, como la utilización de los mapas, lo cual se debe a la geometría local que se emplea. Además, destaca que el movimiento en dos dimensiones se describe a través de direcciones, que a su vez se utilizan de forma intuitiva en el uso de vectores al explicar conceptos de velocidad, aceleración, desplazamiento y la ubicación. Estos vectores se describen principalmente por dos componentes, lo que explica el enfoque de cinemática bidimensional.

La cinemática en dos dimensiones parte de la aplicación en una dimensión, siendo que se pueden entender desde ahí los conceptos de velocidad, posición, trayectoria y aceleración. Sin embargo, en el contexto bidimensional, cambia, ya que es necesario introducir el concepto de vectores, dado que este movimiento se parte desde dos componentes, con la finalidad de describir correctamente el movimiento en dos direcciones.

2.2.4.2 Elementos de la cinemática en dos dimensiones

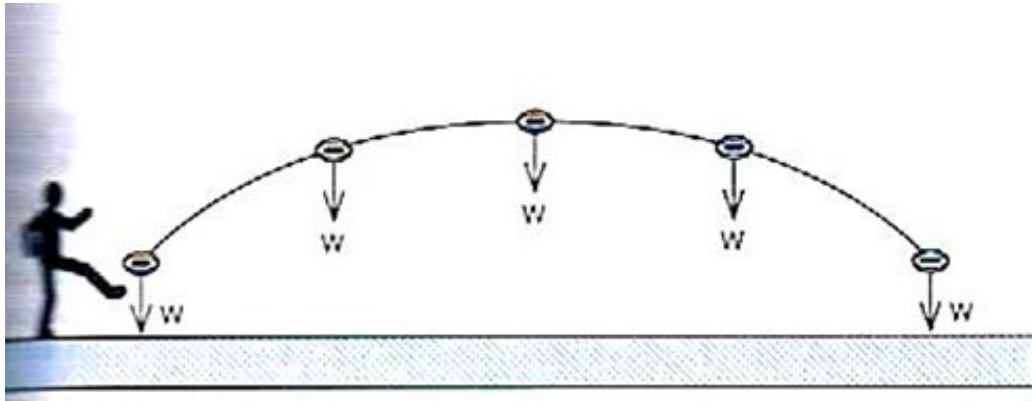
- **Sistema de referencia:** Es un conjunto de coordenadas espacio-tiempo, el cual se requiere para determinar la posición de un objeto con respecto a un observador. Por lo general, se lo representa en un sistema de coordenadas (x, y) , el cual sirve para representar la trayectoria del objeto. “Es un sistema de coordenadas cartesianas, más un reloj, respecto a los cuales describimos el movimiento de los cuerpos” (Ministerio de Educación, 2016).
- **Posición:** Nos permite describir la ubicación de un objeto en el espacio o en situaciones experimentales en el plano.
- **Desplazamiento:** Se refiere a todos los puntos en el plano donde el objeto se ha movido.
- **Desplazamiento:** Se refiere a todos los puntos en el plano donde el objeto se ha movido.
- **Velocidad:** Es el cambio de posición de un objeto con respecto al tiempo que lo ha empleado en cualquier dirección.
- **Aceleración:** Es el cambio de la velocidad con respecto al tiempo empleado.
- **Trayectoria:** Es una línea que indica el recorrido que siguió un objeto desde su punto de partida hasta el punto final donde llegó en el tiempo empleado.
- **Movimiento compuesto:** Es la composición de dos o más movimientos simples que describe un objeto; por lo general, se lo asocia a una parábola.
- **Representación gráfica:** Es una forma de visualizar los datos numéricos asociados al movimiento, donde se destaca la relación entre la posición de un objeto con respecto al sistema de coordenadas, entre otras variantes.

2.2.5 Movimiento parabólico

Según la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH, 2011), el movimiento en dos dimensiones es el resultado de combinar dos tipos de movimiento: el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) como parte de las componentes en horizontal y el movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV) a la componente vertical, como se visualiza en la Figura 2.1.

Figura 2.1

Representación gráfica del movimiento parabólico



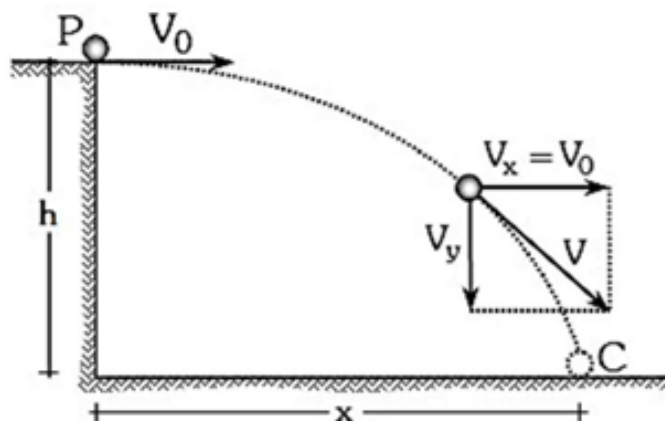
Nota: La figura representa el movimiento de un objeto que describe una parábola; a esto se lo conoce como movimiento parabólico. Tomado de *Movimiento parabólico-proyectiles*, por González, 2011, La Guía de Física.

2.2.5.1 Tiro horizontal

Según UAEH (2011) un tiro horizontal, se caracteriza por describir como un tipo de movimiento que combina dos componentes independientes: un desplazamiento horizontal con velocidad constante y un desplazamiento vertical influenciado por la aceleración de la gravedad. En este sentido, cuando el objeto es lanzado al vacío, mantiene su velocidad inicial en el eje horizontal, pero en el eje vertical su velocidad varía de forma creciente conforme se desplace con respecto al tiempo, es por lo que su trayectoria se caracteriza por ser una curva característica del movimiento.

Figura 2.2

Representación gráfica del tiro horizontal

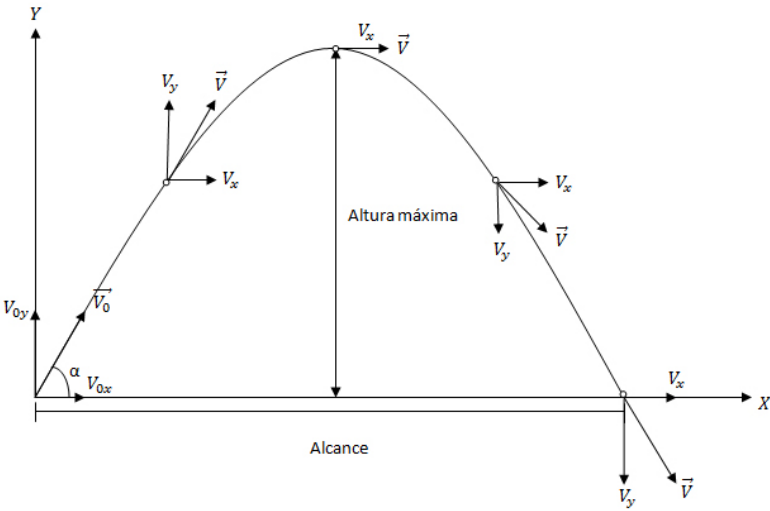


Nota: La Figura representa el tiro horizontal que compone dos movimientos: el horizontal, con velocidad constante, y el vertical que, a medida que cae, incrementa su velocidad. Tomado de *Clase digital 9. Tiro horizontal, tiro parabólico y movimiento circular*, por Universidad de Guanajuato 2023 Nodo Universitario Recursos Educativos Abiertos.

2.2.5.2 Tiro oblicuo

Según UAEH (2011), el tiro oblicuo se caracteriza por seguir una trayectoria parabólica en la que su movimiento se ve afectado por dos tipos de movimientos simultáneos. El primero, un desplazamiento horizontal, con una velocidad constante, y el segundo, un movimiento vertical, donde la velocidad disminuye debido a que es afectada por la aceleración de la gravedad. A diferencia del tiro horizontal, la velocidad inicial se presenta en ambos tipos de movimiento. En la Figura 2.3 se pueden visualizar las componentes rectangulares de la velocidad inicial, una horizontal y otra vertical.

Figura 2.3
Representación gráfica del tiro oblicuo



Nota: La figura representa el tiro oblicuo que parte con una velocidad inicial y un ángulo con respecto al eje, con velocidades en las componentes del plano. Tomado de *Demostración de las ecuaciones del movimiento parabólico*, por QED, 2013, La web de Física.

2.2.6 Ecuaciones del movimiento parabólico

Según Moroyoqui et al. (2023), las ecuaciones del movimiento parabólico en función de la velocidad inicial como vector, transformando a componentes cartesianas, se establecen en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1
Ecuaciones de la velocidad en componentes cartesianas

Ecuaciones	Descripción
$v_{ox} = v_o \cdot \cos \theta$	Componente de la velocidad inicial en el eje "x"
$v_{oy} = v_o \cdot \sin \theta$	Componente de la velocidad inicial en el eje "y"

Nota: Esta tabla muestra las ecuaciones del movimiento parabólico, como las velocidades en los componentes y sus aceleraciones en cada componente. Tomado de: Moroyoqui et al., 2023

En el movimiento parabólico, un objeto se mueve en dos dimensiones (horizontal y vertical), bajo la influencia de la gravedad. Para su análisis se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas, en el cual:

- **Posición inicial:** $\vec{r}_1 = (x_0, y_0)$.
- **Velocidad inicial:** $\vec{v}_o = (v_{ox}, v_{oy})$
- **Aceleración:** $\vec{a} = (0, -g)$, porque solo la gravedad actúa en la dirección vertical.

Para desarrollar las ecuaciones del movimiento, es necesario comprender las componentes cartesianas en el eje de las abscisas “ x ” y el eje de las ordenadas “ y ”, la posición del objeto se puede describir a partir de la siguiente ecuación:

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_0 + \vec{v}_o \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a} \Delta t^2 \quad (2.1)$$

La ecuación 2.1 describe la posición de una partícula en dos dimensiones, donde el vector $\vec{r}$ representa la posición en la que se encuentra la partícula, el vector $\vec{v}$ representa la velocidad de la partícula, Δt representa la variación de tiempo que se emplea en describir el movimiento realizado de inicio a fin, $(t_1 - t_0)$ a su vez que se puede sobreentender que el tiempo inicial por lo general será igual a 0; por ende, se trabajará más con el tiempo t_1 que a su vez se lo describe como t , y el vector $\vec{a}$ representa la aceleración que se emplea para el movimiento, siendo que todos estos vectores se pueden llegar a descomponer en coordenadas cartesianas:

$$(x_1, y_1) = (x_0, y_0) + (v_{ox}, v_{oy})t + \frac{1}{2}(a_x, a_y)t^2 \quad (2.2)$$

De esta forma, en la ecuación 2.2 se evidencia la descomposición de la ecuación en componentes cartesianas. Considerando que el movimiento parabólico resulta de dos movimientos: Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y el Movimiento Rectilíneo Uniforme Variado (MRUV), siendo uno el movimiento que no necesita una aceleración, ya que esta es constante o igual a cero, mientras que el otro movimiento se ve afectado por una aceleración, la cual es la gravedad respectivamente.

2.2.6.1 Ecuaciones paramétricas de la posición

Para el MRU solo se tomarán en cuenta las componentes x de la ecuación 2.2:

$$x_1 = x_0 + v_{ox}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \quad (2.3)$$

Este movimiento presenta una particularidad, la cual considera que la aceleración es una constante o inclusive que es igual a 0, ya que no presenta ningún valor, por lo que la ecuación 2.3 toma la siguiente estructura:

$$x_1 = x_0 + v_{ox}t \quad (2.4)$$

En cambio, para el MRUV solo se deben tomar en cuenta las componentes y de la ecuación 2.2:

$$y_1 = y_0 + v_{oy}t + \frac{1}{2}a_yt^2 \quad (2.5)$$

Como el MRUV se ve afectado por la aceleración de la gravedad, cuyo valor se considera como $g = -9.8m/s^2$, la ecuación 2.5 toma la siguiente forma:

$$y_1 = y_0 + v_{oy}t + \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.6)$$

2.2.6.2 Ecuaciones paramétricas de la velocidad

Para los cálculos en los que se requiera hallar la velocidad final en un cierto instante, se utiliza la siguiente ecuación:

$$v_f = v_o + at \quad (2.7)$$

La ecuación 2.7 se puede descomponer de la siguiente forma:

$$(v_{fx}, v_{fy}) = (v_{ox}, v_{oy}) + (a_x, a_y)t \quad (2.8)$$

Siendo que para el MRU se utilizan todas las variables en función x de la ecuación 2.8:

$$v_{fx} = v_{ox} + a_x t \quad (2.9)$$

Dado que el MRU presenta una aceleración igual a 0, la ecuación 2.9 toma la siguiente expresión:

$$v_{fx} = v_{ox} \quad (2.10)$$

De acuerdo con la ecuación 2.10, la velocidad con la que comienza el movimiento será la misma cuando termine.

En cuanto al MRUV, la ecuación 2.8 se expresa mediante la componente en y , tomando la siguiente expresión:

$$v_{fy} = v_{oy} + a_y t \quad (2.11)$$

Y como se mencionó anteriormente, el MRUV se ve afectado por la aceleración de la gravedad, de manera que la ecuación 2.11 se exprese de la siguiente forma:

$$v_{fy} = v_{oy} + gt \quad (2.12)$$

Estas ecuaciones se pueden complementar con las ecuaciones de la Tabla 2.1 las cuales toman como evidencia que la velocidad se puede trabajar en componentes cartesianas y según el eje en el que se requiera trabajar.

2.2.7 Movimiento circular uniforme (MCU)

Según Méndez Mendinueta (2016), menciona que el movimiento circular “es un movimiento periódico donde la partícula que se mueve describe una trayectoria que es una circunferencia de radio R con rapidez constante v ” (p. 23).

De acuerdo con Young et al. (2019), el movimiento circular se describe cuando “una partícula se mueve en un círculo con rapidez constante” (p. 84). La Tabla 2.2 presenta las ecuaciones del movimiento circular.

Tabla 2.2

Ecuaciones del movimiento circular uniforme

Ecuaciones	Descripción
$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$	El período es el tiempo que tarda un cuerpo o una partícula en dar una vuelta completa.
$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$	La frecuencia es el número de vueltas que efectúa un móvil en un segundo.
$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	La magnitud de la velocidad angular es el cociente entre el desplazamiento angular y el tiempo empleado.
$\omega_{med} = \frac{\omega_f + \omega_i}{2}$	La magnitud de la velocidad angular media se calcula siempre y cuando la aceleración angular sea constante.

Nota: En esta tabla se presentan las ecuaciones fundamentales del movimiento circular uniforme, las cuales describen la relación entre las magnitudes cinemáticas involucradas, como: periodo, frecuencia y velocidad angular. Tomado de: García Ordaz (2021)

La Tabla 2.3 muestra las ecuaciones del movimiento circular uniforme de la aceleración y velocidad lineal.

Tabla 2.3

Magnitudes de la aceleración y velocidad del movimiento circular uniforme.

Ecuaciones	Descripción
$a_c = \frac{v^2}{R}$	Magnitud de la aceleración centrípeta (hacia el centro)
$v = \frac{2\pi R}{T}$	Magnitud de la velocidad lineal

Nota: En esta tabla se presentan las ecuaciones de las magnitudes de la aceleración centrípeta y la velocidad lineal del movimiento circular uniforme. Tomado de: Méndez Mendinueta (2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Según el enfoque

El enfoque de esta investigación fue mixto, ya que buscó ampliar y profundizar el tema propuesto. De esta forma, se logró comprender el problema, además de establecer objetivos para su estudio. En este enfoque, los métodos cualitativos y cuantitativos se complementaron: el primero se enfocó en la observación y respuestas verbales y textuales de los grupos de estudio, mientras que el segundo se basó en el análisis de variables numéricas, fórmulas y métodos analíticos. Esta combinación se fundamentó en el pragmatismo. Según Palacios Alvarado et al. (2023), el enfoque mixto permite obtener una mayor exploración de la información, además de presentar una mayor solidez y rigor investigativo.

De esta manera, la presente investigación se fundamentó en la recolección y análisis de datos obtenidos para evaluar la efectividad del software Tracker en el movimiento en dos dimensiones. A través de este enfoque, no solo se pretende establecer relaciones entre variables, probar hipótesis y generar conclusiones objetivas sustentadas con evidencia estadística, sino también explorar y comprender las experiencias y percepciones de los participantes. Así se buscó generar conclusiones más completas con la finalidad de proporcionar una visión más amplia del fenómeno estudiado.

3.1.2 Según el nivel de investigación

La investigación tuvo un alcance explicativo–propositivo, debido a que se implementó estudios de causalidad entre variables, y a su vez realizar una propuesta orientada a la mejora de la enseñanza. Según Palacios Alvarado et al. (2023), el nivel explicativo se emplea en investigaciones que buscan determinar causas y efectos de un fenómeno, fundamentándose en la formulación y comprobación de hipótesis.

De esta forma, la investigación se centró en la identificación de efectos del uso del software Tracker en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones, además. Además, tuvo un alcance propositivo, ya que se elaboró un manual de uso del software Tracker para su implementación en el aula, con la finalidad de proporcionar estrategias didácticas, favoreciendo así a la enseñanza del movimiento en dos dimensiones.

3.1.3 Según el lugar

La presente investigación tuvo un estudio de campo, ya que se lo llevó en un entorno donde sucede este fenómeno. De acuerdo con Palacios Alvarado et al. (2023) "consiste en los estudios que son realizados en el lugar de campo", en los cuales se recopila la información por medio de hechos a partir de la observación y aplicación de instrumentos.

De esta forma, el estudio se realizó en la Unidad Educativa "Milton Reyes", en el aula de clases y laboratorio de cómputo, donde se implementó el software Tracker con estudiantes de bachillerato, aplicando pruebas de conocimiento y actividades evaluadas mediante una rúbrica. Además, de entrevistar a los docentes de la asignatura de Física, si conocen del software y su implementación en clases de cinemática en dos dimensiones.

3.1.4 Según la temporalidad

La investigación fue de tipo transversal, ya que se analizó el estudio en un periodo específico y delimitado. Según Palacios Alvarado et al. (2023), es transversal, debido a que permite no realizar un seguimiento a largo plazo.

Por esta razón, el estudio se llevó a cabo en un tiempo corto y definido, lo cual permitió la implementación del software Tracker en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones, además de la obtención de datos necesarios para cumplir los objetivos de estudio.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue cuasiexperimental en cuanto al enfoque cuantitativo, ya que permitió realizar una intervención con la finalidad de evaluar el impacto del software. Según Fernández et al. (2014), tiene como finalidad probar una hipótesis, mediante la manipulación de al menos una variable independiente.

Para el enfoque cuantitativo se utilizó un diseño cuasiexperimental en cuanto se refiere al enfoque cuantitativo, el cual se empleó para evaluar el impacto del software Tracker en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Este diseño permite probar hipótesis a través de la manipulación de variables independientes y dependientes.

A continuación, se presenta la representación de un diseño cuasiexperimental.

$$\begin{array}{l} G_1 : O_1 \quad X \quad O_2 \\ G_2 : O_1 \quad \quad O_2 \end{array}$$

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.3.1 Técnicas

Las técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron: prueba objetiva, observación y la entrevista semiestructurada.

3.3.2 Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Según Palacios Alvarado et al. (2023), un cuestionario se refiere a un conjunto de preguntas en relación a las variables a medir; en este caso fueron preguntas de opción múltiple con una sola respuesta correcta. Se utilizó como instrumento cuantitativo para recolectar información de la variable dependiente: "Enseñanza y aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones", sobre los conocimientos previos de los estudiantes, así como los conocimientos adquiridos sobre la cinemática en dos dimensiones usando el software Tracker. Este instrumento permitió obtener datos estructurados que facilitan la identificación de tendencias y la medición de la efectividad del recurso didáctico. La Tabla 3.1, presenta un resumen de las preguntas elaboradas considerando las dimensiones e indicadores para la variable dependiente.

Tabla 3.1
Dimensiones e indicadores de la variable dependiente

Definición VD	Dimensión	Indicador	Preguntas
Proceso de adquisición de conocimientos y habilidades relacionadas con el análisis del movimiento en dos dimensiones	Aprendizaje conceptual	Comprensión de conceptos cinemática en 2D	1 - 3
	Aprendizaje práctico	Aplicación de conceptos en problemas prácticos en 2D	4 - 6
	Habilidades de experimentación	Análisis de datos e interpretación de gráficos y tablas	7 - 9

Nota. Esta tabla presenta las dimensiones e indicadores de la variable dependiente que corresponde a la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones.

Para la evaluación de la prueba escrita, se consideró la escala de calificaciones elaborada por la Dirección Nacional de Estándares Educativos en el año 2024, tal como se muestra en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2

Escala de evaluación según la normativa del Ministerio de Educación del Ecuador vigente.

Nota cuantitativa	Referencia cualitativa	Descripción referencial	Equivalencia según RGLOE
10	A+	Demuestra dominio y comprensión de las habilidades, conocimientos y procedimientos desarrollados con capacidad para aplicarlos en situaciones prácticas y de la cotidianidad, simples y complejas, de forma independiente y colectiva.	Destreza o aprendizaje alcanzado
9	A-	Demuestra comprensión de habilidades y conocimientos desarrollados para aplicarlos en situaciones de la cotidianidad, de forma independiente y colectiva.	Destreza o aprendizaje alcanzado
8	B+	Aplica sus habilidades en situaciones comunes y predecibles, simples y no complejas de forma independiente. Evidencia habilidades para trabajar en equipo y de manera colaborativa, siguiendo instrucciones.	Alcanza los aprendizajes
7	B-	Realiza tareas y/o actividades de forma independiente y en ciertas ocasiones de forma colaborativa, sobre la base de la comprensión de los aprendizajes desarrollados. Evidencia habilidades para trabajar de manera individual y en equipo con ciertas limitaciones para seguir instrucciones.	Alcanza los aprendizajes
6	C+	Demuestra habilidades, conocimientos y procedimientos de manera integral, predominando el trabajo individual al trabajo en equipo. Requiere apoyo del equipo docente para el aprendizaje mediado.	Alcanza los aprendizajes
5	C-	Resuelve tareas o actividades simples sobre la base de sus habilidades, conocimientos y procedimientos adquiridos. Evidencia habilidades básicas de trabajo en equipo. Requiere apoyo del equipo docente para el aprendizaje mediado.	Está próximo a alcanzar
4	D+	Resuelve tareas o actividades simples sobre la base de sus habilidades, conocimientos y procedimientos adquiridos guiados con el docente. Evidencia limitaciones para trabajar en equipo.	No alcanza los aprendizajes
3	D-	Realiza tareas simples, demuestra dificultad para seguir instrucciones y completarlas, requiriendo la orientación frecuente del equipo docente.	No alcanza los aprendizajes
2	E+	Demuestra dificultades para desarrollar tareas simples y complejas a partir de las habilidades, conocimientos y procedimientos. Requiere intervención permanente del equipo docente para la culminación de sus tareas.	No alcanza los aprendizajes
1	E-	Expone un desarrollo inicial de conocimientos, habilidades y procedimientos para aplicarlos. Requiere intervención inmediata y apoyo continuo del equipo docente para completar las tareas o actividades asignadas.	No alcanza los aprendizajes

Nota: Escala de calificaciones propuestas por el Ministerio de Educación en el instructivo para la aplicación de la evaluación estudiantil. Tomado de *Instructivo de Evaluación Estudiantil*, por Ministerio de Educación del Ecuador, 2024

- **Rúbrica de evaluación:** Se planteó una serie de actividades usando el software Tracker. En esta actividad se incluyó la preparación del programa, la carga y calibración del video, marcado de los puntos de referencia, el análisis de gráficos de posición, velocidad y aceleración, así como el cálculo e interpretación de resultados obtenidos.

