

Publicación Cuatrimestral. Vol. 7, No 1, Enero/Abril, 2022, Ecuador (p. 37-50). Edición continua
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>
revista.bdlaciencia@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i1.3388>

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE FENÓMENOS FÍSICOS MEDIANTE VIDEO ANÁLISIS

César Michelena^{1*}, Xavier Rivera¹, Santiago Alvaro¹

¹Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Físicas y Matemática, Quito, Ecuador. Ecuador. E-mail:
cmichelena080@puce.edu.ec, xriverag@puce.edu.ec, sjalvaro@puce.edu.ec

*Autor para la correspondencia: cmichelena080@puce.edu.ec

Recibido: 19-04-2021 / Aceptado: 22-09-2021 / Publicación: 1-1-2022

Editor Académico: Luis Rodríguez

RESUMEN

El trabajo desarrollado pretende dar a conocer a los estudiantes de primer nivel de las carreras de Ingeniería, Biología, Química y Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Quito, el proceso de utilización del Tracker video análisis en la realización de prácticas de laboratorio de Física. El propósito de este trabajo se fundamenta en el concepto de utilización de herramientas tecnológicas para el aprendizaje, tal como sugiere la UNESCO. El método de investigación utilizado para el estudio de los movimientos se fundamenta en la observación y registro de la trayectoria de los cuerpos de prueba. Con los resultados obtenidos, se concluye que el estudio de los fenómenos físicos utilizando herramientas tecnológicas mejora el proceso de enseñanza aprendizaje.

Palabras clave: Tracker video análisis, herramienta tecnológica, experimentación, movimiento, trayectoria.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PHYSICAL PHENOMENA THROUGH VIDEO ANALYSIS

ABSTRACT

The present work aims to let the first year students of the engineering, biology, chemistry and medicine careers at the Pontifical Catholic University of Ecuador (Quito's branch) know about the process involving the use of the Tracker-video-analysis tool for physics' laboratory practices. The aim of this work is based on the concept of the use of technological tools for learning, as suggested by UNESCO. The research methods used for the study of the laws of movements is based on the observation and recording of the trajectory of the test bodies. With the results obtained, it is concluded that the study of physical phenomena using technological tools improves the teaching-learning study process.

Keywords: Tracker video analysis, Technological tool, Experimentation, Movement, Trajectory.



Análise experimental de fenômenos físicos por meio de análise de vídeo

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar aos estudantes de primeiro ano dos cursos de Engenharia, Biologia, Química e Medicina da Pontifícia Universidade Católica do Equador, Quito, o processo de utilização do Rastreador nas práticas experimentais de Física. O objetivo deste trabalho é baseado no conceito de utilização de ferramentas tecnológicas para o aprendizado, como sugerido pela UNESCO. O método de pesquisa utilizado para estudar os movimentos é fundamentado na observação e registro da trajetória dos corpos de prova. Com os resultados obtidos, concluímos que os estudos dos fenômenos físicos com a utilização de ferramentas tecnológicas melhora o processo de ensino e aprendizagem.

Palavras chave: Rastreador de análise de vídeo, ferramenta tecnológica, experimentação, movimento, trajetória.

Citación sugerida: Michelena, C., Rivera, X., Alvaro, S. (2022). Análisis experimental de fenómenos físicos mediante video análisis. Revista Bases de la Ciencia, 7(1), 37-50 DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i1.3388>



1. INTRODUCCIÓN

La desconexión física de alumnos y docentes con los laboratorios en tiempos actuales requiere de una inmediata aplicación de nuevas tecnologías para mantener el nivel de excelencia del proceso enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto, es imperativo que los docentes utilicen herramientas tecnológicas que ayuden a promover la enseñanza de la física teórica como el desarrollo de las prácticas de laboratorio; esta debe ser coherente con las particularidades de estudiantes y docentes. El aprendizaje y manejo de las herramientas tecnológicas para el estudio de la Física facilita la comprensión de los contenidos (Cevallos, Lucas, Paredes, & Tomalá, 2020). Por otra parte, la UNESCO, agencia especializada del Sistema de Naciones Unidas para cinco grandes campos vitales para el desarrollo humano y sostenible: educación, ciencias naturales, ciencias sociales y humanas, cultura y comunicación e información, en su informe de 2016 indica que la educación debe ser científica y obligatoria, donde asegure a todos los estudiantes aprendizajes de calidad. Se deben utilizar nuevas herramientas tecnológicas para el aprendizaje y reconocer que la educación científica debe ampliar sus fronteras (UNESCO, 2016). Considerando los anteriores puntos de vista, el trabajo tiene como propósito, definir el proceso de utilización del Tracker video análisis, los pasos básicos para su manejo y el desarrollo de una práctica de laboratorio de física mediante la utilización de la guía de laboratorio. La técnica aplicada en el desarrollo de la guía de laboratorio permite realizar el seguimiento, registro y análisis de la aceleración del cuerpo.