Para evaluar el desarrollo de estas actividades, se utilizó una rúbrica de evaluación, donde se consideraron aspectos como la precisión en la recolección de datos y el registro, la interpretación de resultados y el trabajo en equipo.

- Guía de entrevista semiestructurada: Para conocer la opinión de los docentes sobre el software, se utilizó una guía de entrevista semiestructurada compuesta por 8 preguntas, que permitió profundizar las percepciones y experiencias de los docentes con respecto al uso del software Tracker.

Tabla 3.3

Dimensiones e indicadores para la variable independiente

Definición VI	Dimensión	Indicador	Preguntas
Software educativo que permite el análisis de videos para estudiar el movimiento de objetos y fenómenos físicos, utilizado como recurso didáctico en la enseñanza de cinemática.	Características técnicas	- Funcionalidades del software. - Uso e interfaz	1 - 4
	Estrategias de implementación	- Impacto pedagógico y Educativo	5 - 10

Nota. Esta tabla presenta las dimensiones e indicadores para la variable independiente que corresponde a la aplicación del software Tracker (con dos niveles, con aplicación y sin aplicación)

3.4 Validez y confiabilidad de los instrumentos

3.4.1 Validez

3.4.1.1 Validación de contenido

La validez de los instrumentos fue realizada por expertos en el área de Física, quienes, una vez revisados los mismos y verificada la coherencia con los objetivos de investigación, las variables e indicadores definidos, obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.4

Validez de contenido del cuestionario por expertos

Expertos	Test de conocimiento	Rúbrica	Entrevista
	%	%	%
Experto 1	99,29	100	95,83
Experto 2	100	100	100
Promedio	99,65	100	97,92

Nota: La tabla representa el nivel de validez de los expertos para cada técnica de recolección de datos de los instrumentos evaluados.

La validez del cuestionario se verificó bajo los criterios de ciertos expertos en una escala de valores, siendo la siguiente:

Tabla 3.5

Criterios de validez del cuestionario según evaluación de expertos

Valoración	Niveles de validez
91 – 100	Excelente
81 – 90	Muy Bueno
71 – 80	Bueno
61 – 70	Regular
51 – 60	Deficiente

Nota: Los valores presentados en la tabla corresponden a los rangos de aceptación del cuestionario según la evaluación de expertos, empleando un índice de validez de contenido.

3.4.2 Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento se refiere a la consistencia de las mediciones que produce. En otras palabras, un instrumento confiable es aquel que proporciona resultados consistentes y reproducibles cuando se aplica en diferentes momentos o a distintas muestras (Palacios Alvarado et al., 2023).

El tipo de fiabilidad aplicado fue la fiabilidad interna que, según Frías-Navarro (2022), examina la consistencia interna del instrumento, es decir, cómo sus diferentes ítems o preguntas están relacionados entre sí.

Para determinar la confiabilidad del cuestionario, se realizaron los siguientes pasos:

3.4.2.1 Prueba piloto

Se aplicó el cuestionario a una muestra de estudiantes del mismo perfil al que va dirigido el estudio, es decir, estudiantes del tercero de bachillerato de la Unidad Educativa "Milton Reyes". Esta prueba permitió identificar posibles problemas de comprensión o ambigüedad en los ítems y medir la consistencia de las respuestas.

3.4.2.2 Análisis de fiabilidad

La fiabilidad se realizó únicamente del cuestionario; en el caso de la entrevista semiestructurada y la rúbrica de evaluación, no es posible calcular de manera cuantitativa. El cálculo se realizó mediante el coeficiente de alfa de Cronbach, utilizando el programa estadístico SPSS y, tal como se muestra en la Tabla 3.6, el coeficiente de alfa de Cronbach reflejó un valor de 0,816 lo que corresponde al 81,6%:

Tabla 3.6*Estadística de fiabilidad del cuestionario*

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,82	9

Nota: El análisis de fiabilidad se realizó utilizando el método Alfa de Cronbach, asegurando la estabilidad del instrumento.

3.4.2.3 Interpretación del resultado de fiabilidad:

La Tabla 3.7 representa los rangos de fiabilidad propuestos por Ruiz Bolivar (2002) y Pallella & Martins (2003), como se citó en Corral (2009) (p. 244). De acuerdo con el valor obtenido, este se ubicó en el rango de 0.81 - 1.00 lo que corresponde a una fiabilidad de magnitud muy alta.

Tabla 3.7*Escala de fiabilidad del instrumento de evaluación*

Valoración	Niveles de validez
0.81 – 1.00	Muy Alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Moderada
0.21 – 0.40	Baja
0.01 – 0.20	Muy Baja

Nota: Los coeficientes de fiabilidad reportados en la tabla se calcularon mediante el análisis de consistencia interna, utilizando el Alfa de Cronbach como medida principal.

3.5 Hipótesis de investigación

Las variables de estudio se presentan a continuación:

Variable independiente: aplicación del software Tracker (con dos niveles, con aplicación y sin aplicación).

Variable dependiente: enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones.

La hipótesis de investigación para este estudio fue: El software Tracker mejora el desempeño académico en el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones de los estudiantes del grupo experimental en tercero de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa “Milton Reyes”.

3.5.1 Estrategia para la prueba de hipótesis

Para la selección de la prueba estadística, primero se verificó la normalidad de los datos del pretest para comprobar si ambos grupos son o no homogéneos y también con el posttest, para lo cual se empleó la prueba Shapiro-Wilk, ya que la muestra fue menor a 50. Se empleó una prueba estadística inferencial con respecto a los resultados del posttest de ambos grupos mediante la prueba no paramétrica de Z(U de Mann Whitney) con la finalidad de proceder al análisis comparativo si la aplicación del software es o no efectiva.

3.6 Población de estudio y tamaño de muestra

3.6.1 Población

Docentes y estudiantes de la Unidad Educativa “Milton Reyes” con un total de 10 docentes y 96 estudiantes de bachillerato.

3.6.2 Muestra

Docentes del área de Ciencias Naturales / Física, siendo únicamente dos. En cuanto a los estudiantes, fueron seleccionados dos grupos de tercero de bachillerato, cada uno con 18 estudiantes de la Unidad Educativa “Milton Reyes”, esto correspondiente a una muestra de tipo intencional. El muestreo intencional es un tipo de muestreo no probabilístico donde los elementos incluidos en la muestra se eligen según el criterio del investigador (Stratton, 2024).

3.7 Métodos de análisis y procesamiento de datos

3.7.1 Método de análisis

En la presente investigación, se emplean diversos métodos de análisis de datos con el objetivo de evaluar el impacto del software Tracker en la enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones en el nivel de bachillerato. Para garantizar un análisis riguroso y estructurado, se combinan enfoques cuantitativos y cualitativos bajo los métodos analítico-sintético, inductivo y deductivo, los cuales permiten una interpretación integral de los resultados obtenidos.

3.7.1.1 Enfoque metodológico de análisis

1. Método analítico-sintético

Según Menacho & Valverde (2022) "es el que emplea primero la descomposición del todo en sus partes o elementos constitutivos y luego su recomposición (primero el análisis, luego la síntesis) y que estos métodos son complementarios", además de que

consiste en una ruta cognitiva que adopta el lector para descomponer y recomponer la estructura textual.

Análisis: Se examinan los datos de desempeño académico de los estudiantes antes y después del uso de Tracker, identificando variaciones en la comprensión y aplicación de conceptos de cinemática.

Síntesis: Los resultados obtenidos de diferentes fuentes (evaluaciones, observaciones, encuestas) se integran para generar conclusiones sobre la efectividad del software en la enseñanza.

2. Método inductivo

Según Galdo Jiménez (2021) es un método que se centra en la observación de fenómenos; este comienza con la observación de los casos particulares a estudiar, lo cual permite generalizar los resultados obtenidos.

Se analizan datos individuales de estudiantes en sus ejercicios y pruebas para identificar patrones de mejora en la resolución de problemas de cinemática. A partir del análisis de respuestas en encuestas y entrevistas, se identifican tendencias en la percepción de los estudiantes sobre el software y sus beneficios.

3. Método deductivo

Según Galdo Jiménez (2021), se basa en la aplicación de principios y teorías; una vez cualificada y comprobada, los resultados de casos específicos permiten dar conclusiones generales específicas.

Se evalúa si las hipótesis formuladas sobre la mejora en el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones mediante Tracker se cumplen con base en el análisis estadístico de los datos recopilados. Se comparan los hallazgos con investigaciones previas en el uso de tecnología en la enseñanza de la física.

3.7.1.2 Técnicas de análisis de datos

1. Análisis cuantitativo

Se emplean herramientas estadísticas para evaluar el impacto del uso de Tracker en el rendimiento de los estudiantes.

- **Estadística descriptiva**

Cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (desviación estándar, varianza).

Elaboración de gráficos de histogramas, Quantile-quantile plot para la prueba de normalidad, así como gráficos de cajas y violín para la prueba de hipótesis, lo que permite la visualización de la evolución del aprendizaje.

- **Estadística inferencial**

Prueba de Z(U de Mann Whitney) para comparar los resultados antes y después del uso del software y determinar si las diferencias son significativas.

Análisis de la medida del tamaño de la efectividad del software Tracker en la mejora del desempeño académico.

- **Análisis de datos del software Tracker**

Exportación de datos de posición, velocidad, aceleración y tiempo en formato CSV para su procesamiento en software como Excel.

Generación de gráficos de trayectoria para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre el movimiento bidimensional.

2. Análisis cualitativo

Se exploran percepciones, opiniones de docentes con el uso del software.

- Análisis de contenido: codificación y categorización de respuestas de entrevistas semiestructuradas para identificar patrones en la percepción del software.
- Triangulación de datos: comparación de resultados cuantitativos (evaluaciones) con información cualitativa (entrevistas y observaciones) para obtener un análisis más profundo sobre la efectividad del software.

3.7.2 Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó en varias etapas para garantizar la limpieza, organización y análisis riguroso de la información.

1. Organización y limpieza de datos

- Codificación de respuestas: Se asignaron valores numéricos a respuestas de encuestas y pruebas para facilitar el análisis estadístico.
- Normalización de unidades: Se aseguraron unidades coherentes en las mediciones de posición, velocidad y aceleración obtenidas con Tracker.

2. Almacenamiento de datos

- Se organizaron respuestas en Excel para su posterior análisis.
- Los datos cuantitativos fueron procesados en SPSS y RStudio.
- Los datos exportados desde Tracker en formato CSV fueron analizados en Excel para calcular velocidad y aceleración.

3. Análisis y visualización

- Se generaron gráficos estadísticos para interpretar y demostrar la hipótesis.
- Se aplicaron pruebas estadísticas en RStudio para evaluar la efectividad del software.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Resultados del cuestionario

La Tabla 4.1 muestra los estadísticos descriptivos de la prueba escrita aplicada a los estudiantes de los grupos de control y experimental, tanto en el pretest como en el postest.

Tabla 4.1

Estadísticos descriptivos del cuestionario

Pruebas	Grupo	Conteo	Media	Desviación estándar	Mediana
Pretest	Control	18	3,83	1,50	3,5
	Experimental	18	3,72	1,32	4
Postest	Control	18	7,11	1,023	7
	Experimental	18	8,06	0,725	8

Nota: Los estadísticos descriptivos presentados corresponden a las respuestas obtenidas en el cuestionario, obtenidas de las pruebas pretest y postest de ambos grupos evaluados, indicando tendencias centrales y dispersión de los datos.

La Tabla 4.1 presenta los estadísticos descriptivos obtenidos en las pruebas de pretest y postest aplicadas al grupo de control y experimental. En el pretest, la media obtenida de los grupos fue de 3,83 y 3,72 respectivamente, lo que indica un rendimiento inicial similar. Así mismo, las desviaciones estándar fueron de 1,50 y 1,72, evidenciando una dispersión moderada en las calificaciones. Las medianas fueron cercanas a las medias, siendo de 3,5 y 4, lo que indica una distribución relativamente simétrica. En el postest se reflejó un mejor rendimiento entre ambos grupos. El grupo de control logró una media de 7,11 mientras que el grupo experimental, una media de 8,06. La desviación estándar disminuyó para ambos casos, siendo de 1,023 y 0,725 respectivamente, lo cual indica que las calificaciones estuvieron alrededor de la media, en especial del grupo experimental. Las medianas fueron de 7 y 8 en el mismo sentido; reflejan que los estudiantes tuvieron un aumento en su desempeño académico en comparación con el pretest.

Los resultados reflejan que, previo a la intervención, los estudiantes presentaron conocimientos similares en la cinemática en dos dimensiones, asegurando una homogeneidad en ambos grupos ideal para la intervención. Posterior a la aplicación del software Tracker, se evidencia una mejora en el rendimiento académico; no obstante, el

grupo experimental tuvo mejores resultados debido a la intervención. El aumento de la media en el grupo experimental, acompañado de una menor dispersión de los datos, sugiere que el software Tracker favoreció un mayor aprendizaje en la cinemática en dos dimensiones. En las cuatro mediciones se presenta que la media y mediana están cercanas, lo que indica que no existió valores extremos que pudieran distorsionar los datos. Es así como estos datos respaldan que el uso del software Tracker pudo contribuir a mejorar la comprensión y aplicación relacionados con la cinemática en dos dimensiones.

Para realizar la comparación del rendimiento académico tanto del pretest como del posttest entre el grupo de control y el grupo experimental, se consideró la escala de evaluación según la normativa vigente del Ministerio de Educación, presentada en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2

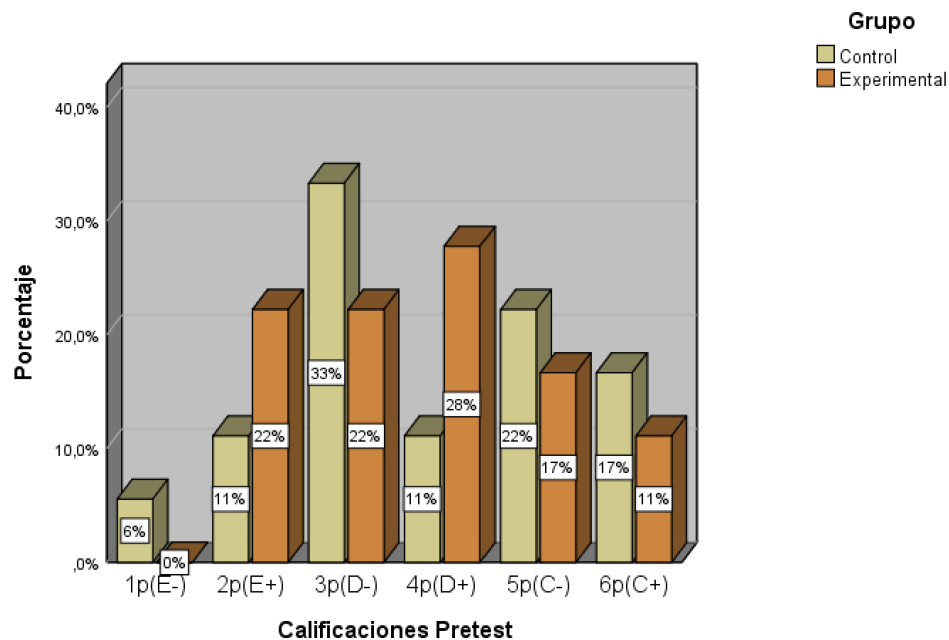
Resumen de la escala de evaluación según la normativa vigente del Ministerio de Educación del Ecuador

Nota cuantitativa	Referencia cualitativa	Equivalencia según RGLOE
10	A+	Destreza o aprendizaje alcanzado
9	A-	Destreza o aprendizaje alcanzado
8	B+	Alcanza los aprendizajes
7	B-	Alcanza los aprendizajes
6	C+	Alcanza los aprendizajes
5	C-	Está próximo a alcanzar los aprendizajes
4	D+	No alcanza los aprendizajes
3	D-	No alcanza los aprendizajes
2	E+	No alcanza los aprendizajes
1	E-	No alcanza los aprendizajes

Nota: La tabla presenta la escala oficial de calificación establecida por el Ministerio de Educación del Ecuador, utilizada para valorar el nivel de logro de los aprendizajes en los distintos grados del sistema educativo.

Figura 4.1

Comparación de calificaciones del pretest entre el grupo de control y el grupo experimental



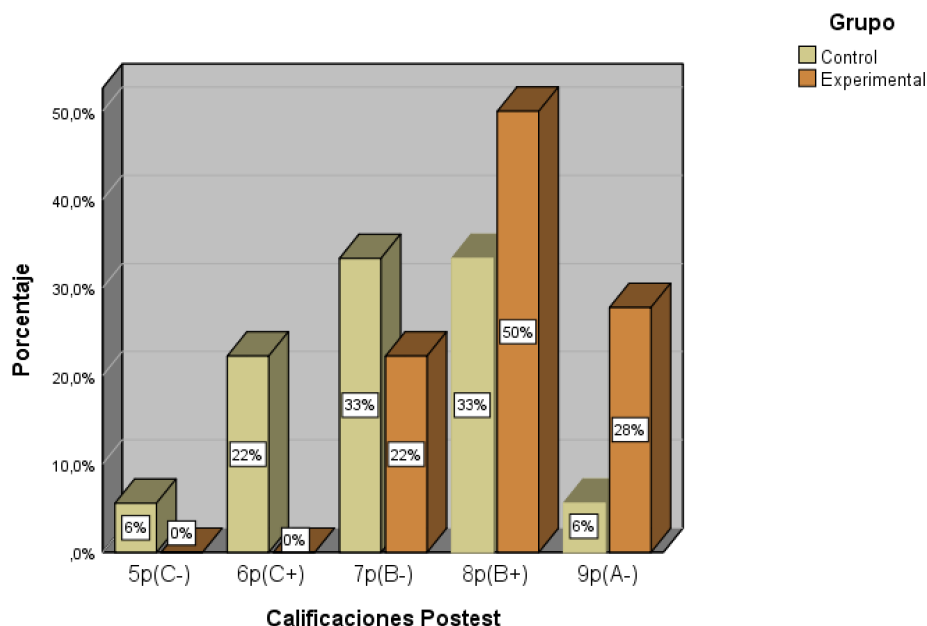
Nota: La figura representa la distribución de calificaciones del pretest para los grupos de control y experimental.

La figura 4.1 muestra la distribución de las calificaciones obtenidas por los estudiantes del grupo de control y experimental. Se observa que, en ambos grupos, existe una proporción considerable de estudiantes que se ubicó en un rango de calificaciones entre 2 y 5 puntos, reflejando un nivel de desempeño bajo de acuerdo a la Tabla 4.2. Además, la distribución de las calificaciones entre los grupos indica que estos presentan condiciones homogéneas previas a la intervención con el programa y la clase convencional.

Este resultado muestra que el grupo experimental y el de control mantienen un nivel de conocimiento inicial similar u homogéneo antes de la intervención. La similitud en sus medias y la dispersión de sus datos demuestran que estos grupos de estudiantes tenían conocimientos equivalentes. Esto es importante porque permite suponer diferencias en el postest que podrán servir para la intervención y no a diferencias previas en su rendimiento académico.

Figura 4.2

Comparación de calificaciones del posttest entre el grupo de control y el grupo experimental.



Nota: La figura representa la comparación de las calificaciones obtenidas en el posttest por los grupos de control y experimental.

La figura 4.2 presenta la distribución de calificaciones que obtuvieron los estudiantes del grupo de control y experimental. Se observa que el grupo experimental presenta un mayor porcentaje de calificaciones distribuidas entre 7 y 9 puntos; por otro lado, el grupo de control presenta una distribución entre 6 y 8 puntos. Esta diferencia presenta que existe una proporción más alta de estudiantes del grupo experimental, sugiriendo que, tras la intervención del software Tracker, se presentó una mejora significativa en el desempeño académico. Además, se evidencia de forma más significativa que el grupo experimental presenta un mayor rendimiento académico en comparación con el grupo de control.

De forma general, en las calificaciones, los estudiantes del grupo experimental obtuvieron significativamente mejores resultados que los estudiantes del grupo de control después de haber aplicado las clases tanto tradicionales como con el software Tracker, demostrando que este último fue eficaz en el rendimiento académico de los estudiantes.

4.1.2 Resultados de la actividad práctica.

Para este instrumento se optó por trabajar con una muestra aleatoria, la cual permitió generalizar los resultados de cada uno de los estudiantes, el cual tenía como objetivo desarrollar y demostrar competencias científicas clave. Esto incluye la capacidad de diseñar experimentos, recopilar y analizar datos, interpretar resultados y justificar conclusiones con base en principios teóricos.

Estos resultados fueron categorizados de acuerdo con la Tabla 4.3 la cual permitió verificar cuál fue el nivel de conocimiento que adquirieron los estudiantes después de la clase y actividades en la que se implementó el software Tracker, además de que permite realizar una mejor interpretación de los resultados de la actividad práctica evaluada a través de la rúbrica.

Tabla 4.3

Parámetros de evaluación en la observación de prácticas de laboratorio virtual con Tracker

Puntos	Escala de calificación
13 – 16	Excepcional
9 – 12	Satisfactorio
5 – 8	Necesita mejorar
1 – 4	Inadecuado

Nota: Escala de calificación del total de puntos obtenidos en la rúbrica de evaluación de los estudiantes.

La tabla 4.4 presenta los puntajes obtenidos por nueve estudiantes en cuatro criterios de evaluación tras el uso del software Tracker en el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. La actividad práctica fue evaluada a través de una rúbrica de evaluación, principalmente a través de los siguientes criterios: Precisión en la recolección de datos, registro de datos, interpretación de resultados y trabajo en equipo y colaboración.

Tabla 4.4

Resumen de la rúbrica de evaluación de prácticas de laboratorio virtual con Tracker

	Criterio				Total
	Precisión en la recolección de datos	Registro de datos	Interpretación de resultados	Trabajo en equipo y colaboración	
Estudiante 1	4	3	4	4	15
Estudiante 2	4	4	3	3	14
Estudiante 3	3	2	4	4	13
Estudiante 4	4	4	4	4	16
Estudiante 5	3	4	4	2	13
Estudiante 6	4	4	4	4	16
Estudiante 7	4	3	3	4	14
Estudiante 8	4	3	4	3	14
Estudiante 9	3	2	4	4	13

Nota: La evaluación de las prácticas experimentales usando el software Tracker se basa en esta rúbrica, la cual permite calificar el desempeño de los estudiantes en función de criterios previamente establecidos, siendo considerados los estudiantes del grupo experimental.

Análisis e interpretación

Los estudiantes evaluados mostraron una gran participación, mostrando una puntuación de entre 13 y 16 puntos, ubicándose en una categoría de excepcional, además de que se observa que en la mayoría de las categorías los estudiantes cumplen un buen desempeño, fortaleciendo así los resultados del postest de ambas pruebas. Sin embargo, en ciertas categorías como el análisis de gráficas y reflexión y opinión crítica, ciertos estudiantes tienen un nivel bajo, siendo una gran necesidad estudiarlas.

Estos resultados representan que la implementación del software Tracker en clases fue de manera efectiva, con un impacto positivo en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones, permitiendo a los estudiantes mejorar su conocimiento, percepción y comprensión de aspectos de esta temática del área de Física. El alto rendimiento en la mayoría de los criterios evidencia que la herramienta de análisis Tracker favorece al rendimiento académico de los estudiantes, siendo una buena herramienta para su aprendizaje.

4.1.3 Resultados de la entrevista semiestructurada

El objetivo de esta entrevista tuvo como objetivo explorar cómo los docentes perciben la utilidad, efectividad y los beneficios del software Tracker en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la cinemática. La entrevista fue aplicada a dos docentes del área de la Física estipulados en la muestra, los resultados de la entrevista se muestran a continuación. El análisis de estas respuestas será relacionado con el fin de destacar la importancia de la implementación de la tecnología en la educación.

Sección 1: Información general

Pregunta 1

¿Había utilizado alguna vez en sus clases el software Tracker o uno similar?

Análisis e interpretación de resultados.

Ambos docentes mencionan que no han utilizado el software Tracker; sin embargo, el profesor 2 presenta una experiencia con otros softwares. Esta diferencia refleja que podría indicar una falta de exposición a herramientas digitales en la enseñanza. Sin embargo, existe una disposición más abierta para integrarlas.

La falta del uso de Tracker por parte de ambos docentes refleja que existe una cierta apertura hacia el uso de la tecnología. Como ambos mencionaron que no tienen conocimiento del software Tracker, esto permite que se podría capacitar en el uso del software Tracker en clases de cinemática en dos dimensiones, lo que podría enriquecer su práctica pedagógica.

Sección 2: Percepción sobre el software Tracker

Pregunta 2

¿Cómo describió la facilidad de uso de Tracker para enseñar los conceptos de cinemática en dos dimensiones?

Análisis e interpretación de resultados.

Las respuestas de ambos docentes mostraron percepciones diferentes sobre el uso del software Tracker. El profesor 1 expresó que tuvo dificultades para su manejo, sobre todo en cómo poder aplicarlo con ejercicios. Aunque reconoció que, con una mayor práctica, podría familiarizarse. Por otra parte, el profesor 2 exclamó que no tenía mucho problema con la utilización, pero que presenta ciertas dificultades. Para ambos docentes, se evidenció que, al ser el software una nueva herramienta, tuvieron ciertas dificultades en el manejo del programa.

La experiencia de ambos docentes sugiere que, si bien el programa puede ser accesible, también presenta ciertas dificultades en cuanto se refiere a la utilización. Estas dificultades podrían deberse a la poca relación que tienen con el programa o a la complejidad de algunos componentes. Sin embargo, a pesar de mostrar estas dificultades, los docentes mostraron estar abiertos a aprender sobre el uso de esta herramienta, indicando una oportunidad para lograr una integración del software en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones.

Pregunta 3

¿Cree que el uso de Tracker facilitaría la comprensión de conceptos complejos de cinemática, como velocidad, aceleración y trayectoria? ¿Cómo?

Análisis e interpretación de resultados:

Ambos docentes mostraron puntos de vista distintos sobre cómo usar el software Tracker para enseñar ciertos conceptos de la cinemática en dos dimensiones. El profesor 1 consideró que no es necesario, ya que solo se trata de una parte conceptual, mientras que el profesor 2 señaló que podría ser útil en cuanto se requiere enseñar de una manera más visual estos conceptos.

Las respuestas de estos docentes revelaron que el uso de Tracker para la enseñanza de los conceptos depende de cada docente y su práctica pedagógica. Uno de los docentes consideró que no es necesario y que se siente más cómodo enseñando estos conceptos de forma convencional. Mientras que el otro reconoció que podría ser una herramienta útil para enseñar estos conceptos y representarlos de forma visual. Esto refleja que la implementación

de herramientas no solo depende del acceso, sino también de cómo cada docente lo considere necesario.

Pregunta 4

¿En qué aspectos considera que Tracker ayuda a los estudiantes a mejorar su aprendizaje?

Análisis e interpretación de resultados.

Ambos docentes presentaron posibles beneficios del uso del software Tracker, pero cada uno destacó aspectos distintos. El profesor 1 mencionó que uno de los beneficios de este programa es la visualización del fenómeno. El profesor 2 destacó que podría beneficiar en la participación y el desempeño de los estudiantes, permitiéndoles responder preguntas conceptuales con mayor facilidad. A pesar de que las respuestas fueron breves, esto podría indicar que esta herramienta podría influir en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los dos docentes sugirieron que Tracker puede aportar al aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Destacando que el uso de este programa facilita en la visualización de los fenómenos estudiados una mayor comprensión de los mismos y que este programa puede funcionar para motivar al estudiante junto con una mayor participación en clases. A pesar de que estas observaciones de los docentes no son muy profundas, permiten reconocer que el software podría tener un gran impacto en el aspecto conceptual y actitudinal del estudiante.

Sección 3: Impacto pedagógico y educativo

Pregunta 5

¿Considera que Tracker cambiaría la forma en que se aborda la enseñanza de la cinemática en su aula? Si fuese así, ¿de qué manera?

Análisis e interpretación de resultados.

Las respuestas de los docentes mostraron una diferente percepción del impacto que podría tener el uso del software Tracker en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones. El profesor 1 no consideró que la herramienta podría tener un impacto significativo en sus clases, mientras que el profesor 2 mencionó que sí tendría un buen impacto.

Estas respuestas indican que la enseñanza a través de la implementación de esta herramienta dependería del enfoque de cada docente. Uno de ellos consideró que no podría haber un cambio; sin embargo, el otro docente reconoció que Tracker podría fortalecer su práctica y facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Esto refleja que su impacto no solo

depende de su funcionalidad, sino también del docente y su metodología y su familiaridad con herramientas similares.

Pregunta 6

¿Cómo percibiría la relación entre la enseñanza teórica de la cinemática y la práctica con Tracker?

Análisis e interpretación de resultados.

El profesor 1 mencionó que la enseñanza teórica debe tener mayor prioridad que la aplicación del software. El profesor 2 valoró la capacidad de vincular el uso del programa en la teoría y la práctica. Ambos reconocieron que existe cierta relación entre la teoría y la práctica; no obstante, solo uno reconoce que el software Tracker podría influir en este proceso.

Esto evidencia que el uso del software Tracker puede ser visto como un complemento al desarrollo de la teoría, dado que esta herramienta podría ser aplicada de forma inmediata a lo aprendido. A pesar de que las opiniones fueron diferentes, ambos destacan su importancia: una de forma secuencial y otra más dinámica; ambos señalan que este software tendría el potencial de enriquecer la enseñanza, siempre y cuando se adapte a las necesidades requeridas.

Pregunta 7

¿Qué mejoras observaría en el rendimiento académico de los estudiantes al implementar Tracker, en comparación con métodos convencionales?

Análisis e interpretación de resultados.

El profesor 1 señaló que este software podría presentar mejoras en sus estudiantes cuando estos desarrollen actividades en clases, a pesar de no presentar un apoyo total al uso de esta herramienta. El profesor 2 destacó que, el impacto que tendría el software sería en la comprensión del contenido, lo cual influiría en su rendimiento académico.

Estas respuestas mostraron que, a pesar de sus diferencias en su práctica pedagógica, consideran que este programa podría contribuir en el aprendizaje. A pesar de sus diferencias, se percibió que esta herramienta tendría un posible impacto positivo en el desempeño de los estudiantes.

Sección 4: Desafíos y sugerencias

Pregunta 8

¿Qué sugerencias tendría para que otros docentes deseen utilizar Tracker en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones?

Análisis e interpretación de resultados.

Las sugerencias percibidas por ambos docentes sobre la incorporación de esta herramienta en el aula fueron, por parte del profesor 1, mantener al software como un complemento para el desarrollo de la clase o una vez revisado el tema de clase, mientras que el profesor 2 destaca que primero se debe conocer bien el programa, ya que podría causar confusión cuando se lo implemente, por lo que recomienda usarlo de forma gradual.

Las diferencias entre estos profesores presentan la aplicación de esta herramienta para la enseñanza de cinemática en dos dimensiones. Concuerdan en que esta sería una herramienta útil para que los estudiantes aprendan, no obstante, recomiendan que se use de forma consciente y con una previa preparación, con el fin de no causar confusión.

Sección 5: Evaluación general

Pregunta 9

En general, ¿cuál sería su evaluación del impacto que implicaría este software Tracker en la enseñanza y aprendizaje de la cinemática bidimensional?

Análisis e interpretación de resultados.

El primer profesor destaca que el impacto del software podría ser positivo, ya que permitiría desarrollar competencias en el aprendizaje de la ciencia. Por otra parte, el profesor 2 mencionó que, para emitir un mejor comentario, desearía realizar una comparación entre la clase convencional y la aplicación del software, enfocándose en su rendimiento académico. Esta diferencia entre ambos docentes sugiere que, cuando se implemente este programa, se deba evaluar a través de procesos que permitan tomar decisiones fundamentales.

Las respuestas de ambos docentes cambiaron en cuanto se refirieron al impacto que podría tener este software como una herramienta educativa. Si bien uno de estos mencionó que se desarrollaría un mayor manejo de las habilidades científicas, el otro requiere comprobar esta acción para poder establecer un criterio más concreto. En fin, estas respuestas reflejaron que existe una posibilidad de implementar el software en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones.

Pregunta 10

¿Cree que el uso de software como Tracker tiene el potencial de cambiar la enseñanza de las ciencias en general? ¿Cómo?

Análisis e interpretación de resultados.

Las respuestas de los dos docentes fueron favorables sobre el potencial que podría presentar el software Tracker, donde el profesor 1 y el profesor 2 coinciden en que puede fomentar una participación más activa del estudiante y fortalecer el vínculo entre teoría y práctica.

Se interpreta que, a pesar de los diferentes niveles de experiencias en el manejo de herramientas tecnológicas, ambos reconocen la funcionalidad de Tracker. Consideran que la aplicación del software podría mejorar la comprensión de los contenidos de las clases de esta área.

4.1.4 Proceso de prueba de hipótesis

4.1.4.1 Establecimiento de las hipótesis

Hipótesis nula (H_0): No existe diferencia significativa en el desempeño académico de los estudiantes que recibieron clases con la implementación del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones a comparación con aquellos que recibieron clases de forma tradicional. Es decir, las medianas de calificación en el postest de ambos grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en el desempeño académico de los estudiantes que recibieron clases con la implementación del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones en comparación con aquellos que recibieron clases de forma tradicional. Es decir, las medianas de calificación en el postest de ambos grupos son diferentes y favorecen al grupo experimental.

4.1.5 Comprobación de supuestos

4.1.5.1 Prueba de normalidad del pretest

Se realiza la prueba de normalidad del pretest, para ello se plantea la siguiente hipótesis:

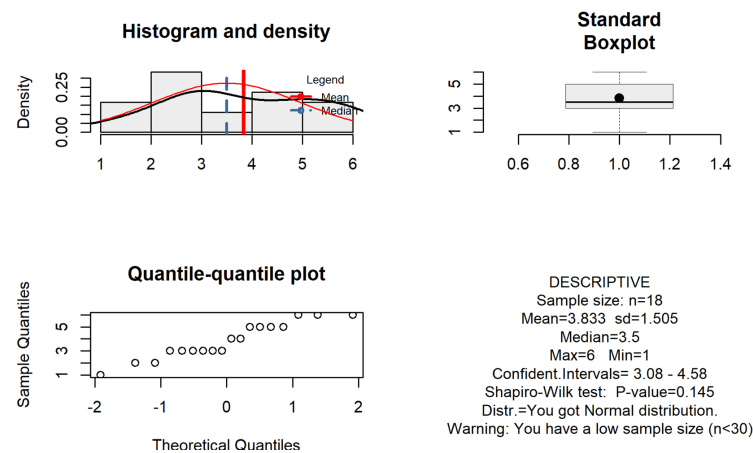
H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

Se acepta la hipótesis nula si el nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0,05$) es menor que los valores-p calculados en ambos grupos; caso contrario, se niega la hipótesis nula.

Figura 4.3

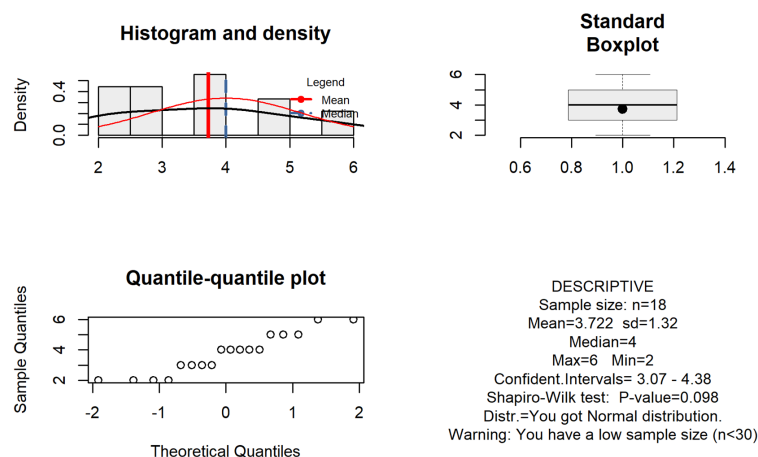
Resumen de normalidad del pretest del grupo de control



Nota: La figura representa los estadísticos calculados para la prueba de normalidad del pretest del grupo de control junto con sus gráficas y una breve descripción de estos estadísticos y de normalidad.

Figura 4.4

Resumen de normalidad del pretest del grupo experimental



Nota: La figura representa los estadísticos calculados para la prueba de normalidad del pretest del grupo experimental junto con sus gráficas y una breve descripción de estos estadísticos y de normalidad.

Si se observa en las Figuras 4.3 y 4.4 las pruebas del pretest presentan una normalidad de ambos grupos, mencionando que estos grupos presentan resultados homogéneos; esto se corrobora con el siguiente análisis.

En el análisis descriptivo, tanto para el grupo de control como para el experimental, la media y la mediana son relativamente cercanas, lo que sugiere una distribución moderadamente simétrica. La desviación estándar indica una variabilidad moderada en los datos.

Haciendo referencia a la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk Test), indica un P-valor para el grupo de control de 0.145 y para el grupo experimental de 0.098. Como los p-valor son mayores a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal.

En relación con los gráficos del histograma y density, se observa una distribución de datos con una ligera asimetría. La línea roja representa la densidad de los datos, y se visualiza la media (línea roja) y la mediana (línea azul). Dado que la media y la mediana están relativamente alineadas, la distribución no parece estar severamente sesgada.

De igual manera, en el boxplot (diagrama de caja y bigotes), no se observan valores atípicos. La caja indica el rango intercuartil, y la mediana se encuentra cerca del centro. La dispersión es moderada, lo que sugiere que los datos están relativamente concentrados en torno a la media.

Finalmente, Quantile-Quantile (Q-Q Plot); este gráfico compara los cuantiles muestrales con los teóricos de una distribución normal. La mayoría de los puntos se alinean con la diagonal, lo que sugiere una aproximación razonable a la normalidad. Sin embargo, algunos puntos en los extremos pueden indicar ligeras desviaciones.

4.1.5.2 Prueba de normalidad del posttest

De igual manera, se realiza la prueba de normalidad para el posttest; para ello se plantea la siguiente hipótesis:

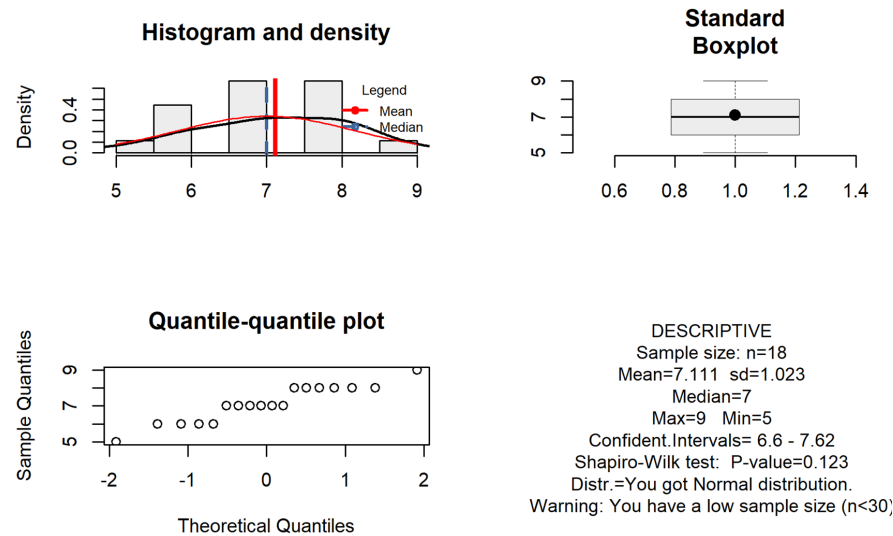
H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

Se acepta la hipótesis nula si el nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0,05$) es menor que los valores-p calculados en ambos grupos; caso contrario, se niega la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

Figura 4.5

Resumen de normalidad del posttest del grupo de control

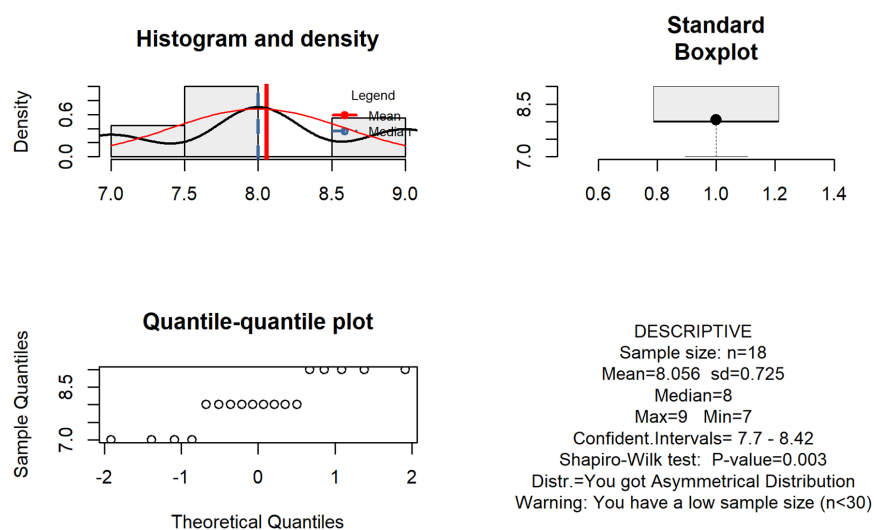


Nota: La figura representa los estadísticos calculados para la prueba de normalidad del posttest del grupo de control junto con sus gráficas y una breve descripción de estadísticos y de normalidad.

Si se observa en la Figura 4.5 los datos analizados siguen una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk, como el p-valor (0.123) es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal. Además, esto se corrobora con la inspección visual de los gráficos. La media y la mediana son cercanas, la variabilidad es moderada y no se observan valores atípicos significativos.

Figura 4.6

Resumen de normalidad del posttest del grupo experimental



Nota: La figura representa los estadísticos calculados para la prueba de normalidad del posttest del grupo experimental junto con sus gráficas y una breve descripción de estos estadísticos y de normalidad.

En la Figura 4.6 los datos presentan una distribución asimétrica según la prueba de Shapiro-Wilk. Como el p-valor ($p = 0.003$) es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. Aunque la media y la mediana son cercanas, la normalidad es rechazada por la prueba estadística y la visualización del Q-Q Plot, donde los puntos en los extremos se alejan de la línea de referencia.

Dado que es necesario verificar si existe una diferencia significativa en el grupo experimental con respecto al grupo de control después de la experimentación, se analizó la hipótesis en función del posttest y se determinó la presencia o ausencia de una diferencia significativa según el estadístico aplicado.

4.1.6 Elección del nivel de significancia

El nivel de significancia aplicado es $\alpha = 0.05$, y prueba de hipótesis de dos colas.

4.1.7 Determinación del valor crítico o p-valor

Si el p-valor $<$ es menor que el nivel de significancia (α), se rechaza la hipótesis nula.

4.1.8 Selección de la prueba estadística

Como los datos del grupo experimental no disponen de una distribución normal, se opta por la prueba U de Mann-Whitney siendo una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para determinar si la variable de tipo cuantitativo u ordinal es diferente entre dos grupos independientes.