Fundamentados en la exploración literaria se encontró trabajos contemporáneos y representativos concernientes a la utilización del Tracker, al servicio y estudio de la Física. Tal es el caso del artículo académico, “Uso de las TIC para el estudio del movimiento: algunos experimentos didácticos con el software Tracker”, muestra una experiencia relacionada con el uso del video análisis en la Enseñanza de la Física, a través del programa gratuito Tracker. Presenta el análisis, modelación y resultados relacionados con una actividad experimental sobre movimiento parabólico. En este contexto, se presenta al análisis de video a través del Tracker como un ejemplo de Tecnología de la Información y comunicación (TIC). La finalidad de este trabajo es motivar a los estudiantes para que puedan convertirse en agentes centrales y activos en actividades experimentales filmando experimentos, obteniendo y procesando sus respectivos datos (Lenz, Saavedra, & Bezerra, 2014).

El trabajo de titulación de tercer nivel, “Diseño de un modelo metodológico innovador de prácticas de Laboratorio de Física en aula virtual”, desarrolla una investigación de herramientas tecnológicas como el LabVIEW, Tracker y sensores utilizados en el desarrollo de experimentos físicos, así como herramientas virtuales. A través de este trabajo se concluye que las herramientas de aprendizaje como laboratorios y aulas virtuales son componentes metodológicos que fomentan la participación activa de los estudiantes (Tobar, 2020)

El artículo “Estudio de las oscilaciones amortiguadas de un péndulo físico con la ayuda del Tracker”, presenta los resultados y análisis de las medidas del momento de inercia de un listón. El experimento se filmó con un teléfono inteligente y los datos se analizaron utilizando el software gratuito Tracker y Qtiplot. De la comparación de resultados obtenidos con las herramientas tecnológicas concluyen que el “Tracker” es una plataforma de estudio de movimiento con muchos recursos que permite un ajuste más preciso de funciones en el análisis de datos (Bonventi & Aranha, 2015)

El propósito del artículo “Uso de Tracker para Análisis y Modelado de Datos Experimentales en Laboratorios Tradicionales de Física” es dar a conocer los múltiples beneficios del uso de programas computacionales y simuladores durante las clases magistrales y actividades de laboratorio para el análisis y tratamientos de problemas como estrategia de enseñanza. Además, se muestran algunas aplicaciones de Tracker para el análisis y mediciones de magnitudes físicas estudiadas en clases y actividades experimentales. Este artículo muestra que la implementación del Tracker en los análisis de actividades experimentales de física ayuda a mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, facilitando la conexión de las imágenes reales a problemas teóricos (Dominguez, 2015).

El artículo “Metodología para favorecer el desempeño investigativo experimental mediante el análisis de videos con Tracker”, publicado en la revista REDIPE Red Iberoamérica de Pedagogía propone una metodología del uso del Tracker como guía de acción para favorecer el desarrollo de la competencia experimental en base a los conocimientos abordados en clase. Este artículo investigativo concluye que la utilización del Tracker facilita la aplicación de representaciones gráficas, matemáticas y numéricas a problemas y datos de fenómenos reales (Abeleira, Vásquez, & Peña, 2016)

El artículo académico denominado “Tracker: Una herramienta para el Análisis y Modelado del Movimiento de Objetos en el Laboratorio de Dinámica”, caracteriza la cinemática de un objeto en movimiento en dos y tres dimensiones. La metodología aplicada permite la extracción de datos de posición, velocidad y aceleración del objeto. De este trabajo se concluye que el Tracker es una herramienta útil y práctica que permite a los estudiantes de laboratorio nuevas formas de entender, describir, explicar y predecir fenómenos físicos (Mondragón, 2018, pág. 7)

En relación a los trabajos citados se destaca la utilización del Tracker en la mecánica y dinámica de los cuerpos. El artículo presentado en la revista brasileña de Ensino de Física fortalece la idea de utilizar el Tracker como herramienta tecnológica debido a sus múltiples beneficios. De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada se puede mencionar que en Ecuador la utilización del Tracker aún no es generalizado para el desarrollo de prácticas de laboratorio en la materia de física, no obstante, se encontró trabajos relacionados con el uso del software Tracker para el desarrollo de tesis de grado de tercer y cuarto nivel académico. Estas investigaciones centran su interés en estudios concernientes

a temas de cinemática e inclusive a temas relacionados al diagnóstico, seguimiento y rehabilitación de pacientes con problemas en la estructura anatómica del cuerpo humano. En este sentido, se cita las siguientes investigaciones.

La investigación “Fiabilidad de la técnica de vídeo-análisis en el análisis cinemático de la flexo-extensión del cuello”, determina la fiabilidad de la técnica de video análisis “Tracker” aplicada al estudio cinemático del movimiento de flexo-extensión del cuello. Los datos fueron obtenidos a partir de marcadores técnicos y anatómicos ubicados en siete pacientes sanos, con tres sesiones de toma de datos por sujeto. El análisis conllevó a obtener datos característicos de dicho movimiento, como el rango de movimiento, velocidad angular, aceleración angular y el eje instantáneo de rotación. El modelo cinemático aplicado fue del eje helicoidal aproximado con desplazamientos finitos e infinitesimales. Con esta investigación se concluye que el Tracker constituye una herramienta de soporte y ayuda en el diagnóstico y seguimiento de la condición y rehabilitación de un paciente (Ruiz, 2018, pág. 113)

El objetivo principal del proyecto de investigación, “Modelo dinámico de los movimientos del flexo extensión cervical del cuello humano, basado en pares de rodadura”, se fundamenta en realizar un análisis de movimiento del flexo extensión cervical en el plano sagital, mediante datos experimentales de aceleración instantánea obtenidos a través del análisis de video. Los resultados obtenidos en la investigación son considerados como cálculos preliminares que servirán de apoyo en el estudio dinámico del cuello humano en futuras investigaciones (Escobar, 2017)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Procedimiento generalizado para la caracterización del movimiento en el Tracker

Tracker es un paquete de licencia libre que permite el análisis de video, posee características de seguimiento de objetos, posición, velocidad y aceleración. Permite construir gráficas de las variables en función del tiempo y realizar ajuste de curvas con modelos de curvas conocidas (Mondragón, 2018, pág. 4). Para caracterizar el movimiento de un objeto mediante el Tracker, se requiere grabar en video el movimiento del objeto y cargar el video en el Tracker. En la ventana principal del Tracker, dar clic en abrir y seleccionar el video. Para el caso en estudio se utiliza un video de un objeto en movimiento en un plano horizontal. Se define el eje de coordenadas, por defecto el eje de coordenadas aparece en el centro de la ventana de trabajo. Con ayuda del mouse se arrastra el origen de coordenadas al punto inicial del movimiento y se orienta el eje. El eje de interés es el “x”. El procedimiento generalizado para la caracterización del movimiento en el Tracker se muestra en la **Figura 1**.

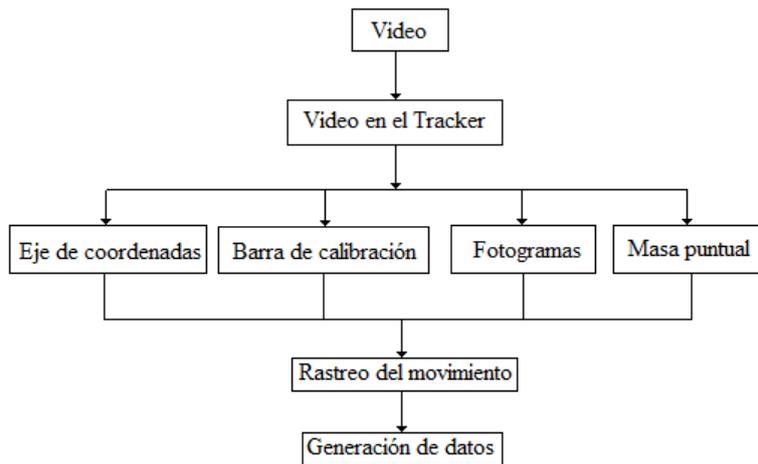


Figura 1. Proceso para caracterización del movimiento en el Tracker.

Fuente: Elaboración propia.

En el plano del video se coloca previamente un objeto con una longitud conocida, con la finalidad de insertar la barra de calibración en el plano del movimiento. En el icono de acceso directo de la vara de calibración ubicado en la barra de herramientas, al dar clic aparece en la parte inferior una serie de instrucciones en un recuadro de color amarillo. Esta acción permite definir los extremos y digitar el valor de la longitud del objeto conocido. Ver **Figura 2**.