4.1.9 Cálculo del estadístico de prueba.

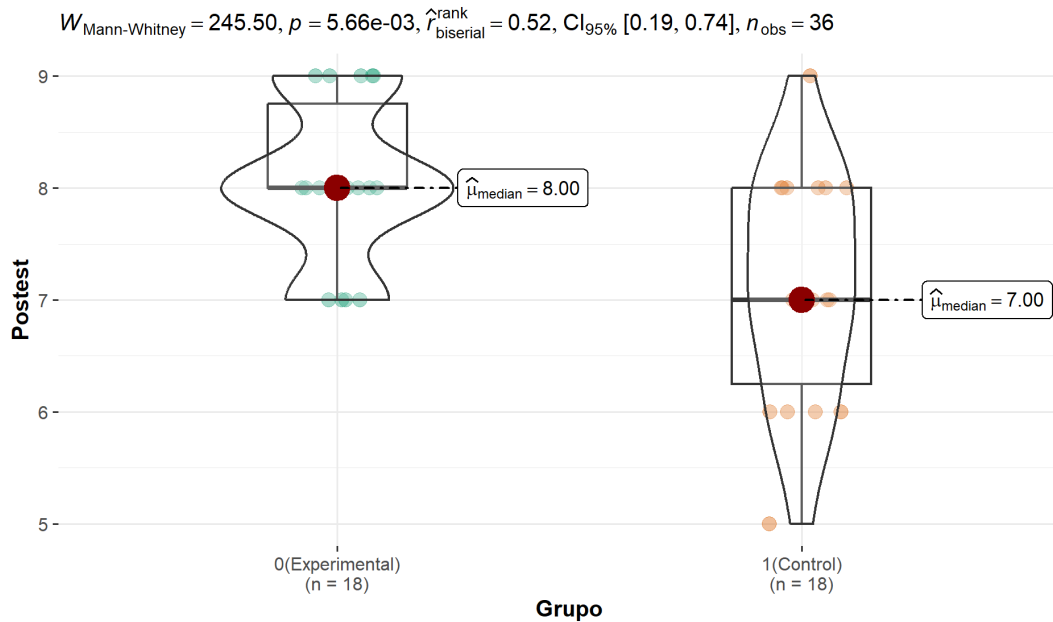
La prueba no paramétrica de Z(U de Mann Whitney) requiere que se analicen las medianas, por lo que se establece la siguiente esquematización de la hipótesis anteriormente colocada:

$$H_0 : Me_1 = Me_2$$

$$H_1 : Me_1 \neq Me_2$$

Figura 4.7

Prueba Z (U de Mann Whitney) posttest del grupo de control y experimental.



Nota: Gráfica de la comparación de las medianas del posttest del grupo de control y experimental mediante la prueba no paramétrica de Z(U de Mann Whitney).

La Figura 4.7 muestra un gráfico de violín con boxplot superpuesto que representa los resultados del posttest para los grupos Experimental y Control. En la parte superior del gráfico, se presentan los resultados del test de Mann Whitney, una prueba no paramétrica utilizada para comparar las distribuciones de dos grupos cuando al menos uno de ellos no sigue una distribución normal.

Interpretación del estadístico de prueba y p-valor. El p-valor es menor a 0.05 ($p = 0.00566$), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. Esto sugiere que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos Experimental y Control en cuanto a los resultados del posttest.

Los valores de las medianas de los grupos. Significa que los participantes en el grupo Experimental tuvieron una mediana de desempeño mayor (8.00) en comparación con el grupo Control (7.00). Esto es, para el grupo experimental, la mitad de los estudiantes (9 de ellos) tienen calificaciones iguales o inferiores a 8, mientras que la otra mitad (los otros 9) tienen calificaciones iguales o superiores a 8. Esto sugiere que la intervención aplicada al grupo experimental tuvo un impacto positivo en los resultados del posttest.

La medida del tamaño del efecto. Según López-Martín & Ardura (2023), las diferencias entre dos grupos independientes analizadas por la prueba Z(U de Mann Whitney) el tamaño del efecto se lo calcula por la correlación biserial por rangos, la cual establece que los valores de r menores a 0,10 tienen un efecto muy pequeño, entre 0,10 a 0,29 un efecto

pequeño, entre 0,30 a 0,49 un efecto grande y mayores o iguales a 0,50 poseen un efecto grande. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, el coeficiente de rango biserial o tamaño del efecto ($r_b = 0,52$) es mayor a 0,50 esto; indica que la intervención aplicada tuvo un impacto grande en el desempeño de los estudiantes.

El intervalo de confianza [0.19, 0.74]. El intervalo de confianza en la prueba de Mann-Whitney U permite interpretar si la diferencia entre dos grupos es estadísticamente significativa y con qué nivel de certeza. En este caso, como en el intervalo de confianza no se evidencia el valor 0, hay evidencia significativa de unas diferencias de medianas entre los grupos.

Los gráficos de violín y boxplot. Los gráficos de violín permiten visualizar fácilmente la forma de la distribución de los datos. En el caso del grupo de control, presenta una distribución normal porque muestra una simetría y forma de campana, mientras que en el grupo experimental la distribución de los datos no es normal, presenta una asimetría. Tanto en el gráfico de violín como en boxplot se observa que, después de la intervención (grupo experimental), la mayoría de los datos están concentrados hacia calificaciones altas en comparación con el grupo control, específicamente en la nota de 8.

En términos prácticos, estos resultados respaldan la efectividad de la estrategia utilizada en el grupo experimental, mejorando su rendimiento académico en el postest.

4.1.10 Toma de decisión

En base a los resultados obtenidos en la prueba estadística de la comparación de los dos grupos mediante la prueba de Z(U de Mann Whitney), se ha rechazado la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que establece que "existe una diferencia significativa en el desempeño académico de los estudiantes que recibieron clases con la implementación del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones en comparación con aquellos que recibieron clases de forma tradicional", con un 95 % de confianza.

4.2 Discusión de resultados

En este estudio sobre la aplicación del software Tracker en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se obtuvieron resultados que deben ser discutidos desde distintos aspectos. En el aprendizaje, aunque se desarrollan varias actividades para que los estudiantes comprendan y analicen conceptos de la cinemática en dos dimensiones, se observó que el uso del software ayudó a visualizar los fenómenos físicos y entender los conceptos de una forma más clara.

El proceso de enseñanza en la educación actual exige que los docentes cuenten con conocimientos sobre cómo implementar la tecnología en el aula. Sin embargo, en

muchas instituciones persisten dificultades para enseñar Física, ya que estos suelen preferir un enfoque más convencional. A pesar de que esta disciplina requiere de la experimentación para la comprensión de fenómenos, la falta de materiales o ausencia de laboratorios donde realizar las experimentaciones llegaría a dificultar la aplicación de esta metodología.

Según Abdel Rahim Garzón & Moreno Villate (2022), es necesario modificar estos enfoques convencionales, ya que para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje se necesita que se realicen nuevas adaptaciones según las nuevas necesidades de educación en la actualidad. En su investigación, exponen que la implementación de la tecnología como el software Tracker promueve que los estudiantes tengan una mayor creatividad, autonomía y participación en la adquisición de conceptos físicos, lo cual se reflejó a través de las clases.

Los resultados obtenidos en las pruebas antes y después de la experimentación, junto con la evaluación de la actividad práctica, respaldan lo afirmado por estos autores. Se evidenció que los estudiantes mejoraron no sólo su rendimiento académico, sino también su capacidad para comprender y analizar el movimiento en dos dimensiones, permitiéndoles relacionar los fenómenos con el entorno. La Física, como ciencia, requiere experimentación, análisis y comprensión conceptual, se beneficia del uso de herramientas tecnológicas como Tracker, ya que no sólo permite la observación de experimentos, sino también la integración de modelos matemáticos, datos y gráficos, lo que facilita un análisis más profundo.

En este sentido, Villacreses-Zambrano et al. (2024) en su estudio Tracker para la enseñanza de la Física I: una experiencia con estudiantes de educación superior, mencionan que los estudiantes que participaron en las clases experimentales mejoraron en la retención de conocimientos, desarrollando un pensamiento más analítico y una comprensión más profunda de los conceptos físicos. Esto se reflejó en los resultados de las evaluaciones finales, donde se concluyó que la implementación del software fue exitosa.

En la enseñanza de la Física, durante mucho tiempo se ha desarrollado bajo la memorización y resolución de ejercicios. Aunque este método ha presentado ciertos resultados, no siempre se garantizó una comprensión profunda. Es por tal razón que muchos docentes no consideran la necesidad de incluir herramientas tecnológicas para la enseñanza, pues para ellos es suficiente que se desarrolle bajo un enfoque convencional. Sin embargo, esto puede limitar la participación de los estudiantes, haciendo del aprendizaje monótono.

Bajo este contexto, Plaza Santillán & Saquinaula Brito (2024), señalaron que, a pesar de que Tracker es una herramienta útil para la enseñanza de la física, aún se presentan inconvenientes como la falta de difusión y de materiales necesarios para implementarlo. Por ello destacan que es necesario que se desarrollen informes, actividades y guías que faciliten su aplicación.

Además, los resultados obtenidos en las pruebas evidencio, así como el análisis de la hipótesis, mostraron que la implementación de este software tuvo un impacto positivo en el

rendimiento académico, la comprensión y análisis de los elementos de la cinemática en dos dimensiones. Esto se evidenció tras comparar resultados del grupo experimental con el grupo de control. El tamaño del efecto fue grande, lo cual indica que el uso del software generó una mejora significativa en el aprendizaje. Considerando que en Ecuador las clases de Física se han visto afectadas por la reducción del tiempo de clases asignado, esto representa una dificultad para profundizar en temas importantes. Frente a esta limitación, el uso del software Tracker podría ayudar a superar esta dificultad y fortalecer los contenidos de la cinemática en dos dimensiones.

Los hallazgos de este estudio reflejan que los estudiantes del grupo experimental tuvieron desempeño académico significativo tras la intervención con el software Tracker. Esta mejora se evidenció a través de un valor-p de 0,00566 que fue inferior al nivel de significancia correspondiente al 0,05, permitiendo rechazar la hipótesis nula y confirmar que entre el grupo de control y experimental existe una diferencia significativa. Además, el tamaño del efecto mediante la correlación biserial por rangos ($r_b = 0.52$), el cual indicó un impacto grande. Reforzando la efectividad de la intervención del programa en el proceso de aprendizaje.

Estos hallazgos coinciden con el estudio titulado "Uso de Tracker para comprender el movimiento de lanzamiento y caída libre: un estudio de caso", realizado por Wee et al. (2015), quienes también presentaron resultados al enseñar cinemática con Tracker. En su publicación, el tamaño del efecto fue grande (Cohen's $d = 0,79$), evidenciando que los resultados superaron al promedio previo a la intervención.

También se encontró relación con el estudio titulado "Software de código abierto Tracker como herramienta pedagógica para la enseñanza y aprendizaje de la cinemática", realizado por Torres & Sánchez (2022), donde el uso del software Tracker mejoró el rendimiento académico en Física. En su análisis, el tamaño del efecto ($r_b = 1$) que presentó reflejaba un tamaño de efecto grande, demostrando la efectividad del uso del software Tracker en el aprendizaje.

De manera similar, Núñez Miranda (2022) presenta resultados que destacan cómo este software facilita el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Además, señala que el uso de este programa puede ser útil en Matemáticas, ya que cuenta con modelos creados por computadora. Por lo que recomienda su uso a todos los docentes y personas interesadas en esta área.

La aplicación del software de análisis de video Tracker en experimentos de cinemática presenta ventajas únicas. La aplicación del software permite un análisis detallado del movimiento, mejorando la comprensión y también despertando el interés de los estudiantes por aprender.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diseño e implementación de actividades didácticas basadas en el uso del programa informático Tracker para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones en Bachillerato ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física. Los resultados, evaluados mediante una rúbrica de evaluación, evidenciaron una mejora significativa en la capacidad de los estudiantes para analizar e interpretar los datos obtenidos del programa.
- Los resultados a partir de la entrevista sobre el uso del programa Tracker revelaron que existe un conocimiento limitado de esta herramienta para la enseñanza de la física. Esta situación representa un desafío para la implementación en el aula. A pesar de esto, los docentes mostraron una actitud positiva frente a la posibilidad de integrar este recurso y el posible potencial que tendría. No obstante, uno de los docentes entrevistados señaló que sería necesario contar con una mayor profundización sobre el uso del software y no solo enfocándose en un solo tema.
- Los estudiantes de ambos grupos, de control y experimental, que participaron en la experimentación con y sin el uso del software Tracker, mejoraron su rendimiento académico, pero el grupo experimental lo hizo con mayor evidencia. Por lo tanto, se puede afirmar que el software Tracker facilitó el aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones. Además de mejorar el rendimiento académico, el software Tracker permitió visualizar una clase desde otro punto de vista y desarrolló las habilidades de análisis y reflexión de los estudiantes. Su implementación representa una alternativa para sustituir la falta de laboratorios o equipos básicos para el estudio de la cinemática en dos dimensiones.
- El análisis teórico y experimental realizado a lo largo de la investigación puso de manifiesto la ausencia de un manual de uso del programa Tracker para la enseñanza del movimiento en dos dimensiones. En respuesta a esta necesidad, se diseñó un manual de uso detallado que proporciona procedimientos y actividades específicos para optimizar su uso en el aula. Sin embargo, para garantizar su efectividad en el proceso de enseñanza, es fundamental implementar estrategias de difusión y capacitación docente que faciliten su adopción y aplicación en distintos contextos educativos.

5.2 Recomendaciones

- En la actualidad, la implementación de la tecnología ha sido muy importante en varios aspectos educativos, por lo que se recomienda ampliar futuras investigaciones usando el software Tracker para evaluar su impacto en otros conceptos de la mecánica clásica y su aplicabilidad en diversos entornos educativos, con el objetivo de integrarlo en el plan de estudios.
- Se recomienda fomentar espacios de formación práctica para docentes sobre el uso del software Tracker, no solo en el estudio de la cinemática en dos dimensiones, sino en todos los temas que se puedan tratar fácilmente con esta herramienta, a través de sesiones interactivas y seguimiento en el aula, con la finalidad de que estos adquieran una mejor competencia digital.
- Estos hallazgos resaltan la importancia de diseñar programas de formación continua para docentes en los que se refuercen las competencias digitales y metodológicas necesarias para integrar herramientas tecnológicas en la enseñanza de la física.
- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen la efectividad de la propuesta en diferentes contextos educativos, particularmente en instituciones con acceso limitado a laboratorios físicos, con el fin de fortalecer la enseñanza de la física mediante estrategias didácticas innovadoras y contextualizadas.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Título de la propuesta

Tracker en el aula: Manual didáctico para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones

6.2 Objetivo de la propuesta

Elaborar un manual didáctico sobre el uso del software Tracker, orientado al análisis de la cinemática en dos dimensiones, que facilite la comprensión y aplicación de conceptos físicos en el aula.

6.3 Descripción breve de la propuesta

Este manual proporciona una introducción al uso del software Tracker como herramienta didáctica para el análisis experimental de la cinemática en dos dimensiones, lo cual incluye al movimiento parabólico y el movimiento circular uniforme. Se detalla el proceso de instalación y uso de sus principales funciones, desde la barra de menú hasta la obtención de resultados. También se explica cómo poder obtener los resultados necesarios y el ajuste a modelos matemáticos descritos por estos movimientos. Además, incluye actividades experimentales guiadas para que los docentes las desarrollen con sus estudiantes, con la finalidad de explorar conceptos clave a través del análisis de datos reales y su comparación con modelos teóricos.

Además, se describe el procedimiento general para analizar el vídeo del experimento. Se espera que este software gratuito de código abierto pueda utilizarse tanto en la enseñanza de la física como en la investigación para estudiantes y profesores de bachillerato y universidad. El uso de este software puede contribuir a despertar el interés de los estudiantes en la exploración de los principios de la física que se esconden detrás de los experimentos.

6.4 Justificación de la propuesta

En la actualidad, se conoce que la implementación de la tecnología en el aula es fundamental, ya que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje. A nivel internacional, se considera que esto debe ser necesario para avanzar en el desarrollo social de la humanidad.

Como lo manifiesta Granados Maguiño et al. (2020), en años anteriores estas herramientas fueron necesarias e indispensables para la educación, debido a situaciones como la pandemia, siendo una emergencia inmediata incorporar la tecnología en la educación. Bajo este sentido, nacen problemas más grandes, los cuales eran de cómo implementar esta área en sus contextos educativos.

En América Latina, la práctica educativa ha tenido un cambio rotundo. A muchos docentes les tomó por sorpresa integrarse a una educación, sin embargo, varios funcionarios de la educación no poseían las competencias necesarias en este campo y el uso de la tecnología (Meléndez Rivera et al., 2022).

En el contexto ecuatoriano, la educación digital después de la pandemia ha tenido problemas. Según Solano (2023), destaca que este cambio ha visto la necesidad de plantear el uso de la tecnología como recurso didáctico, con la finalidad de mejorar la experiencia y el proceso que llevan los estudiantes. No obstante, se ha evidenciado un rechazo parcial por docentes que no se han acoplado a estas nuevas formas de enseñanza.

En el área de la Física, al ser una ciencia que se desarrolla bajo la experimentación, se ha visto necesaria integrar la tecnología, puesto que docentes de esta área, específicamente hablando en la educación del bachillerato, no están satisfechos de enseñar bajo esta implementación, a pesar de que en varias instituciones no cuentan con laboratorios y materiales adecuados para su efectividad.

Tracker es una herramienta que utiliza videos experimentales de seguimiento para construir modelos matemáticos. Su uso contribuye a superar las limitaciones en el proceso de enseñanza de la física, donde antes solo se podían observar fenómenos, pero no podían realizar análisis cuantitativos.

Es por lo cual se desarrolla un manual de uso del Tracker como implementación tecnológica para el estudio de la cinemática en dos dimensiones, lo cual no solo permite despertar la curiosidad del estudiante, sino también que el docente pueda mejorar sus clases y sentirse satisfecho de que sus estudiantes están aprendiendo.

6.5 Diseño de la propuesta

El diseño del manual para el uso del software Tracker se basa en un manual metodológico que corresponde al diseño instruccional, el cual, según García-Pinilla et al. (2023), es una metodología para analizar, diseñar, desarrollar, implementar y evaluar el proceso de formación docente para el desarrollo de materiales didácticos.

Añadiendo a esto, según lo establecido por Tarazona Suárez (2012), se trata de un proceso pedagógico que presenta una planificación y estructura para implementar recursos de apoyo.

El manual contiene la siguiente estructura:

Bloque 1. Aspectos preliminares

- Introducción
- Justificación
- Objetivos
 - Objetivo general
 - Objetivo específico

Bloque 2. Uso e instalación del software Tracker.

- ¿Qué es el software Tracker?
- Funciones del software Tracker
 - Instalación del software
 - Interfaz principal del software
 - Uso de la interfaz

En este bloque se presenta la funcionalidad de cada una de las herramientas necesarias para estudiar el movimiento, siendo detallado con cada aspecto.

Bloque 3. Aplicación del software Tracker

En este bloque se detallan actividades que el docente puede emplear para ejecutar clases con el uso del software Tracker, en el cual se basa en una breve actividad práctica con actividades necesarias para que pueda ser empleado de la manera más oportuna.

Bloque 4. Problemas comunes y soluciones en el uso del software Tracker.

Como todo programa, en este bloque se detallan posibles complicaciones que pueden existir durante la experimentación con este software, detallando cuáles fueron percibidas y dando las soluciones necesarias a estos problemas de la manera más oportuna.

6.6 Presentación de la Propuesta

La propuesta está detallada en el Anexo N° 8.

REFERENCIAS

- Abdel Rahim Garzón, G. P., & Moreno Villate, M. A. (2022, 7). Uso de tracker como herramienta de análisis en experimentos caseros para el aprendizaje de la física mecánica. *Revista Educación en Ingeniería*, 17, 1-17. Retrieved from <https://doi.org/10.26507/rei.v17n34.1203>
- Arias Ortiz, E., Dueñas, X., Giambruno, C., & López, (2024). *El estado de la educación en américa latina y el caribe 2024: la medición de los aprendizajes* (Tech. Rep.). Retrieved from <https://doi.org/10.18235/0013171>
- Arrieta, X., & Delgado, M. (2006). Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 3, 63-76. Retrieved from <https://produccioncientificaluz.org/index.php/enlace/article/view/13342>
- Ayala, M. M. (1992). La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. *Brasileira de Ensino de Física*, 14, 153-157. Retrieved from <https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a26.pdf>
- Bohórquez Guevara, V. M. (2024, abr.). Desafíos en la enseñanza de la física: Análisis a partir de una revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 8702-8715. Retrieved from https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10202
- Brown, D., Christian, W., & Hanson, R. M. (2025). *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education — opensourcephysics.github.io*. Retrieved from <https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>
- Carrera, C. A. M., Nicolalde, B. C. F., & Nicolalde, F. F. (2016). Análisis descriptivo de las dificultades que afrontan estudiantes de ingeniería en el aprendizaje de física de una universidad ecuatoriana. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10, 1-8. Retrieved from http://www.lajpe.org/dec16/4322_Carlos_2016.pdf
- Corral, Y. (2009). Validez confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19, 244-244. Retrieved from <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>
- Dapía, A. C. (2008, feb.). Deconstrucción de la didáctica racionalista en el contexto de la formación docente. hacia una didáctica constructivista. *Revista Iberoamericana*

- de Educación*, 45(3), 1–10. Retrieved from <https://doi.org/10.35362/rie4532124>
- Domínguez, M. (2016, dic.). Uso de tracker para análisis y modelado de datos experimentales en laboratorios tradicionales de física. *Revista de la Escuela de Física*, 4(2), 64–69. Retrieved from <https://doi.org/10.5377/ref.v4i2.8279>
- Duque, M. J. G., & Landázuri, J. (2019). Educación en Ecuador - resultados de PISA-d. *Edu@news*, 8-9. Retrieved from https://issuu.com/fidal/docs/edu_140_baja
- Díaz-Pinzón, J. E. (2021, 5). Análisis de los resultados de la prueba PISA 2018 en matemáticas para América. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 33, 104-114. Retrieved from <https://doi.org/10.33975/riuq.vol33n1.463>
- Elizondo Treviño, M. d. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la física. *CORE*, 3, 70-77. Retrieved from <https://core.ac.uk/outputs/76588071/>
- Escalante, C. C., Alejo, V. V., & Rodríguez, M. L. G. (2017, 12). Análisis didáctico de una situación: movimiento en dos dimensiones. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29, 45-54. Retrieved from <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v29.n2.18803>
- Fernández, P., Vallejo, G., Livacic-Rojas, P., & Tuero, E. (2014, abr.). Validez estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 30(2), 756–771. Retrieved from <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>
- Frías-Navarro, D. (2022). *Apuntes de estimación de la fiabilidad de consistencia interna de los ítems de un instrumento de medida*. Retrieved from <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Galdo Jiménez, A. J. (2021, dic.). El razonamiento deductivo, inductivo y abductivo: Diferencias e integración desde ejemplos empresariales. *Phainomenon*, 20(2), 203–222. Retrieved from <https://doi.org/10.33539/phai.v20i2.2458>
- García-Pinilla, J. I., Pineda Miranda, B. A., Rodríguez-Jiménez, O. R., & Nicholls-Rodríguez, D. (2023, ago.). Desarrollo de competencias tecnológicas en docentes utilizando un modelo de diseño instruccional. *Educación y*