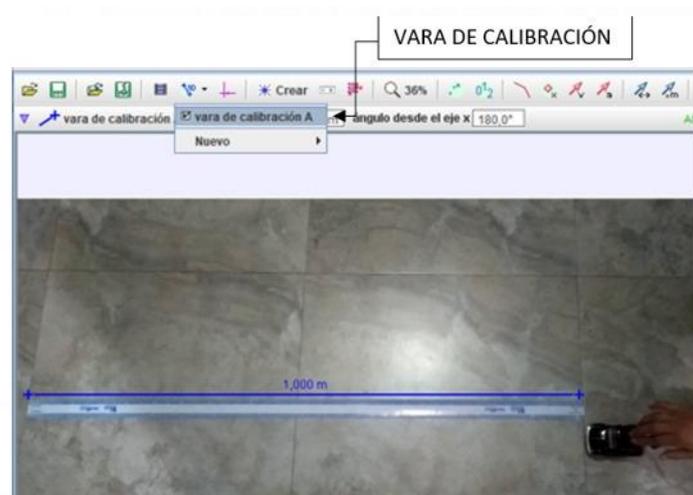


Figura 2. Ventana principal del Tracker –Inserción de la vara de calibración.

Fuente: Elaboración propia.

La ventana principal del Tracker muestra el número de fotogramas que conforma el video. Mediante la barra deslizante se define la sección del video que se analizara. Paso seguido se define la masa puntual, mediante la cual se realiza el rastreo manual del cuerpo en movimiento. La funcionalidad del Tracker se fundamenta en mostrar fotogramas del movimiento. En cada fotograma se define un punto de referencia del cuerpo a través de la combinación de las teclas Shift + enter. Mientras se

realiza el rastreo del movimiento se va generando por defecto la tabla de datos en la parte inferior derecha de la ventana de trabajo del Tracker. Ver **Figura 3**.

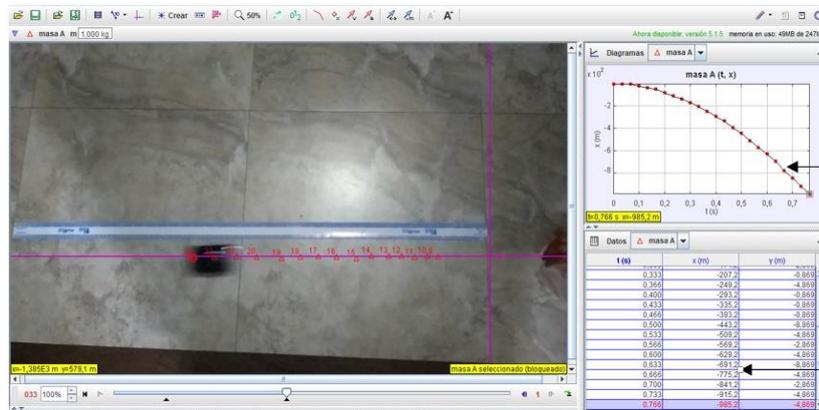


Figura 3. Ventana principal del Tracker – Eje de coordenadas y rastreo del móvil en movimiento.

Fuente: Elaboración propia.

En esta fase del trabajo se aplica el concepto de exactitud y precisión para señalar la posición del cuerpo en cada fotograma, procurando que cada registro sea exacto y preciso, como se muestra en la **Figura 4**. La exactitud se refiere a la cercanía de la posición real y la precisión hace referencia de la proximidad de la posiciones (Allum & Talbot, 2016) . El método utilizado en este trabajo es la observación directa. Este tipo de metodología presenta errores de observación debido a imperfecciones en los sentidos del observador, distracciones o tendencias nerviosas (Sevilla, 1993)

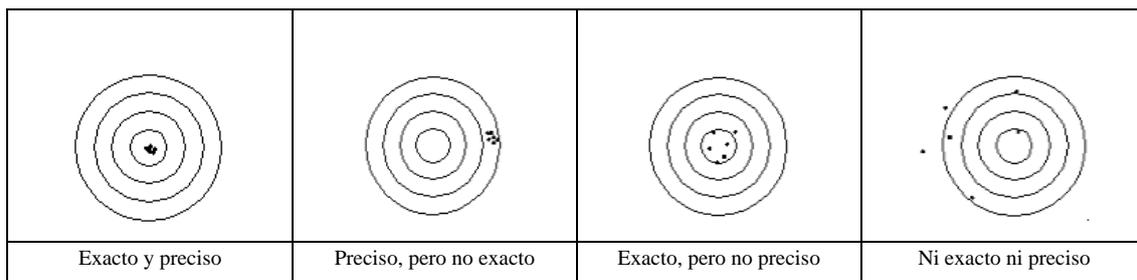


Figura 4. Diferencias entre precisión y exactitud (Allum & Talbot, 2016).

2.2. Análisis de la aceleración del objeto en movimiento

2.2.1. Metodología de análisis de los parámetros iniciales del movimiento a través de la curva posición en función del tiempo

Una característica singular del Tracker es que el tiempo entre fotogramas es constante. Por cada

fotograma se registran seis posiciones, fundamentado en la exactitud y precisión con el objetivo de minimizar el error provocado por la observación directa. La repetitividad de la toma de datos está ligado a la capacidad de obtener medidas fiables de un experimento bajo los mismos parámetros y condiciones (Ruiz, 2018, pág. 26). Para estudiar un fenómeno físico es preciso que previamente la información sea recopilada en una tabla de valores numéricos.

Dada la serie de mediciones $x_1, x_2, x_3, \dots, \dots, x_n$, la mejor estimación de la magnitud medida es el promedio aritmético, efectuadas en las mismas condiciones. El cálculo promedio de la posición, se realiza mediante la expresión matemática (1). Para establecer los valores promedios de velocidad y aceleración se utiliza la misma expresión.

$$x_p = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

La representación e interpretación de datos para que sea factible describirla, se muestra por medio de una gráfica. La herramienta ofimática utilizada para establecer el grafico, es una hoja de Excel. Ver **Figura 5**.

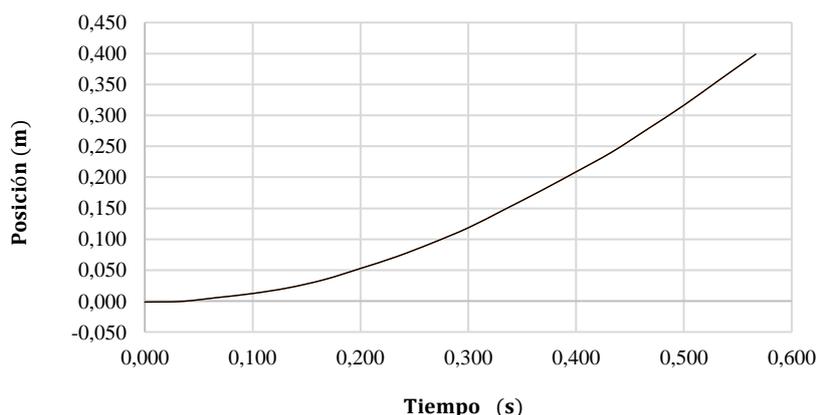


Figura 5. Posición en función del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

A través de la representación gráfica se puede estudiar las características del movimiento, en general se puede expresar los valores registrados por medio de una ecuación. Dicha ecuación es la representación matemática del movimiento.

Mediante las herramientas de Excel se elige la línea de mejor tendencia para los datos expresados en la Figura 5. Se comprueba que la línea de tendencia que más se ajusta a los datos corresponde a una curva de grado dos y se representa por medio de la ecuación (2).

$$y = 1,153x^2 + 0,065x - 0,004 \text{ (m)} \quad (2)$$

En la ecuación (2), el eje de las ordenadas está representada por la variable (y), que corresponde al

desplazamiento, la unidad de medida es el metro. El eje de las abscisas representada por la variable (x) corresponde al tiempo, la unidad de medida es el segundo.

La curva que representa la ecuación (2) es característica del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Este tipo de movimiento representa el desplazamiento de una partícula en una línea recta con aceleración constante (Vallejo & Zambrano, 2010, pág. 99). La posición del cuerpo según la teoría del movimiento rectilíneo uniformemente variado está representada por la ecuación (3).

$$x = x_0 + v_0 * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \text{ (m)} \quad (3)$$

En relación a la ecuación (3), x representa la posición del cuerpo en cualquier instante; x_0 la posición del cuerpo en el instante inicial. (v) Representa la velocidad del cuerpo en cualquier instante, (v_0) la velocidad en el instante inicial. (a) representa la aceleración del cuerpo, donde su valor permanece constante y distinto de 0. (t) representa el intervalo de tiempo (Young & Freedman, 2009, pág. 50). Considerando que los enunciados anteriores hacen referencia a un mismo movimiento y características, se puede aplicar el **método comparativo** de término a término entre las ecuaciones (2) y (3). De esta manera se logra obtener los parámetros cuantitativos iniciales del movimiento.