- Educadores*, 26(1), e2613. Retrieved from <https://doi.org/10.5294/edu.2023.26.1.3>
- García Ordaz, M. I. (2021, Dec). *El universo y su movimiento*. Retrieved from <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/123456789/20010>
- González, M. (2011). *Movimiento parabólico – proyectiles*. Retrieved from <https://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/movimiento-parabolico-proyectiles>
- González Pardo, L. M., & Valderrama, D. A. (2021). Enseñanza de la física en pandemia; una experiencia desde el enfoque cts. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, 274-280. Retrieved from <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15104>
- Granados Maguiño, M. A., Romero Vela, S. L., Rengifo Lozano, R. A., & Garcia Mendocilla, G. F. (2020, oct.). Tecnología en el proceso educativo: nuevos escenarios. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(92), 1809-1823. Retrieved from <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i92.34297>
- Gómez Fonseca, H. B. (2016). *Implementación del programa tracker como herramienta de análisis en algunas situaciones de cinemática y dinámica en dos dimensiones, aplicando el método de aprendizaje activo* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56453>
- Hernández Ferreira, A., & González Castillo, Y. (2024, ene.). Uso del software tracker para el estudio de los procesos transitorios de carga y descarga en el circuito rc de corriente directa. *Revista Digital Educación en Ingeniería*, 19(37), 1–7. Retrieved from <https://doi.org/10.26507/rei.v19n37.1237>
- Larriva Marín, D. E., & Torres Durán, R. G. (2019). *Propuesta didáctica para la enseñanza de cinemática con el uso del software libre tracker* (Doctoral dissertation, Universidad de Cuenca). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32679>
- Lawrence, I. (2019, 8). Teaching kinematics in two dimensions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287, 01-10. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1287/1/012010>
- León Armijos, W. A., Moncerrate Giler, K. L., & Vera Maldonado, J. C. (2024, 8). Evolución de la tecnología educativa de la física y su impacto en las estrategias de enseñanza activa en el aprendizaje de la física en el instituto tecnológico ismael perez pazmiño. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8, 2375-2385. Retrieved from https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12480

- López-Martín, E., & Ardura, D. (2023, 1). El tamaño del efecto en la publicación científica. *Educación XXI*, 26. Retrieved from <https://doi.org/10.5944/educxx1.36276>
- Matarrita, C. A., & Concarí, S. B. (2015). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 133-139. Retrieved from <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12596>
- Medina González, I. A., Vinuesa Beltrán, A. M., Castro Adrian, D. M., & Polanco Quimi, B. H. (2025, ene.). Transformación digital en la educación ecuatoriana: Impacto de la tecnología educativa en la enseñanza y aprendizaje. *Revista Social Fronteriza*, 5(1), e-565. Retrieved from <https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/565> doi: doi: 10.59814/resofro.2025.5(1)565
- Meléndez Rivera, M. S., Silva Rivera, M. d. P., Cortés Padilla, R., & Jaimes Estrada, O. J. (2022, ago.). Retos y problemas en la pedagogía digital: Una experiencia desde la educación superior. *RIESED - Revista Internacional de Estudios sobre Sistemas Educativos*, 3(13), 407-432. Retrieved from <https://www.riesed.org/index.php/RIESED/article/view/162>
- Menacho, G. E. P., & Valverde, C. F. H. (2022). *Aplicación del método analítico-sintético para mejorar la comprensión de textos argumentativos en los estudiantes del cuarto grado de educación secundaria de la i.e.p. "buena esperanza" del distrito de nuevo chimbote, 2021*. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Santa). Retrieved from <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3886>
- Michelena, C. G., Gálvez, W. X. R., & Alvaro, S. (2022, 1). Análisis experimental de fenómenos físicos mediante video análisis. *Revista Bases de la Ciencia*, 7, 37-50. Retrieved from <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i1.3388>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2024). *Instructivo de evaluación estudiantil sierra-amazonía 2024-2025*. Quito, Ecuador. Retrieved from <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/10/instructivo-evaluacion-estudiantil-Sierra-Amazonia-2024-2025.pdf>
- Molina-Ruiz, N., & González-García, P. (2021, ene.). Ciencias naturales y aprendizaje socioemocional: una experiencia desde la enseñanza de las ciencias basada en la indagación. *Revista Saberes Educativos*(6), 25-58. Retrieved from <https://doi.org/10.5354/2452-5014.2021.60683>

- Mondragón Sánchez, J. A. (2018). Tracker: Una herramienta para el análisis y modelado del movimiento de objetos en el laboratorio de dinámica. *IBERO*, 1-7. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3822>
- Moreira, M. A. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, 45-52. Retrieved from <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v26.n1.9515>
- Moroyoqui, J. S. B., Navarro, C. F., & Arce, L. C. (2023). Movimiento parabólico: Geometría, cálculo y física. *Publicaciones en Extenso*, 1, 38-44. Retrieved from <https://congresociencias.unison.mx/docs/memorias/memorias-CECEN-2023.pdf#page=38>
- Méndez Mendinueta, J. A. (2016). *Diseño de una estrategia didáctica para la comprensión del movimiento circular uniforme y sus características* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57710>
- Naranjo Veintimilla, G., Briones Galarza, C., & Caballero Barros, E. (2016, December 16). Conceptualización e interpretación gráfica de la cinemática en una y dos dimensiones utilizando análisis de video.. Retrieved from <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/conceptualization-and-graphic-interpretation-of-kinematics-in-one-2>
- Núñez Miranda, J. A., José Alfredo Núñez Miranda. (2022). *Cálculo de la incertidumbre en mediciones de cinemática realizadas con tracker cálculo de la incertidumbre en mediciones de cinemática realizadas con tracker* (Doctoral dissertation, Universidad del Atlántico). Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12834/1170>
- Olmedo, S. (2012). *Manual de cinemática y dinámica* (Abya-Yala/UPS ed., Vol. 1; A. Merino, Ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5642>
- Ordóñez, V. M. R., & Marín, L. A. M. (2015). *Herramientas didácticas utilizadas por el docente informático y su incidencia en el aprendizaje de los estudiantes de la escuela "maría paulina solís" de la provincia de zamora chinchipe, cantón yantzaza, periodo lectivo 2013 – 2014. lineamientos alternativos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Loja). Retrieved from <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23051>
- Palacios Alvarado, W., Calixto, N. J., & Caicedo-Rolón, A., Jr. (2023). *Conceptos y enfoques de metodología de la investigación*. Bogotá - Editorial Creser

- S.A.S. Retrieved from <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6728?show=full>
- Pavón Brito, C., Encalada Noboa, J. W., Torres Gangotena, M. W., & Garcés Suárez, E. F. (2020). *Caracterización de la enseñanza de física experimental en la ciudad de guayaquil: Resultados finales*. Retrieved from <https://portal.amelica.org/ameli/journal/382/3821581001/>
- País, E. (2024, Sep). *Retos pendientes para el curso escolar*. Retrieved from <https://elpais.com/opinion/2024-09-02/retos-pendientes-para-el-curso-escolar.html>
- Plaza Santillán, J. J., & Saquinaula Brito, J. L. (2024, dic.). Efectividad del uso de la herramienta tracker en la enseñanza universitaria de física: una revisión sistemática. *Reincisol.*, 3(6), 6148–6168. Retrieved from [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)6148-6168](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)6148-6168)
- QED. (2013, Apr). *Demostración de las ecuaciones del movimiento parabólico*. Retrieved from <https://forum.lawebdefisica.com/blogs/qed/316630->
- Sinarcas, V., & Solbes, J. (2013, 11). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31, 9-25. Retrieved from <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>
- Solano, M. P. B. (2023, May). El uso de las tic en la educación: Una aproximación a la educación digital pospandemia en el ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 14308–14328. Retrieved from <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5911>
doi: doi: 10.37811/cl_r.cm.v7i1.5911
- Stratton, S. J. (2024). Purposeful sampling: Advantages and pitfalls. *Prehospital and Disaster Medicine*, 39(2), 121–122. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/S1049023X24000281>
- Tarazona Suárez, J. E. (2012, feb.). Generalidades del diseño instruccional. *INVENTUM*, 7(12), 37–41. Retrieved from <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.7.12.2012.37-41>
- Torres, & Sánchez, N. d. J. (2022). *Software de código abierto "tracker" como herramienta pedagógica para la enseñanza y aprendizaje de la cinemática* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Chimborazo). Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10002>
- Torres, J. (2022). *Software de código abierto "tracker" como herramienta pedagógica para la enseñanza y aprendizaje de la cinemática* (Pregrado). Retrieved from

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10002/1/UNACH-EC-FCEHT-PMF-0016-2022.pdf>

- UAEH. (2011). *Tiro parabólico* (Tech. Rep.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Retrieved from <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/14220>
- Universidad de Guanajuato. (2023, Jun). *Clase digital 9. tiro horizontal, tiro parabólico y movimiento circular*. Retrieved from <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-9-tiro-horizontal-tiro-parabolico-y-movimiento-circular/>
- Villacreses-Zambrano, J. P., Rosado-Cusme, K. A., & Cevallos-Reyes, C. B. (2024, 9). Tracker para la enseñanza de la física i: una experiencia con estudiantes de educación superior. *MQRInvestigar*, 8, 5765-5779. Retrieved from <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.5765-5779>
- Wee, L. K., Tan, K. K., Leong, T. K., & Tan, C. (2015, 7). Using tracker to understand ‘toss up’ and free fall motion: a case study. *Physics Education*, 50, 436-442. doi: [10.1088/0031-9120/50/4/436](https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/436)
- Young, H., Young, H., & Freedman, R. (2019). *University physics with modern physics*. Pearson. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=T7OoxgEACAAJ>
- Zambrano-Orellana, G. A., Moreira-Ponce, M. J., Morales-Zambrano, F. F., & Amaya-Conforme, D. R. (2021). Recursos virtuales como herramientas didácticas aplicadas en la educación en situación de emergencia. *Polo del Conocimiento*, 6(4), 73–87. Retrieved from <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2539>

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento para la recopilación de datos (Cuestionario)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES:
MATEMÁTICAS Y LA FÍSICA

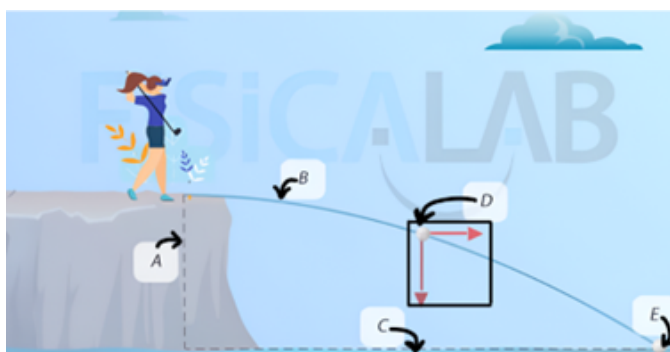
Prueba escrita

No. :	Calificación
Curso: 3ro BGU	
Paralelo:	
Fecha:	

Esta prueba escrita tiene como finalidad diagnosticar su nivel de conocimientos cuando se refiere a la cinemática en dos dimensiones, resaltando que sus resultados serán destinados a la ejecución de mi proyecto de investigación; a su vez se les invita a responder con sinceridad, ya que serán utilizados con fines académicos.

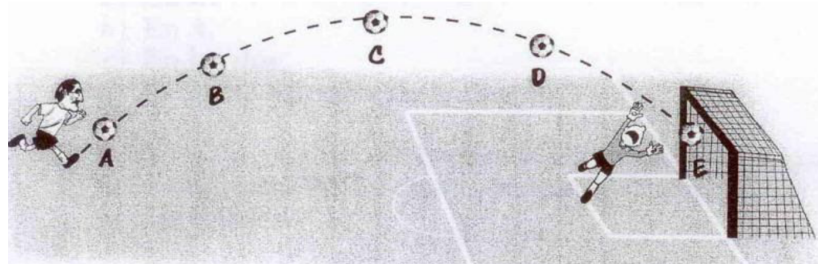
Comprensión de conceptos

1. A partir de la imagen proporcionada, identifique las variables involucradas en el movimiento parabólico, específicamente en el caso del tiro horizontal.



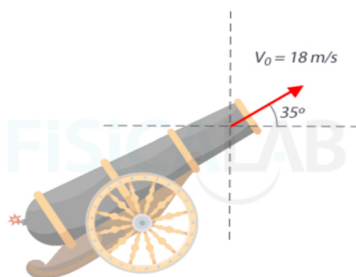
- a) A: Altura inicial; B: Trayectoria; C: Alcance; D: Descomposición cartesiana del vector velocidad; E: Proyectoil
- b) A y C: Distancia; B: Trayectoria; D: Descomposición cartesiana del vector velocidad; E: Proyectoil
- c) A: altura inicial; B: Celeridad; C: Nivel del Mar; D: Descomposición cartesiana del vector aceleración; E: Balsa

2. Despreciando la resistencia del aire. ¿En qué punto de la trayectoria de la Fig. la aceleración de la pelota es mayor?

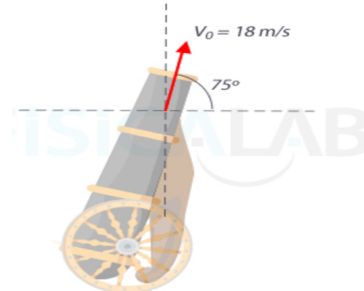


- a) Al inicio: A
 - b) En la mitad: C
 - c) Al final: E
 - d) En ningún punto
3. Suponiendo que no exista resistencia y sin realizar ningún cálculo, ¿en cuál de estas configuraciones el proyectil va a llegar más lejos con respecto a la vertical del cañón?

a) $v = 18 \text{ m/s}$, $\alpha = 35^\circ$

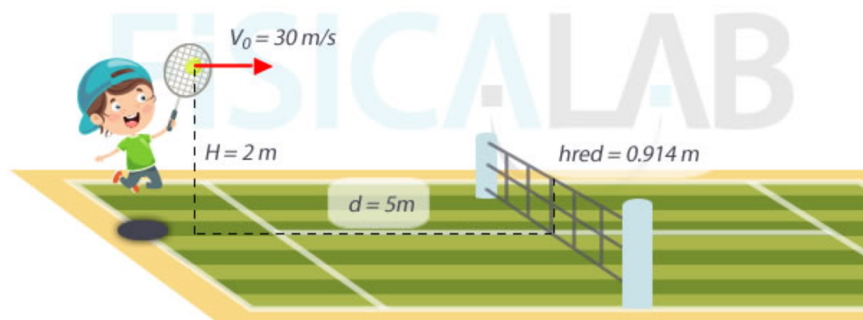


b) $v = 18 \text{ m/s}$, $\alpha = 75^\circ$



Aplicación de conceptos en problemas prácticos

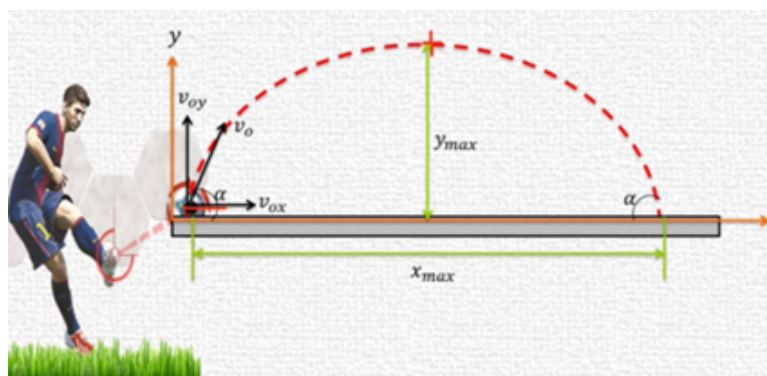
4. Observe el siguiente gráfico y aplique los cálculos adecuados para contestar la siguiente pregunta. ¿Pasará la pelota la red? Realice los cálculos necesarios.



- a) Sí, la pelota pasa a 0.946 m de la red.
- b) Sí, la pelota pasa a 0.522 m de la red.
- c) No, a la pelota le faltan 0.123 m para poder pasar la red.
- d) No, a la pelota le faltan 0.242 m para poder pasar la red.

Las preguntas 5 y 6 corresponden a una situación problemática relacionada con el movimiento parabólico. El problema se expone a continuación:

Problema: Un balón de fútbol reposa sobre una cancha. Viene un jugador y patea el balón formando un ángulo de 35° sobre la horizontal a una velocidad inicial de 20 m/s.

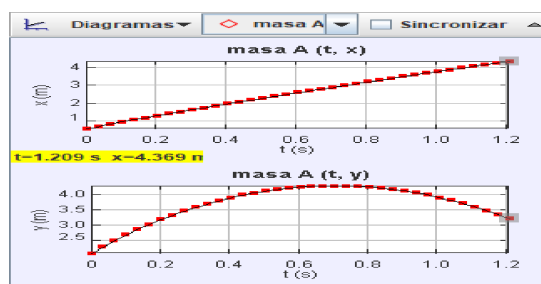


- 5. ¿Cuál es la altura máxima que alcanza el balón?
- 6. ¿Cuál es la distancia horizontal recorrida?

Habilidades de experimentación

Las preguntas 7, 8 y 9 corresponden a una situación relacionada con los resultados de la actividad experimental presentados en la figura.

Datos ▾ masa A ▾		
t(s)	x(m)	y(m)
0.840	3.304	4.229
0.873	3.400	4.187
0.907	3.522	4.143
0.941	3.607	4.076
0.974	3.721	4.006
1.008	3.795	3.915
1.041	3.891	3.826
1.075	3.983	3.722
1.108	4.091	3.614
1.142	4.180	3.485
1.176	4.272	3.355
1.209	4.369	3.219



El problema se expone a continuación:

El profesor de Física llevó a sus estudiantes al aula para grabar un video en el que uno de los estudiantes lanzaba una pelota en un ángulo determinado. Posteriormente, subió el video a una plataforma para que los estudiantes lo analizaran en sus computadoras

mediante el software Tracker. Como parte del análisis, debían responder las siguientes preguntas:

7. ¿La velocidad en el eje X es constante o variable según la gráfica de posición vs. tiempo? Justifica tu respuesta y, si es constante, calcula su valor.
8. ¿Qué tipo de función describe la trayectoria vertical de la pelota en la gráfica de posición en el eje Y vs. tiempo? Explica su relación con la aceleración gravitatoria.
9. ¿En qué instante la pelota alcanza su altura máxima según la gráfica de posición en el eje Y? ¿Qué ocurre con la velocidad en ese punto y cómo se relaciona con el tiempo total de vuelo?

Anexo 2: Actividad práctica: Estudio del movimiento parabólico usando Tracker (evaluado con la rúbrica del anexo 3).

Objetivo

Observar y analizar el movimiento de un objeto en un video utilizando el software Tracker, y aplicar los conceptos de cinemática para estudiar el movimiento.

Material necesario

- Computadora con Tracker instalado.
- Video de un objeto en movimiento (por ejemplo, una pelota lanzada o un objeto cayendo).
- Conexión a Internet (si es necesario descargar el video o el software).

Procedimiento

1. Preparación del software

1. Abre el programa **Tracker** en tu computadora.
2. Si aún no tienes el video que deseas analizar, asegúrate de que esté en formato adecuado (.mp4, .avi, etc.) y lo tengas listo para cargar.

2. Carga del video

1. En Tracker, selecciona **Archivo > Abrir** y localiza el video que deseas analizar.
2. El video debe mostrar claramente el movimiento del objeto que vas a estudiar.

3. Calibración del video

Antes de comenzar a analizar el movimiento, debes calibrar el sistema de referencia. Para ello:

1. Selecciona la opción **Calibrar** en la barra de herramientas.
2. Coloca un objeto de referencia (por ejemplo, una regla) en el video cuyo tamaño conozcas.
3. Define la longitud de este objeto en el video, para que Tracker pueda convertir las medidas del video en unidades reales (por ejemplo, metros).

4. Marcado de puntos de referencia

1. Reproduce el video y pausa en el primer fotograma donde el objeto esté claramente visible.
2. Utiliza la herramienta **Punto de referencia** para marcar la posición del objeto en cada fotograma. Haz esto repetidamente en cada cuadro o en intervalos de tiempo específicos.
3. Asegúrate de marcar el mismo punto del objeto en cada fotograma (por ejemplo, el centro de masa si es una pelota).

5. Análisis de datos

Después de marcar todos los puntos de interés, Tracker automáticamente generará una **gráfica de trayectoria** del objeto y te permitirá analizar el movimiento en función del tiempo. Puedes obtener la información de la posición, velocidad y aceleración del objeto. Para hacerlo:

1. Ve a la opción **Datos** en el menú superior.
2. Selecciona la opción que más te interese (por ejemplo, Posición vs. Tiempo o Velocidad vs. Tiempo).

Tracker te proporcionará estos datos en formato de tablas y gráficos.

6. Cálculos y análisis

1. Analiza los gráficos obtenidos, como la **posición vs. tiempo**, para determinar si el movimiento es uniforme, acelerado, etc.
2. Usa las ecuaciones de cinemática para calcular la velocidad y aceleración del objeto a partir de los datos obtenidos.

7. Conclusión

1. Reflexiona sobre el tipo de movimiento del objeto observado en el video (rectilíneo uniforme, acelerado, oscilante, etc.).
2. Compara los resultados obtenidos con las expectativas teóricas, y discute las posibles fuentes de error en la experimentación.

Sugerencias

- Asegúrate de usar un video con buena calidad y donde el objeto sea claramente visible y fácil de seguir.

Anexo 3: Rúbrica de evaluación para el Anexo 2

Criterio	Nivel Avanzado (4)	Nivel Intermedio (3)	Nivel Básico (2)	Nivel Inicial (1)
1. Precisión en la recolección de datos	Registra con exactitud los datos obtenidos en la experimentación, asegurando coherencia y precisión en la medición.	Registra los datos correctamente, aunque con pequeñas imprecisiones en algunas mediciones.	Presenta datos con errores o inconsistencias que afectan la validez de los resultados.	No logra registrar los datos correctamente o presenta registros incompletos y poco fiables.
2. Registro de datos	Organiza y presenta los datos en tablas y gráficos de manera clara y estructurada, facilitando su interpretación.	Presenta los datos de forma adecuada, aunque con pequeñas deficiencias en su organización o claridad.	Registra los datos de manera desordenada o incompleta, dificultando su interpretación.	No organiza ni presenta los datos de manera comprensible, lo que impide su análisis.
3. Interpretación de resultados	Analiza e interpreta los datos correctamente, identificando patrones y relacionándolos con los conceptos físicos estudiados.	Interpreta los datos de manera adecuada, pero con dificultades al establecer relaciones con los conceptos físicos.	Presenta una interpretación parcial, con errores o poca conexión entre los datos y los conceptos estudiados.	No logra interpretar los resultados o presenta análisis incorrectos y desconectados de los conceptos físicos.
4. Trabajo en equipo y colaboración	Participa activamente en el trabajo en equipo, comunicándose de manera efectiva y contribuyendo al desarrollo de la actividad.	Colabora con su equipo de manera adecuada, aunque con poca iniciativa en la comunicación y el trabajo conjunto.	Muestra participación limitada en el trabajo en equipo, con dificultades en la comunicación y cooperación.	No colabora con el equipo o presenta actitudes que dificultan el desarrollo de la actividad.