| | |
|-------------------|--|
| Posición inicial | $x_0 = -0.004 \text{ (m)}$ |
| Velocidad inicial | $v_0 = 0.065 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$ |
| Aceleración | $a = 2.306 \text{ (ms}^{-2}\text{)}$ |

2.2.2. Metodología de análisis de los parámetros iniciales del movimiento con su respectiva incertidumbre a través de la curva velocidad en función del tiempo

De manera lógica se podría pensar que el Tracker debería generar el mismo número de fotogramas con datos útiles de posición, velocidad y aceleración para el análisis. Pero contrario a esta idea el Tracker genera por defecto, para este caso 18 fotogramas para la posición, 17 para la velocidad y 14 para la aceleración. Debido a esta cualidad que presenta el Tracker, para el análisis de la velocidad se utiliza los 17 fotogramas a través de los cuales se extrae la información cuantitativa de la velocidad.

En la **Figura 6**, el eje de las ordenadas está representado por la velocidad promedio (v_p), la unidad de medida es el metro por segundo. El eje de las abscisas está representado por el tiempo, la unidad de medida es el segundo.

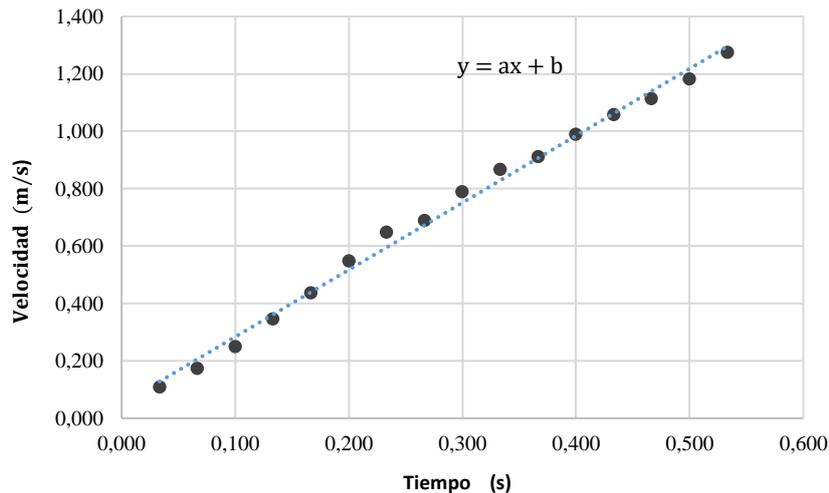


Figura 6. Velocidad en función del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

De manera intuitiva y aplicando la observación directa se establece que la línea de tendencia que muestra la **figura 6**, es una recta de la forma $y = ax + b$. En este caso no se ha utilizado las herramientas adicionales de Excel para establecer la línea de tendencia o ecuación que representa la curva.

Para establecer una ley física que permita predecir la evolución de un sistema es necesario conocer el tipo de relación que hay entre las variables involucradas y representarlas matemáticamente, este objetivo se logra a través de la experimentación. Considerando lo anterior, se afirma que el tipo de curva que se aprecia en la **Figura 6** es lineal por lo tanto se concluye que existe una relación directamente proporcional entre la velocidad y el tiempo. Bajo esta condición se aplica el método de mínimos cuadrados para determinar los valores de los parámetros. El método de ajuste por mínimos cuadrados consiste en obtener una recta de regresión lineal que minimiza los residuos (Diferencia entre los valores reales y los estimados por la recta (Molina, 2020).

Para determinar los coeficientes **cuantitativos** de a y b que forman parte de la ecuación general de la recta $y = ax + b$, se utiliza las ecuaciones (4) y (5). Las ecuaciones están relacionadas con los parámetros de tiempo y velocidad, tal es así que x_i , representa valores iésimos del tiempo, y_i representa los valores iésimos de la velocidad promedio.

$$\bar{b} = \frac{\sum x_i \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i^2 \sum y_i}{(\sum x_i)^2 - N \sum x_i^2} \quad (4)$$

$$\bar{a} = \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i - N \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - N \sum x_i^2} \quad (5)$$

En la ecuación de la recta $y = ax + b$, el término a representa la pendiente de la recta. La pendiente de la recta simboliza la variación de la velocidad en relación al tiempo $\Delta v/\Delta t$, a esto se le conoce como aceleración. Por lo tanto al determinar el parámetro a , se está definiendo la aceleración del cuerpo. Aplicando las ecuaciones (4) y (5) se obtiene que $a = 2.336$ y $b = 0.050$, siendo b el punto de corte de la recta con el eje de las ordenadas, el mismo que representa la velocidad inicial.