Anexo 5: Entrevista semiestructurada: Impacto del software Tracker en la enseñanza y aprendizaje de la cinemática en dos dimensiones.

Objetivo: Explorar cómo los docentes perciben la utilidad, efectividad y los beneficios del software Tracker en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la cinemática.

Sección 1: Información general

1. ¿Había utilizado alguna vez en sus clases el software Tracker o uno similar?

Sección 2: Percepción sobre el software Tracker

2. ¿Cómo describió la facilidad de uso de Tracker para enseñar los conceptos de cinemática en dos dimensiones?
3. ¿Cree que el uso de Tracker facilitaría la comprensión de conceptos complejos de cinemática, como velocidad, aceleración y trayectoria? ¿Cómo?
4. ¿En qué aspectos considera que Tracker ayuda a los estudiantes a mejorar su aprendizaje?

Sección 3: Impacto pedagógico y educativo

5. ¿Considera que Tracker cambiaría la forma en que se aborda la enseñanza de la cinemática en su aula? Si fuese así, ¿de qué manera?
6. ¿Cómo percibiría la relación entre la enseñanza teórica de la cinemática y la práctica con Tracker?
7. ¿Qué mejoras observaría en el rendimiento académico de los estudiantes al implementar Tracker, en comparación con métodos tradicionales?

Sección 4: Desafíos y sugerencias

8. ¿Qué sugerencias tendría para que otros docentes deseen utilizar Tracker en la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones?

Sección 5: Evaluación general

9. En general, ¿cuál sería su evaluación del impacto que implicaría este software Tracker en la enseñanza y aprendizaje de la cinemática bidimensional?
10. ¿Cree que el uso de software como Tracker tiene el potencial de cambiar la enseñanza de las ciencias en general? ¿Cómo?

Anexo 4: Evidencias fotográficas de las clases y pruebas con el grupo de control y experimental



Evaluación del pretest al grupo experimental, previo a la aplicación del software Tracker.



Clase de cinemática en dos dimensiones dirigida al grupo de control.



Implementación del software Tracker con los estudiantes del grupo experimental.



Actividades del anexo 2 realizadas con los estudiantes del grupo experimental utilizando el software Tracker, siendo evaluadas a través de la rúbrica del anexo 3.

Anexo 6: Validación de los instrumentos de recolección de datos: prueba objetiva, rúbrica de evaluación y entrevista revisadas por el experto 1



Carrera de Pedagogía de
las Matemáticas & la Física
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
ESTUDIANTE

en movimiento

CRITERIOS A EVALUAR DE LA PRUEBA OBJETIVA																				
INSTRUCCIONES: En la siguiente rubrica usted debe evaluar la prueba objetiva para poder validarlo. Por favor, escriba el valor del indicador escogido de entre las opciones para cada ítem, siendo: 1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Me es indiferente 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																				
Preguntas	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGÍA					PERTINENCIA				
	Se formula con lenguaje adecuado					Existe relación entre las dimensiones e indicadores					Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1					X					X					X					X
2					X					X					X					X
3					X					X					X					X
4					X					X					X					X
5					X					X					X					X
6					X					X					X					X
7					X					X					X					X

ASPECTOS GENERALES		SI	NO	OBSERVACIONES
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder las preguntas.		X		
La secuencia de preguntas es adecuada.		X		
El número de preguntas es suficiente.		X		
EVALUACIÓN GENERAL				
Validez del instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado
	X			
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO				
Validado por: Mgs. Cristian Carranco			Firma:	 CRISTIAN DAVID CARRANCO AVILA
Cargo: Docente UNACH				
C.I. 1003433388		Cel. 0993143295		Fecha: 22/01/2025



Rúbrica para Evaluar el instrumento de Evaluación																					OBSERVACIONES
INSTRUCCIONES: En la siguiente rubrica usted debe evaluar la prueba objetiva para poder validarlo. Por favor, escriba el valor del indicador escogido de entre las opciones para cada ítem, siendo: 1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Me es indiferente 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																					
Preguntas	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGÍA					PERTINENCIA					
	Se formula con lenguaje adecuado					Existe relación entre las dimensiones e indicadores					Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1					X					X					X					X	
2					X					X					X					X	
3					X					X					X					X	
4					X					X					X					X	
5					X					X					X					X	
6					X					X					X					X	
7					X					X					X					X	

ASPECTOS GENERALES		SI	NO	OBSERVACIONES
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder las preguntas.		X		
La secuencia de preguntas es adecuada.		X		
El número de preguntas es suficiente.		X		
EVALUACIÓN GENERAL				
Validez del instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado
	X			
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO				
Validado por: Mgs. Cristian Carranco		Firma:		CRISTIAN DAVID CARRANCO AVILA
Cargo: Docente UNACH				
C.I. 1003433388		Cel. 0993143295		Fecha: 22/01/2025



CRITERIOS A EVALUAR DE LA ENCUESTA																					OBSERVACIONES	
INSTRUCCIONES: En la siguiente rubrica usted debe evaluar la encuesta para poder validarlo. Por favor, escriba el valor del indicador escogido de entre las opciones para cada ítem, siendo: 1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Me es indiferente 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																						
Preguntas	Criterios	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGIA					PERTINENCIA					
		Se formula con lenguaje adecuado					Existe relación entre las dimensiones e indicadores					Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	Información general					X					X					X					X	
2	Percepción sobre el Software Tracker					X					X					X					X	
3						X					X					X					X	
4						X					X					X					X	
5						X					X					X					X	
6	Impacto Pedagógico y Educativo					X					X					X					X	
7						X					X					X					X	
8						X					X					X					X	
9						X					X					X					X	
10	Desafíos y Sugerencias					X					X					X					X	
11	Evaluación General					X					X					X					X	
12						X					X					X					X	

ASPECTOS GENERALES			SI	NO	OBSERVACIONES
Las preguntas están formuladas con lenguaje claro y preciso.			X		
Existe coherencia entre las secciones y el objetivo del instrumento.			X		
La secuencia de preguntas permite abordar el tema de forma lógica.			X		
El instrumento permite obtener información relevante sobre el impacto del software.			X		
EVALUACIÓN GENERAL					
Validez del instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado	
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO					
Validado por: Mgs. Cristian Carranco			Firma:		Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DAVID CARRANCO AVILA
Cargo: Docente UNACH					
C.I. 1003433388		Cel. 0993143295		Fecha: 22/01/2025	

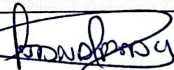
Anexo 7: Validación de los instrumentos de recolección de datos: prueba objetiva, rúbrica de evaluación y entrevista revisadas por el experto 2.



Carrera de Pedagogía de
las Matemáticas & la Física
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
ESTUDIANTE

en movimiento

CRITERIOS A EVALUAR DE LA PRUEBA OBJETIVA																				OBSERVACIONES	
INSTRUCCIONES: En la siguiente rubrica usted debe evaluar la prueba objetiva para poder validarlo. Por favor, escriba el valor del indicador escogido de entre las opciones para cada ítem, siendo: 1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Me es indiferente 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																					
Preguntas	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGIA					PERTINENCIA					
	Se formula con lenguaje adecuado					Existe relación entre las dimensiones e indicadores					Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4		5
1					/					/					/					/	
2					/					/					/					/	
3					/					/					/					/	
4					/					/					/					/	
5					/					/					/					/	
6					/					/					/					/	
7					/					/					/					/	

ASPECTOS GENERALES			SI	NO	OBSERVACIONES
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder las preguntas.			/		
La secuencia de preguntas es adecuada.			/		
El número de preguntas es suficiente.			/		
EVALUACIÓN GENERAL					
Validez del Instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado	
	/				
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO					
Validado por: Tania Poma			Firma: 		
Cargo: Personal apoyo académico					
C.I.	Cel. 0994183538		Fecha: 2023-01-16		



CRITERIOS A EVALUAR DE LA ENCUESTA																				OBSERVACIONES	
INSTRUCCIONES: En la siguiente rubrica usted debe evaluar la encuesta para poder validarlo. Por favor, escriba el valor del indicador escogido de entre las opciones para cada ítem, siendo:																					
1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Me es indiferente 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																					
Preguntas	Criterios	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGIA					PERTINENCIA				
		Se formula con lenguaje adecuado					Existe relación entre las dimensiones e indicadores					Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Información general				/						/					/					/
2	Percepción sobre el Software Tracker				/						/					/					/
3				/							/					/					/
4					/						/					/					/
5					/						/					/					/
6	Impacto Pedagógico o Educativo				/						/					/					/
7					/						/					/					/
8					/						/					/					/
9					/						/					/					/
10	Desafíos y Sugerencias				/						/					/					/
11	Evaluación General				/						/					/					/
12				/						/					/					/	

ASPECTOS GENERALES		SI	NO	OBSERVACIONES
Las preguntas están formuladas con lenguaje claro y preciso.		/		
Existe coherencia entre las secciones y el objetivo del instrumento.		/		
La secuencia de preguntas permite abordar el tema de forma lógica.		/		
El instrumento permite obtener información relevante sobre el impacto del software.		/		
EVALUACIÓN GENERAL				
Validez del instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado
	/			
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO				
Validado por: <u>Tania Poma</u>		Firma: <u>[Firma]</u>		
Cargo: <u>Personal apoyo académico</u>				
C.I. <u>0674002003</u>	Cel. <u>0994183538</u>	Fecha: <u>2025-01-16</u>		



Rúbrica para Evaluar el Instrumento de Evaluación																									OBSERVACIONES
Instrucciones: En la siguiente tabla usted deberá marcar con una X el nivel de cumplimiento de cada criterio según las siguientes opciones: 1: Totalmente en desacuerdo 2: En desacuerdo 3: Neutral 4: De acuerdo 5: Totalmente de acuerdo																									
Criterios	CLARIDAD					COHERENCIA					METODOLOGIA					PERTINENCIA									
	Los criterios del instrumento son claros y específicos					El instrumento está alineado con los objetivos planteados					El instrumento sigue un método estructurado y lógico					Relación con el/los objetivo/s que se pretende estudiar									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Interpretación de Resultados					/					/					/					/					
Análisis de Gráficas					/					/					/					/					
Análisis de Tablas					/					/					/					/					
Reflexión y opinión crítica					/					/					/					/					

ASPECTOS GENERALES		SI	NO	OBSERVACIONES
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder las preguntas.		/		
La secuencia de criterios es adecuada.		/		
El número de criterios son suficientes.		/		
EVALUACIÓN GENERAL				
Validez del instrumento	Aplicable	Aplicable bajo corrección previa	Necesita mejorar	Inadecuado
	/			
IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO				
Validado por: Tania Bma		Firma:		
Cargo: Personal apoyo académico				
C.I. 000900003	Cel. 0994183538	Fecha: 2025-01-16		

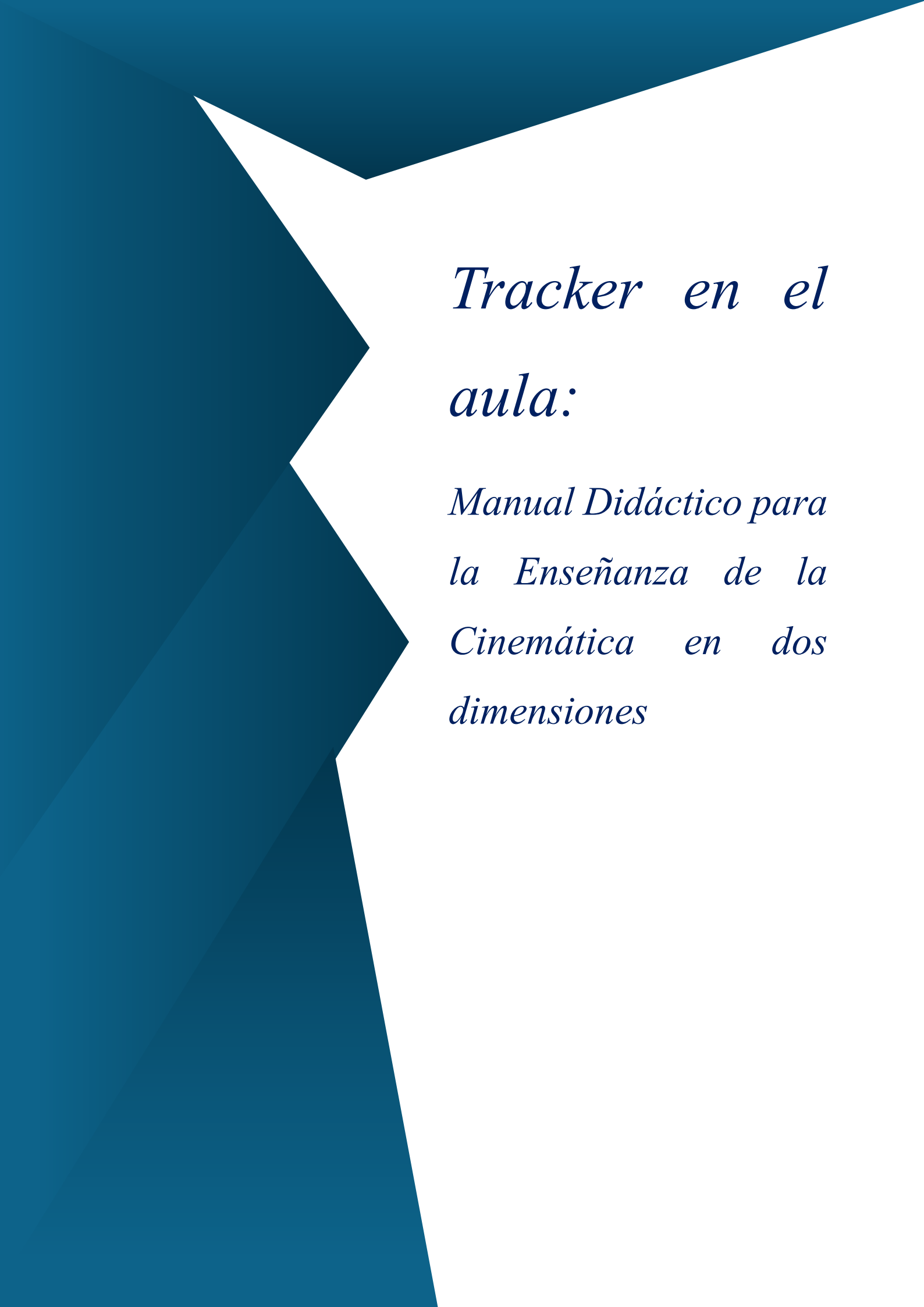
Anexo 8: Propuesta: Tracker en el aula: Manual didáctico para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones.

¡Accede al Manual del software Tracker!

Escanea el código QR o haz clic en el enlace para ver el manual completo:



Tracker en el aula: Manual didáctico para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones.



Tracker en el aula:

*Manual Didáctico para
la Enseñanza de la
Cinemática en dos
dimensiones*

Contenido

Bloque 1. Aspectos preliminares.....	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos de la propuesta	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos.....	6
Bloque 2. Uso e instalación del software Tracker.....	7
2.1 ¿Qué es el software libre Tracker?	7
2.2 Funciones del software libre Tracker.....	7
2.2.1 Instalación del software	8
2.2.2 Interfaz principal del software Tracker.....	14
2.2.3 Uso del interfaz.....	14
2.2.3.1 Video	14
2.2.3.2 Pistas	15
2.2.3.3 Sistemas de coordenadas.....	15
2.2.3.4 Varilla de calibración	15
2.2.3.5 Masa puntual.....	15
2.2.3.6 Autotracker	15
2.2.3.7 Vista de trazado	15
2.2.3.8 Vista de tablas	15
2.2.4 Exportación.....	16
2.2.4.1.1 Video	16
2.2.4.1.2 Tabla.....	16
2.2.4.1.3 Gráfico	16
Bloque 3. Aplicación del software Tracker.....	18
3.1 Uso del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones.....	18

3.1.1	Movimiento parabólico	18
3.1.2	Movimiento Circular Uniforme (MCU)	22
Bloque 4. Problemas comunes y soluciones en el uso del software Tracker		26
4.1	Problemas presentados en el software	26
4.2	Soluciones para los problemas presentados	26
Referencias.....		28

Bloque 1. Aspectos preliminares

1.1 Introducción

La enseñanza de la cinemática en dos dimensiones representa un desafío en la educación secundaria, ya que involucra el análisis de movimientos complejos que requieren la integración de conceptos matemáticos y físicos. En este contexto, el uso de herramientas tecnológicas puede facilitar la comprensión de los fenómenos físicos al permitir la representación visual y el análisis detallado del movimiento.

El software Tracker se ha consolidado como una herramienta didáctica de gran utilidad para el estudio de la cinemática, ya que permite la captura y análisis de videos en los que se registran trayectorias, velocidades y aceleraciones de objetos en movimiento. Su implementación en el aula ofrece a los estudiantes la posibilidad de desarrollar habilidades analíticas y experimentales, fortaleciendo su comprensión de los principios físicos que rigen el movimiento parabólico y circular.

Este manual está diseñado para proporcionar a los docentes un recurso estructurado para la enseñanza de la cinemática en dos dimensiones utilizando Tracker. Incluye una descripción del software, instrucciones detalladas para su instalación y uso, así como actividades prácticas y preguntas de evaluación dirigidas a los estudiantes. Además, se presentan actividades que facilitan la aplicación de los conocimientos adquiridos en situaciones experimentales, promoviendo un aprendizaje significativo y basado en la experimentación.

Se espera que este manual sea de utilidad para los docentes en la planificación e implementación de estrategias de enseñanza innovadoras, fomentando el interés y la participación de los estudiantes en el estudio de la cinemática.

1.2 Justificación

En la actualidad, se conoce que la implementación de la tecnología en el aula considera fundamental, ya que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje. A nivel internacional, se considera que esto debe ser necesario para avanzar en el desarrollo social de la humanidad.

Como lo manifiesta Granados Maguiño et al. (2020), en años anteriores estas herramientas fueron necesarias e indispensables para la educación, debido a situaciones como la pandemia, siendo una emergencia inmediata incorporar la tecnología en la

educación. Bajo este sentido, nacen problemas más grandes, los cuales eran de cómo implementar esta área en sus contextos educativos.

En América Latina, la práctica educativa ha tenido un cambio rotundo. Muchos docentes les tomó por sorpresa integrarse a una educación, sin embargo, varios funcionarios de la educación no poseían las competencias necesarias en este campo y el uso de la tecnología (Meléndez Rivera et al., 2022).

En el contexto ecuatoriano la educación digital después de la pandemia ha tenido problemas, Según Borja Solano (2023), destaca que este cambio ha visto necesidades de plantear el uso de la tecnología como recursos didácticos, con la finalidad de mejorar la experiencia y el proceso que llevan los estudiantes. No obstante, se ha evidenciado un rechazo parcial por docentes que no se han acoplado a estas nuevas formas de enseñanza.

En el área de la Física, al ser una ciencia que se desarrolla bajo la experimentación, se ha visto necesaria integrar la tecnología, puesto que docentes de esta área, específicamente hablando en la educación del bachillerato, no están satisfechos de enseñar bajo esta implementación, a pesar de que en varias instituciones no cuentan con laboratorios y materiales adecuados para su efectividad.

Tracker es una herramienta que utiliza videos experimentales de seguimiento para construir modelos matemáticos. Su uso contribuye a superar las limitaciones en el proceso de enseñanza de la física, donde antes solo se podían observar fenómenos, pero no podían realizar análisis cuantitativos.

Es por lo cual se desarrolla un manual de uso del Tracker como implementación tecnológica para el estudio de la cinemática en dos dimensiones, lo cual no solo permite despertar la curiosidad del estudiante, sino también que el docente pueda mejorar sus clases y sentirse satisfecho de que sus estudiantes están aprendiendo.

1.3 Objetivos de la propuesta

1.3.1 General

Elaborar un manual didáctico sobre el uso del software Tracker, orientado al análisis de la cinemática en dos dimensiones, que facilite la comprensión y aplicación de conceptos físicos en el aula.

1.3.2 Específicos

- Describir los procedimientos para la instalación de Tracker.
- Comprender las herramientas que contiene Tracker para el análisis de la cinemática bidimensional.
- Aplicar Tracker para el estudio práctico de la cinemática en dos dimensiones, a través del movimiento parabólico y el movimiento circular uniforme.

Bloque 2. Uso e instalación del software Tracker

2.1 ¿Qué es el software libre Tracker?

Según lo establecido por Hernández Ferreira & González Castillo (2024), es un software libre que fue diseñado para el análisis de videos en los que se ejecute algún movimiento de una partícula, su diseño está ambientado en base a Java, en el marco del proyecto Open Source Physics (OSP).

Por otra parte, Brown et al., (2025) destaca que Tracker es una herramienta que permite a los estudiantes a modelar y analizar el movimiento mediante filmaciones, también destaca que es un poderoso software ya que combina video con la modelación por computadora.

El software Tracker es una herramienta educativa de código abierto que permite a los docentes analizar videos para estudiar fenómenos físicos de manera práctica y visual. Es especialmente útil para analizar movimientos, realizar mediciones precisas y generar modelos matemáticos que enriquezcan las clases. Según Diaz Guevara & Cala Vitery (2014), mencionan que:

Con Tracker es posible seleccionar uno o más objetos de estudio en el video. Está configurado para ubicar marcos de referencia, origen y ángulo del sistema de coordenadas, graficar y analizar posición, velocidad, aceleración, cantidad de movimiento y energía de los objetos. También permite definir variables que no estén incluidas por defecto. (p.192)

Mediante lo establecido por Otero Arévalo et al. (2018), Tracker es un software de uso experimental, gráfico y de análisis de experimentos físicos, el cual puede mostrar como resultados gráficos como la posición vs tiempo facilitando así la verificación del modelo a analizar.

2.2 Funciones del software libre Tracker

Tracker es un software gratuito que permite, a través de la filmación de un fenómeno, realizar un análisis detallado del mismo. Entre sus principales características incluye:

- Seguimientos de objetos manual y automático.
- Posibilidad de obtener valores de diferentes magnitudes relacionadas con una experiencia determinada.
- Opciones flexibles de calibración de video.

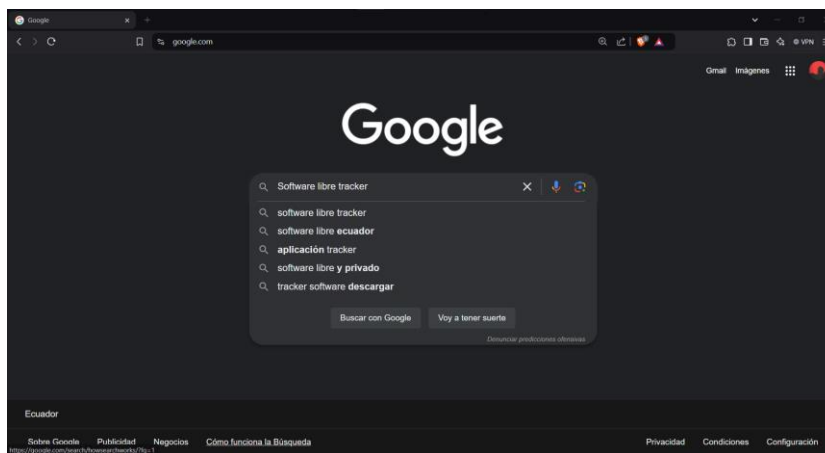
- Herramientas de análisis de datos con poderosos ajustes manuales y automáticos de curvas.
- Copiar e imprimir imágenes de cualquier ventana para usar en informes u otros documentos.
- Pegar imágenes de la web u otras directamente a Tracker para su análisis

Su principal función es estudiar mediante un video reutilizado de internet o creado por el usuario ciertos aspectos como la cinemática, dinámica y las transformaciones energéticas, permitiendo obtener resultados visibles como es la posición en un tiempo determinado entre otras, y gráficas para una mejor interpretación.

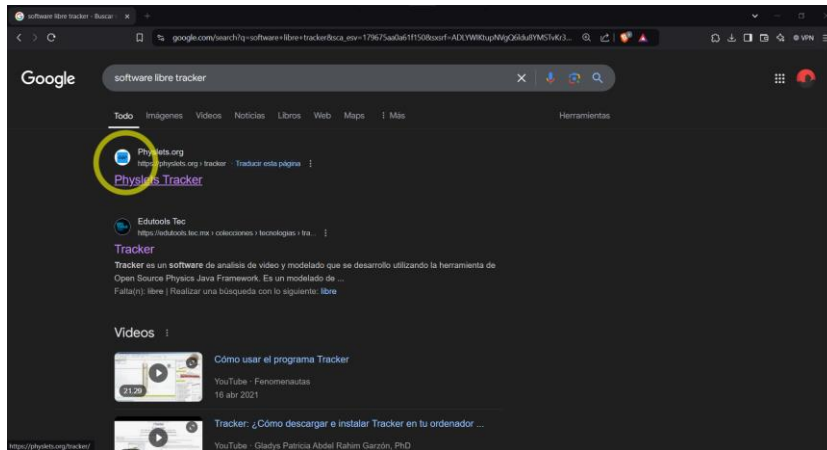
2.2.1 Instalación del software

Previo a la instalación del software debe contar con una computadora con conexión a internet, el procedimiento de la instalación será a través del navegador de su preferencia como Chrome, Opera, Mozilla Firefox, Brave u otro.

En su buscador colocará **Software Libre Tracker** o de forma directa de click en el siguiente enlace <https://physlets.org/tracker/>



Se le desplegará un sitio con varios enlaces y escogerá el primer enlace señalado con el círculo de color amarillo.

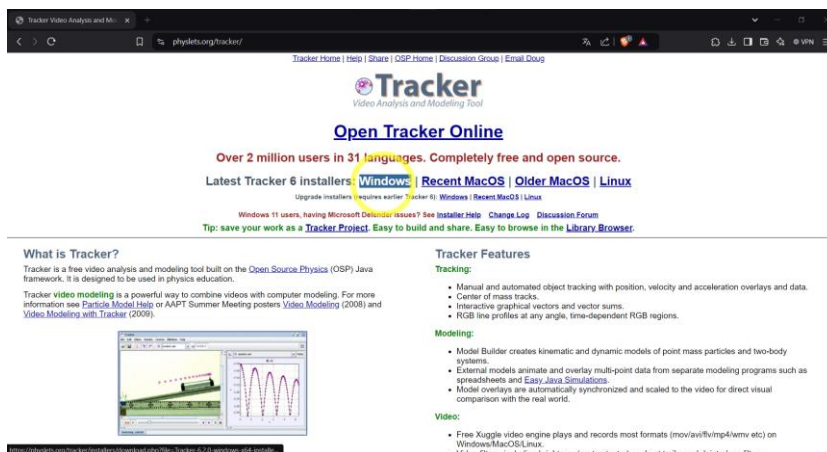


Una vez ingresado al enlace su ventana mostrará el contenido del software que naturalmente se encontrará en inglés. En esta ventana usted podrá visualizar el logotipo del software junto con las versiones para la instalación. Según el sistema operativo del computador, se deberá seleccionar la opción de descarga.

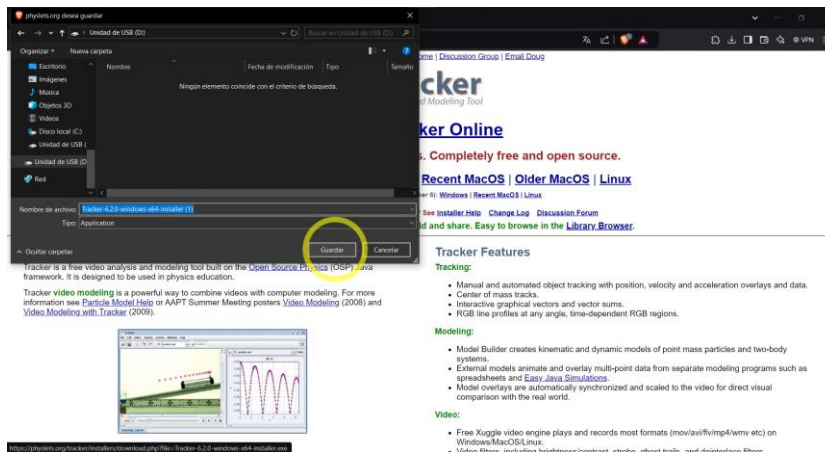
Selecciona la versión correspondiente a tu sistema operativo:

- **Windows:** Tracker.exe
- **MacOS:** Tracker.dmg
- **Linux:** Tracker.jar

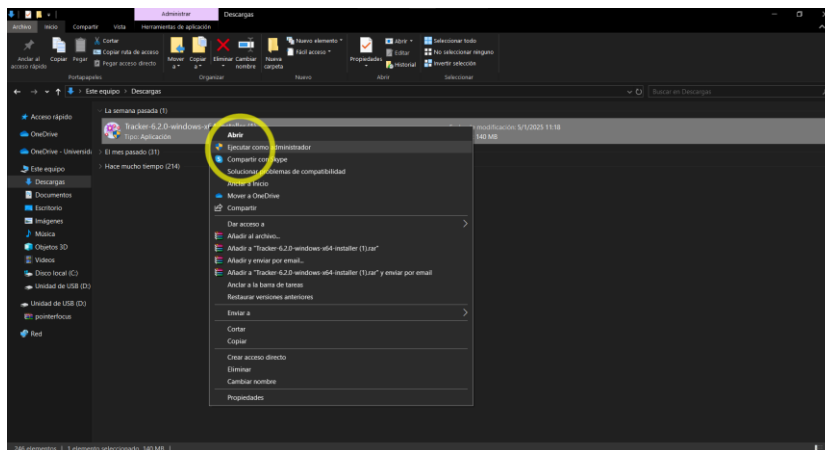
Para este manual se usó el sistema de Windows.



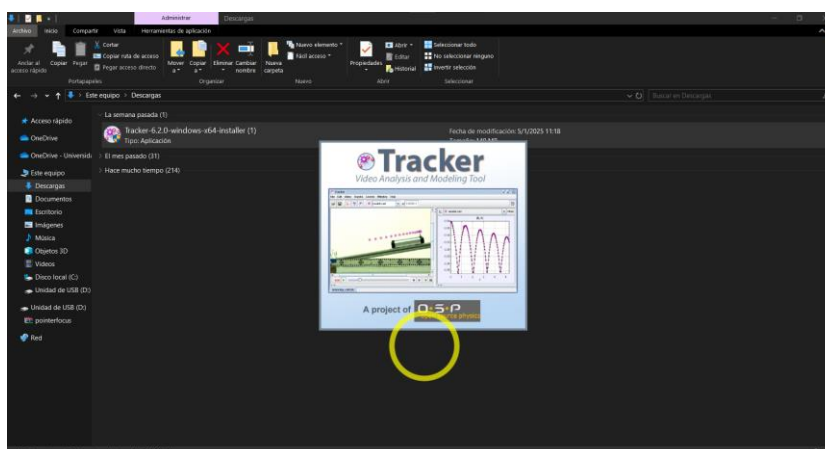
Cuando ya haya dado click en Windows se le desplegará automáticamente la ventana donde se descargará la aplicación de software.



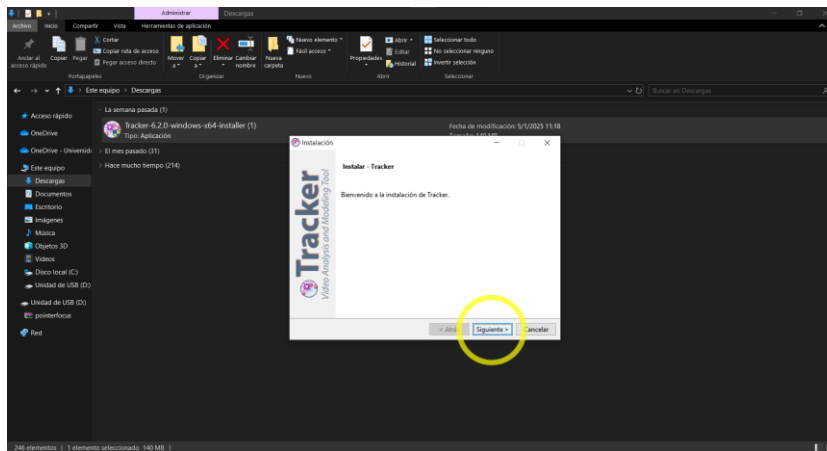
Escogerá usted en qué lugar de su carpeta de archivos desea guardar, posteriormente se procede con el inicio de la aplicación, para este paso usted deberá permitir a su ordenador que ejecute la aplicación como administrador.



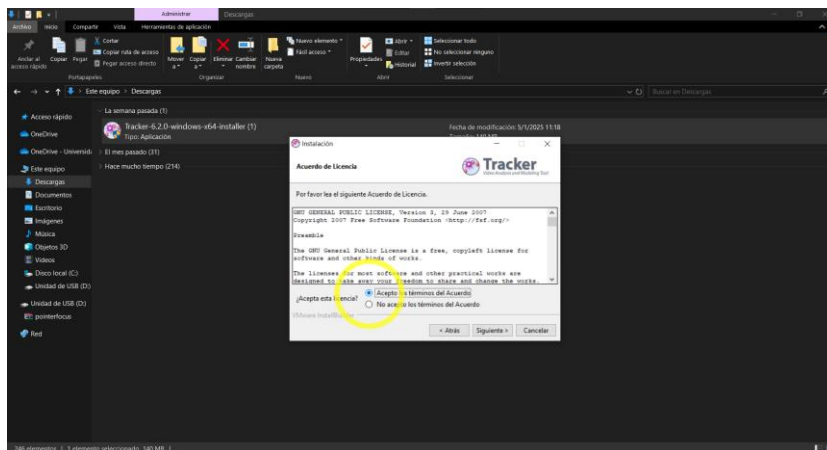
Para ejecutar al archivo lo seleccionamos y permitimos que sea ejecutado como administrador, para que no exista inconvenientes en su funcionalidad.



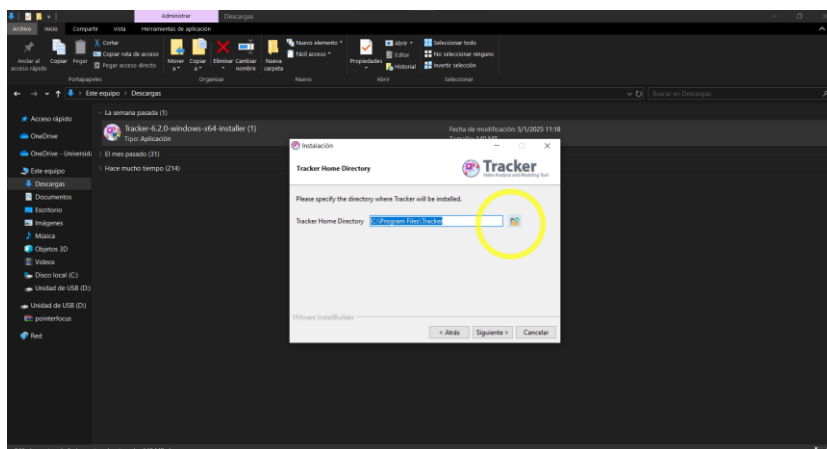
Rápidamente se desplegará una ventana con la identificación visual del software e información básica de donde proviene.



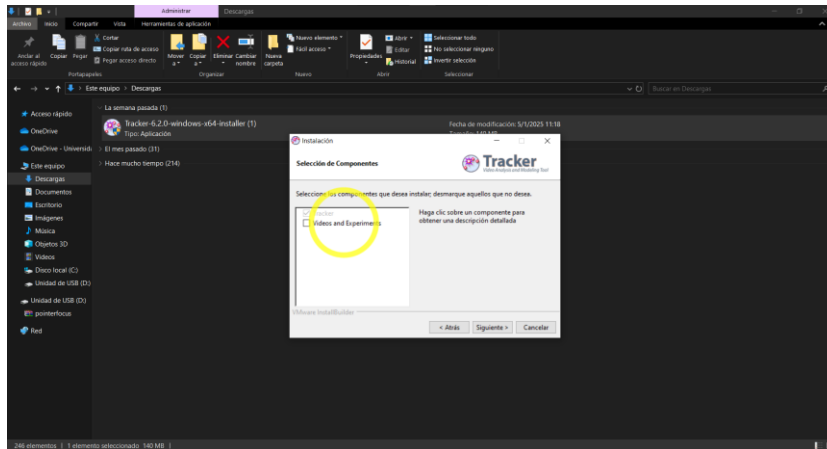
Seleccionará la opción siguiente para que empiece el proceso de instalación.



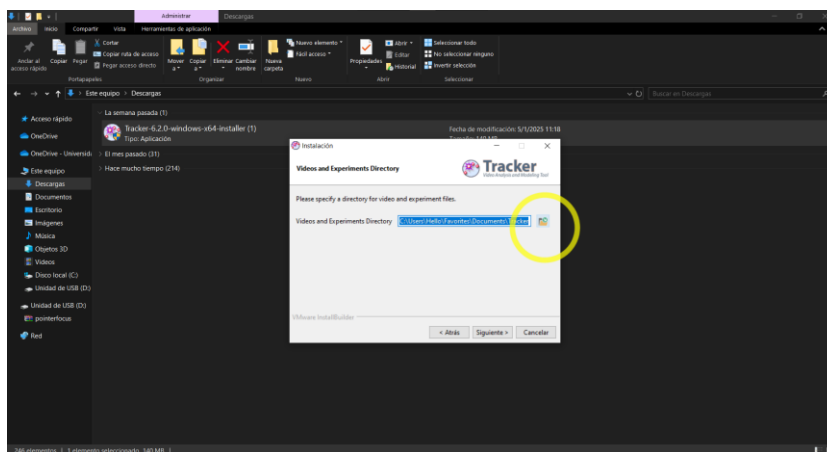
Dará clic en la aceptación de términos una vez que haya leído el acuerdo de la licencia de Tracker, a pesar de ser un programa libre, es necesario para quede un registro de uso.



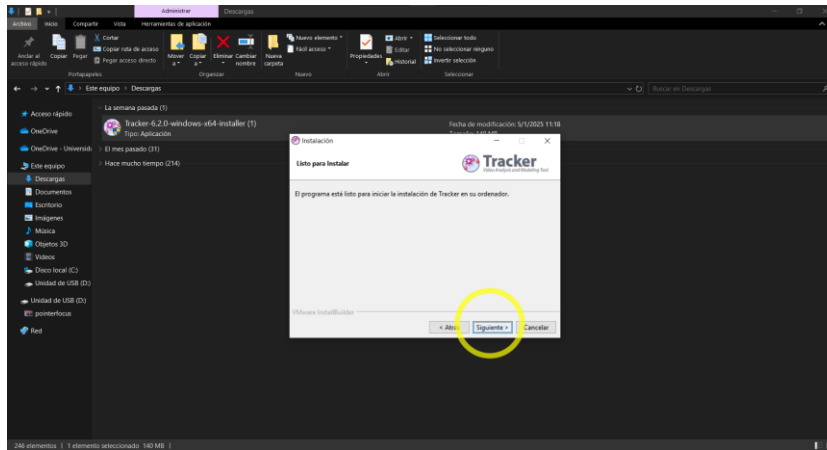
En este apartado seleccionará la carpeta en específico quiere que se guarde los elementos y complementos del programa.



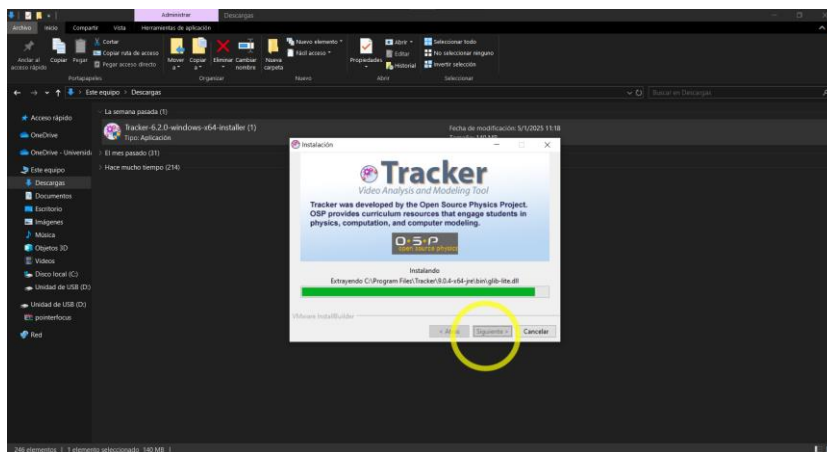
Como este programa analiza los movimientos mediante un video deberá seleccionar Video and Experimentals, que es un complemento para que pueda obtener resultados más detallados y se pueda analizar el video con normalidad.



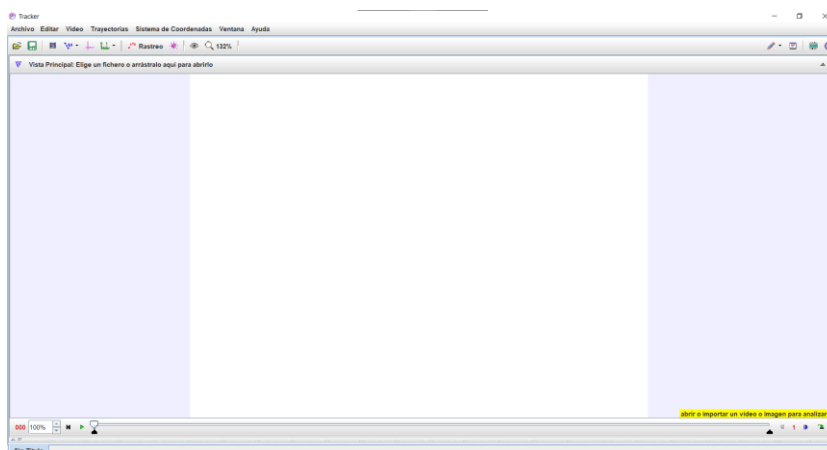
En esta sección usted seleccionará la carpeta donde guardó Tracker y sus complementos visualizados en la figura, en esta carpeta se guardarán todos sus proyectos.



Una vez dado los permisos y almacenamiento necesario, se procede con la instalación del programa.



El programa se instalará de forma adecuada, una vez finalizado dará clic en siguiente para que se proceda la ejecución del archivo.

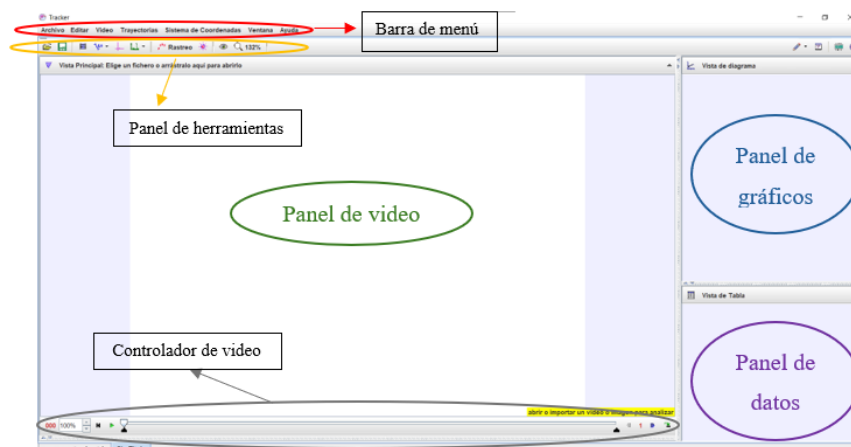


Una vez finalizado todo el proceso se le desplegará una pantalla del software que se trata de la interfaz que se ha de usar para el análisis de los fenómenos.

2.2.2 Interfaz principal del software Tracker

Componentes Principales:

- **Barra de menú:** Contiene opciones para abrir videos, guardar proyectos, exportar datos y personalizar configuraciones.
- **Panel de video:** Muestra el video cargado donde se rastrearán los objetos.
- **Panel de herramientas:** Permite rastrear puntos, agregar calibradores y definir sistemas de coordenadas.
- **Panel de gráficos:** Muestra representaciones visuales de datos como posición-tiempo, velocidad-tiempo, etc.
- **Panel de datos:** Incluye tablas con valores obtenidos del análisis del movimiento.
- **Modelos:** Herramientas para superponer simulaciones físicas sobre los datos del video.

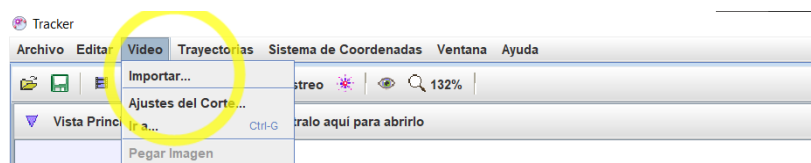


2.2.3 Uso del interfaz

En esta sección se indican los pasos básicos a seguir para analizar un video.