El método de mínimos cuadrados es una técnica que permite ajustar los datos en una función continua con un mínimo de errores. Esto no quiere decir que no hay error en esta aproximación. Por lo tanto, todo ajuste o medición se debe expresar con su respectiva incertidumbre. Para establecer la incertidumbre de a y de b utilizamos las expresiones (7) y (8). Considerando que en toda medición se encuentra una diferencia o desviación entre ambos miembros de la ecuación $y = ax + b$. Esta diferencia se llama residuo e_i , el cual se determina en cada punto mediante la ecuación (6).

$$e_i = b + ax_i - y_i \quad (6)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{(\sum x_i)^2 - N \sum x_i^2}} \quad (7)$$

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N}} * \sigma_a \quad (8)$$

Aplicando las ecuaciones (6), (7), (8), se determinan los parámetros a y b con sus respectivas incertidumbres. Aceleración, $a = 2.336 \pm 0.04 \text{ (ms}^{-2}\text{)}$, velocidad inicial, $b = 0.050 \pm 0.01 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$

2.2.3. Metodología de análisis gráfico de la aceleración en función del tiempo

La aceleración de un objeto es una magnitud que indica el cambio de velocidad en una unidad del tiempo (Colucio, 2021). En referencia al enunciado anterior los cambios de velocidad son representados por aceleraciones instantáneas a lo largo del movimiento. La gráfica aceleración (instantánea) en función del tiempo que se muestra en la **Figura 7**, presenta variaciones y aparentemente no corresponde a una constante en el tiempo. En los textos de física al abordar el concepto de movimiento rectilíneo uniformemente variado se indica que el valor de la aceleración tiene un valor constante en el tiempo, pero en la experimentación se demuestra que el valor de la aceleración tiene cambios a lo largo del tiempo. Por tanto, la aceleración a la cual se hace referencia en los textos es a la aceleración media que se obtiene en el desplazamiento del objeto.

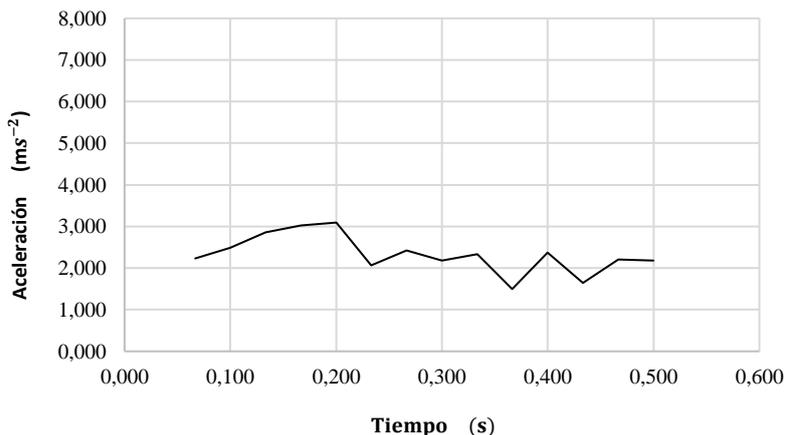


Figura 7. Aceleración en función del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones de aceleración que presenta la **Figura 7** no son significativas y su valor oscila alrededor de un valor central por esta razón para obtener la aceleración del sistema se calcula la aceleración media, dando como resultado un valor de $2,328 \text{ ms}^{-2}$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar los parámetros de posición, velocidad y aceleración se fundamenta en la utilización del Tracker video análisis. La información registrada y los datos proporcionados por el Tracker más los conceptos teóricos del movimiento, herramientas matemáticas y el Excel se lograron establecer los parámetros del movimiento, que se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Resultados de los parámetros determinados aplicando las tres metodologías de análisis.

| | |
|--|--|
| Metodología de análisis de los parámetros iniciales del movimiento a través de la curva posición en función del tiempo. | Posición inicial: $x_0 = -0.004 \text{ (m)}$ Velocidad inicial: $v_0 = 0.065 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$ Aceleración: $a = 2.306 \text{ (ms}^{-2}\text{)}$ |
| Metodología de análisis de los parámetros iniciales del movimiento con su respectiva incertidumbre a través de la curva velocidad en función del tiempo. | Velocidad inicial: $b = 0.050 \pm 0.01 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$ Aceleración: $a = 2.336 \pm 0.04 \text{ (ms}^{-2}\text{)}$ |
| Metodología de análisis gráfico de la aceleración en función del tiempo. | Aceleración: $a = 2,328 \text{ (ms}^{-2}\text{)}$ |

El estudio de los fenómenos físicos utilizando el software permite una mejor comprensión de estos, considerando que no requiere que el estudiante asista a un laboratorio para desarrollar las diferentes

prácticas. Además, se está utilizando una herramienta tecnológica de software libre, con la cual los estudiantes pueden familiarizarse sin mayor dificultad.