2.2.3.1 Video

Presionar el botón “Video” de la barra de menú y seleccionar un video creado por usted mismo o un video descargado de la web, inclusive puede usar los videos prediseñados por el mismo software.



2.2.3.2 Pistas

Permiten seguir el movimiento del objeto que lo describe siendo de cuadro por cuadro, es decir que estas son las posiciones del objeto por cada fotograma que se presenta, se pueden realizar de forma manual o con el autotracker.

2.2.3.3 Sistemas de coordenadas

Como se requiere analizar un movimiento esta función permite estudiar al movimiento en un eje de coordenadas como en cualquier problema de resolución, este permite fijar un origen y orientar los ejes según se requiera, es esencial para interpretar los datos mediante las gráficas y tablas.

2.2.3.4 Varilla de calibración

Es una función que permite establecer una escala real del video, es decir que esta sirve para obtener resultados lo más precisos con la realidad, esto con la finalidad de que las posiciones y velocidades calculadas sean lo más reales posibles

2.2.3.5 Masa puntual

Su función es permitir identificar al objeto a pesar de que este en su movimiento quiera describir otros movimientos, por ejemplo, cuando se lanza un balón este describe dos movimientos uno de desplazamiento y otro de rotación, usará el de desplazamiento e ignorará el de rotación, además de que no importa la forma del objeto para estudiar el movimiento.

2.2.3.6 Autotracker

Es una herramienta que permite realizar el movimiento del objeto de forma automática, en vez de marcar de forma manual cada fotograma, facilitando el análisis de videos largos con movimientos rápidos.

2.2.3.7 Vista de trazado

Permite visualizar los cuadros por segundo y la trayectoria que este sigue, por ejemplo, en un movimiento parabólico se visualizará una curva.

2.2.3.8 Vista de tablas

Aquí muestra los datos numéricos generados en el análisis, aquí se puede obtener datos como posición, velocidad y aceleración.

2.2.4 Exportación

2.2.4.1.1 Video

Es posible guardar el video analizado con las marcas y trayectorias.

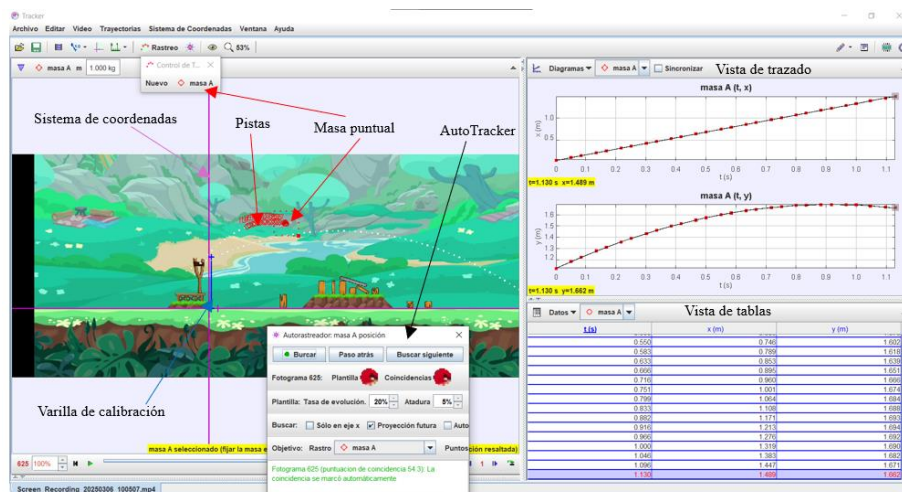
2.2.4.1.2 Tabla

Pueden ser exportados en formatos como CSV o TXT lo que facilita el estudio en Excel o Rstudio.

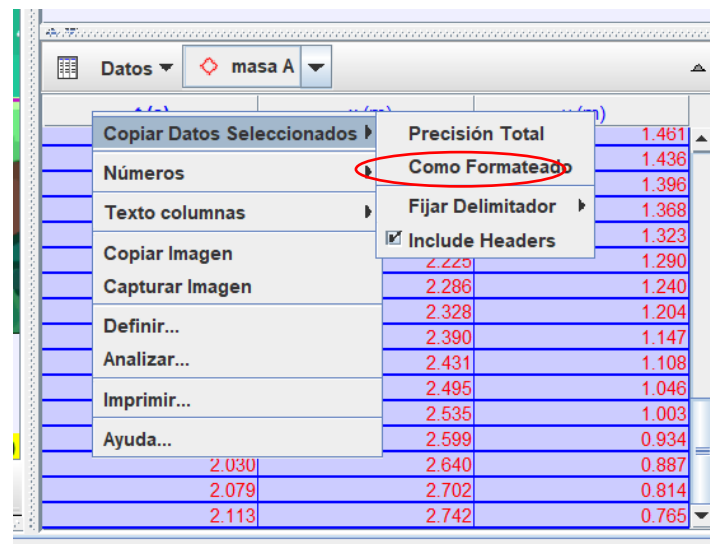
2.2.4.1.3 Gráfico

Los gráficos pueden ser exportados en cualquier formato de imagen como jpg, png y otros.

Un ejemplo claro se muestra a continuación:



Para exportar los datos, dirijase a la pestaña **Archivo** y seleccione la opción **Exportar**. En este caso, puede exportar la **Tabla de datos** a un archivo con formato .txt. Si desea trabajar con los datos en Excel, realice lo siguiente: haga doble clic en el encabezado de una de las columnas dentro de la **Vista de tablas**, lo que seleccionará automáticamente toda la columna. Luego, mantenga presionada la tecla **Control** y, con clic izquierdo, seleccione las siguientes columnas que desea copiar. Haga clic derecho sobre la selección y elija la opción **Copiar datos seleccionados**, y luego **Como formateado**



Una vez realizado este proceso, podrá pegar directamente los datos en una hoja de Excel.

Archivo Inicio Insertar Trazo Disposición de página				
Pegar Portapapeles Aptos Narrow 11 B I U A⁺ A⁻ Fuente Alinea A1 ✕ ✓ f_x				
	A	B	C	D
1		masa_A		
2	t	x	y	
3	0	9.82E-02	1.063	
4	0.033	0.139	1.104	
5	0.083	0.202	1.163	
6	0.116	0.245	1.2	
7	0.168	0.307	1.253	
8	0.2	0.348	1.288	
9	0.25	0.411	1.335	
10	0.283	0.453	1.365	
11	0.334	0.516	1.408	
12	0.367	0.556	1.435	
13	0.416	0.619	1.472	
14	0.449	0.66	1.495	

Bloque 3. Aplicación del software Tracker

3.1 Uso del software Tracker en la cinemática en dos dimensiones

3.1.1 Movimiento parabólico

1. DATOS INFORMATIVOS

Nombre del docente:

Asignatura: Física **Curso/Grado:**

Fecha de Ejecución:

Nombre del estudiante (grupo):

2. DATOS DE LA PRÁCTICA

Tema: Análisis del movimiento parabólico a través del Software Tracker

Objetivo: Analizar el movimiento parabólico que describe un objeto en Tracker, verificando estos resultados con las ecuaciones del movimiento.

Criterio de evaluación: CE.CN.F.5.2. Determina mediante representaciones gráficas de un objeto, que se mueve en dos dimensiones: la posición, la trayectoria, el vector posición, el vector desplazamiento, la velocidad promedio, la aceleración promedio, y establece la relación entre magnitudes escalares y vectoriales.

Indicador de evaluación: I.CN.F.5.2.1 Obtiene magnitudes cinemáticas del MRUV con un enfoque vectorial, como: posición, velocidad, velocidad media e instantánea, aceleración, aceleración media e instantánea y desplazamiento a base de representaciones gráficas de un objeto que se mueve en dos dimensiones. (I.1., I.2.)

3. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

Situación problemática

- ¿En qué movimientos se descompone el movimiento parabólico? Descríbalos

.....

.....

.....

.....

- ¿Cómo influye la aceleración de la gravedad en la trayectoria?

.....

.....

.....

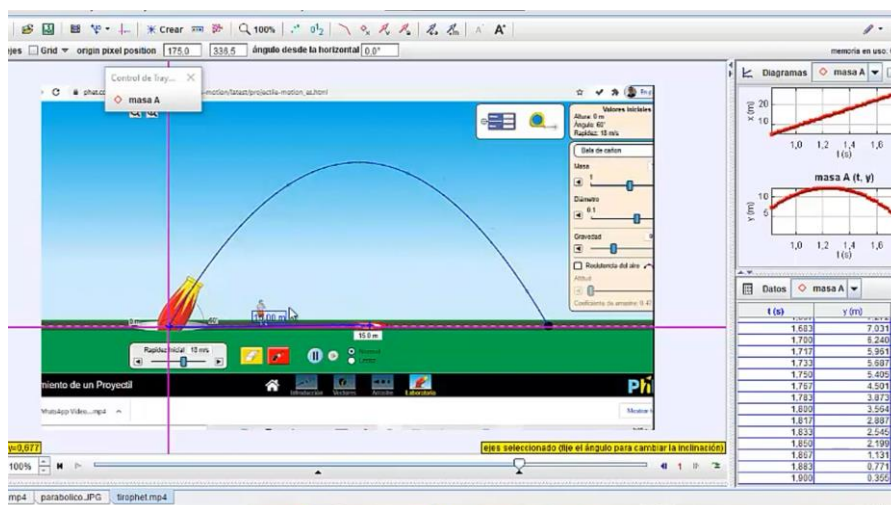
.....

- ¿Cómo varía la velocidad en cada eje durante el movimiento?

Materiales

Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Computador con el software Tracker ya instalado	1	Celular	1
Video de un objeto que describa este movimiento que puede ser tiro oblicuo o tiro horizontal, puede ser propio o de la web	1	Cinta métrica	1
Mediciones del movimiento descrito en la realidad (medida desde donde a donde se realizó el movimiento y de ser el caso la altura con la que se describe)		Papel y lápiz para las anotaciones.	1

Configuración del experimento



Procedimiento

- Grabar el video o descargarlo de alguna fuente, cabe recordar que el objeto debe tener un color diferente al fondo para evitar la superposición y que el software no detecte bien al objeto.
- Abrir Tracker y cargar el video realizado o descargado
- Configurar el sistema de coordenadas según le convenga.
- Utilizar la varilla de calibración de ser el caso si el movimiento posee una altura o para la distancia que pudo haber recorrido.

- Seleccionar el objeto con la función masa puntual realizando la combinación de teclas ctrl + shift + clic izquierdo en el objeto una vez que este describiendo el movimiento.
- Una vez seleccionado el objeto proceda a usar el rastreo con el autotracker o de forma manual.
- Una vez realizado el paso anterior visualizar en el apartado de gráficas y tabla los resultados obtenidos, en la vista de tablas modificar los ejes a estudiar según sea necesario, el siguiente paso sería analizar de posición vs tiempo, velocidad vs tiempo.
- Compare estos resultados con los valores teóricos calculados mediante las ecuaciones del movimiento parabólico.

Resultados

Presentar estos resultados del Software Tracker con la comprobación de las ecuaciones del movimiento parabólico, y discutir estos resultados con la clase.

Comprobación

This image shows a completely blank white page. It is surrounded by a thin black rectangular frame, which appears to be the edge of a scanner or a frame. There are no markings, text, or illustrations on the page itself.

Conclusiones

Recomendaciones

3.1.2 Movimiento Circular Uniforme (MCU)

1. DATOS INFORMATIVOS

Nombre del docente:

Asignatura: Física **Curso/Grado:**

Fecha de Ejecución:

Nombre del estudiante (grupo):

2. DATOS DE LA PRÁCTICA

Tema: Análisis del movimiento circular uniforme a través del Software Tracker

Objetivo: Analizar el movimiento circular uniforme que describe un objeto en Tracker, verificando estos resultados con las ecuaciones del movimiento.

Criterio de evaluación: CE.CN.F.5.3. Determina mediante representaciones gráficas de un punto situado en un objeto, que gira alrededor de un eje, las características y las relaciones entre las cuatro magnitudes de la cinemática del movimiento circular (posición angular, velocidad angular, aceleración angular y tiempo) con sus análogas en el MRU y el MCU.

Indicador de evaluación:

I.CN.F.5.3.1 Determina las magnitudes cinemáticas del movimiento circular uniforme y explica las características de este considerando las aceleraciones normal y centrípeta, a base de un objeto que gira en torno a un eje. (I.1., I.2.)

I.CN.F.5.3.2 Resuelve problemas de aplicación de movimiento circular uniformemente variado y establece analogías entre el MRU y MCU. (I.1., I.2.)

3. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

Situación problémica

- ¿Por qué al tomar una curva en un auto sentimos que nos movemos hacia un lado, aunque realmente el auto está girando en círculo?

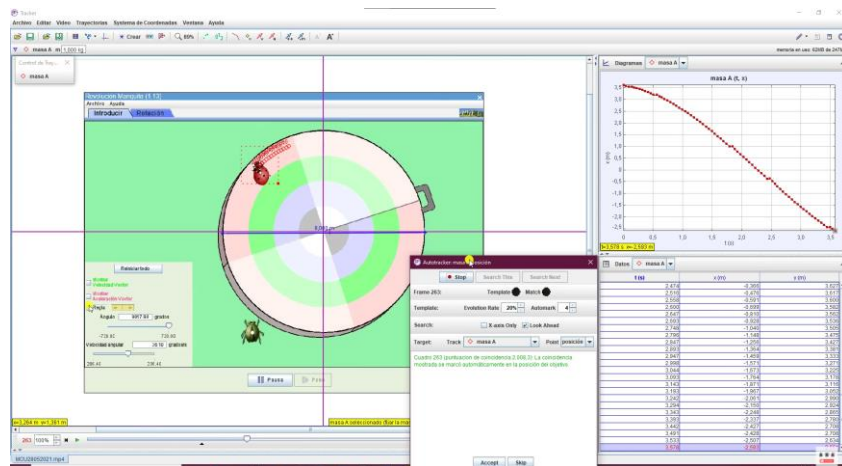
- ¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra si está en constante movimiento alrededor de ella?

- Si se gira una cuerda con una piedra atada en el extremo y de repente se la suelta, ¿hacia dónde se moverá la piedra? ¿Por qué no sigue girando en círculo?

Materiales

Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Computador con el software Tracker ya instalado	1	Celular	1
Video de un objeto que describa este movimiento que puede ser tiro oblicuo o tiro horizontal, puede ser propio o de la web	1	Cinta métrica	1
Mediciones del movimiento descrito en la realidad (medida desde donde a donde se realizó el movimiento y de ser el caso la altura con la que se describe)		Papel y lápiz para las anotaciones.	1

Esquema del equipo



Procedimiento

- Grabar el video o descargarlo de alguna fuente, cabe recordar que el objeto que describe el movimiento debe tener un color diferente al fondo para evitar la superposición y que el software no detecte bien al objeto.
- Abrir Tracker y cargar el video realizado descargado
- Configurar el sistema de coordenadas según le convenga, en este caso lo más ideal ubicarlo en el centro.

- Utilizar la varilla de calibración para determinar el valor real del radio desde el centro al objeto.
- Seleccionar el objeto con la función masa puntual realizando la combinación de teclas ctrl + shift + clic izquierdo en el objeto una vez que este describiendo el movimiento.
- Una vez seleccionado el objeto proceda a usar el rastreo con el autotracker o de forma manual.
- Una vez realizado el paso anterior visualizar en el apartado de gráficas y tabla los resultados obtenidos, en la vista de tablas modificar los ejes a estudiar según sea necesario, el siguiente paso sería analizar de posición angular vs tiempo, velocidad angular vs tiempo, aceleración centrípeta vs radio y periodo vs radio. Como se trata del M.C.U procure que no exista variación en el radio.
- Compare estos resultados con los valores teóricos calculados mediante las ecuaciones del movimiento circular uniforme.

Resultados

Presentar estos resultados del Software Tracker con la comprobación de las ecuaciones del movimiento circular uniforme, realizar comprobación de errores, y discutir estos resultados con la clase.

Comprobación

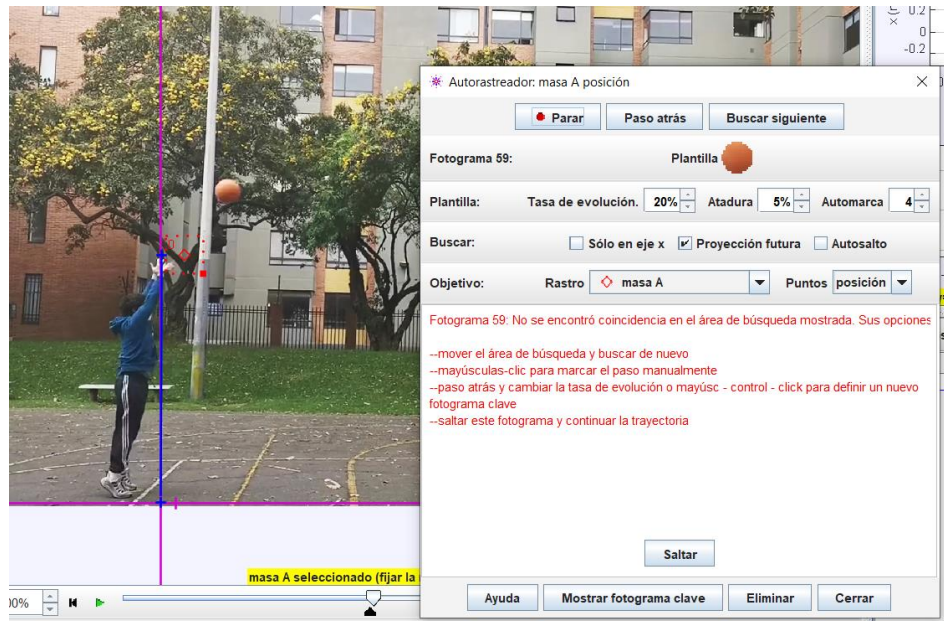
Conclusiones

Recomendaciones

Bloque 4. Problemas comunes y soluciones en el uso del software Tracker

4.1 Problemas presentados en el software

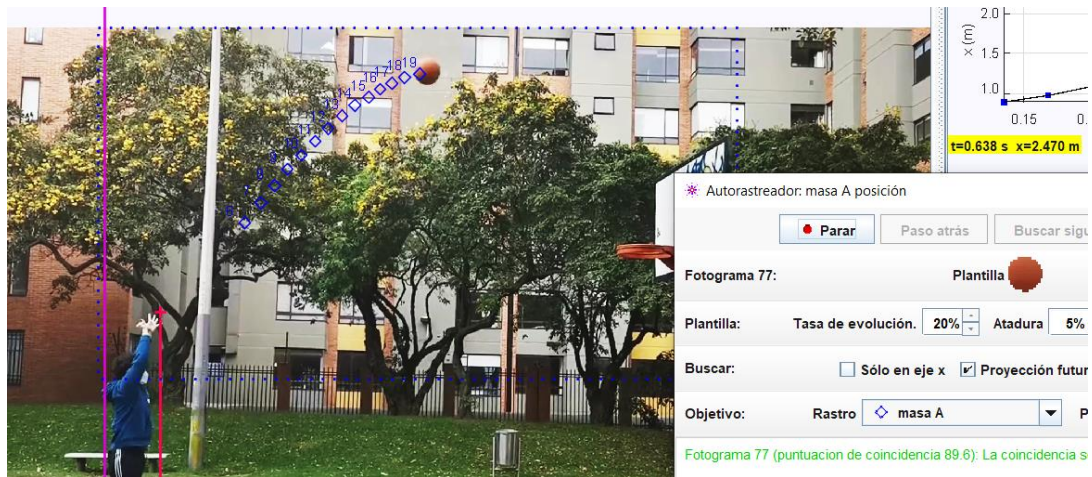
Si bien el software permite analizar videos de objetos en movimiento, también puede presentar ciertos errores. Estos no se deben a fallos en los cálculos automáticos, sino al seguimiento del objeto. Por ejemplo, si el color del objeto es similar al del fondo del video, el autotracker puede confundirse, detenerse o marcar puntos incorrectos. A continuación, se muestra un ejemplo de este tipo de error.



4.2 Soluciones para los problemas presentados

Entre las soluciones que pueden ayudar a evitar el problema presentado se encuentra el uso del seguimiento manual. En este caso, por cada fotograma que avanza el video, el usuario puede ir colocando manualmente la pista que representa la trayectoria seguida por el objeto.

Otra alternativa es ampliar el área de seguimiento. Aunque esta opción puede mejorar la obtención de datos, es importante tener en cuenta que el proceso se vuelve más lento en la lectura del movimiento, lo que se refleja de la siguiente manera:



Como se evidencia se agrandó el rango de seguimiento y por tanto se tuvo una mejor precisión del movimiento, cabe recalcar que esto puede demorar un poco más, pero es parte de la solución.

Referencias

- Borja Solano, M. P. (2023). El Uso de las Tic en la Educación: Una Aproximación a la Educación Digital Pospandemia en el Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 14308–14328. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5911
- Brown, D., Christian, W., & Hanson, R. M. (2025). *Tracker. Video Analysis and Modeling Tool. Open Source Physics*. <https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>
- Díaz Guevara, D. C., & Cala Vitery, F. (2014). Análisis de videos y modelado de sistemas físicos sencillos como estrategia didáctica. *Revista Digital Educación En Ingeniería*, 9(18), 190–200. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/464>
- Granados Maguiño, M. A., Romero Vela, S. L., Rengifo Lozano, R. A., & García Mendocilla, G. F. (2020). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/34297>. *Revista Venezolana de Gerencia*, 1809–1823. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i92.34297>
- Hernández Ferreira, A., & González Castillo, Y. (2024). Uso del software Tracker para el estudio de los procesos transitorios de carga y descarga en el circuito RC de corriente directa. *Revista Educación En Ingeniería*, 19(37), 1–7. <https://doi.org/10.26507/rei.v19n37.1237>
- Meléndez Rivera, M. S., Silva Rivera, M. del P., Cortés Padilla, R., & Jaimes Estrada, O. J. (2022). Retos y problemas en la pedagogía digital: Una experiencia desde la educación superior. *RIESED. Revista Internacional de Estudios Sobre Sistemas Educativos*, 3(13), 407–432. <https://www.riesed.org/index.php/RIESED/article/view/162>
- Otero Arévalo, H. R., Collazos Morales, C., Isaza Ceballos, J. J., Pimienta Giraldo, M., & Pedraza Vega, L. (2018). *Uso del software Tracker como apoyo en la estrategia de enseñanza del análisis de la dinámica de los cuerpos*. 109. <https://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci/article/view/40>