La presente práctica permite estudiar el MRUV con el programa Tracker Video Análisis, la aplicación brinda la posibilidad de realizar la práctica con objetos que disponemos en nuestro hogar como son, una canica, un riel una pelota. El programa permite obtener las diferentes gráficas como son posición vs tiempo, velocidad vs tiempo, aceleración vs tiempo de una manera muy próximas a la realidad. En el desarrollo de la práctica, también se hace énfasis a la incertidumbre, además se utiliza el programa Excel para mejorar las gráficas obtenidas en el Tracker utilizando la teoría de errores.

Los resultados obtenidos indican una gran precisión y exactitud, además promueven en el estudiante el trabajo colaborativo; como también el uso del video análisis despierta el interés de la física en los estudiantes.

4. CONCLUSIONES

La herramienta Tracker video análisis sustituye el requerimiento de equipo de laboratorio de Física, potencia el aprendizaje de la Física de manera experimental, es de fácil acceso a todos los estudiantes, por ser gratuita. Fortalece las habilidades investigativas de los estudiantes, quienes pueden generar distintos modelos de una misma temática e interrelacionarlos para obtener las leyes y conclusiones del fenómeno que se está analizando. De esta manera se aprovecha el aporte que las nuevas tecnologías ofrecen al contexto educativo para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se ejecutó una práctica representativa del MRUV capturando el movimiento del objeto en un video, para ser procesado y analizado con el programa. Se diseñó una guía metodológica con instrucciones de uso del Tracker y los pasos para desarrollar la experimentación. La metodología planteada mejora el enfoque tradicionalista del aprendizaje de la Física.

5. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

6. REFERENCIAS

- Abeleira, J. L., Vásquez, N., & Peña, C. R. (2016). Metodología para favorecer el desempeño investigativo experimental. *Dianet*, 5(5), 1-6. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6064458>
- Allum, J., & Talbot, C. (2016). Física. En J. Allum, *Física* (pág. 9). Vicens Vives.
- Bonventi, W., & Aranha, N. (2015). Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do “Tracker”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(2). doi:<https://doi.org/10.1590/S1806-11173721728>

- Cevallos, J., Lucas, X., Paredes, J., & Tomalá, J. (2020). Uso de herramientas tecnológicas. *Revista Ciencias Pedagógicas*, 7(2), 1. doi:<https://doi.org/10.26423/rcpi.v7i2.304>
- Colucio, E. (16 de Julio de 2021). *Concepto de aceleración*. (Etecé, Editor) Recuperado el 4 de 6 de 2020, de <https://concepto.de/aceleracion/>
- Dominguez, M. (14 de 06 de 2015). *REVISTA DE LA ESCUELA DE FISICA UNAH*, 4(2), 64-69. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <https://www.camjol.info/index.php/fisica/article/view/8279/8498>.
- Escobar, M. Á. (2017). *Modelo dinámico de los movimientos de flexo extensión cervical del cuello humano, basado en pares de rodadura*. Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17173>
- Lenz, J. A., Saavedra, N. C., & Bezerra, A. G. (2014). Utilização de TIC para o estudo do movimento. (P. minas, Ed.) *ABAKÓS*, V2(n2), 1,2. doi:<https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2014v2n2p24>
- Molina, M. (17 de junio de 2020). *Anestesiario*. Obtenido de La distancia más corta. El método de los mínimos cuadrados: <https://anestesiario.org/2020/la-distancia-mas-corta-el-metodo-de-los-minimos-cuadrados/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20los%20m%C3%ADnimos%20cuadrados%20se%20utiliza%20para%20calcular,de%20regresi%C3%B3n%20con%20este%20m%C3%A9todo>.
- Mondragón, J. A. (2018). *Una herramienta para el Análisis y Modelado del Movimiento de Objetos en el laboratorio de Dinámica*. Puebla: Universidad Iberoamericana Puebla. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3822>
- Ruiz, C. (Marzo de 2018). *Fiabilidad de la técnica de video análisis cinemático de la flexo-extensión del cuello*. Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19341>
- Sevilla, M. (1993). Teoría de errores de observación. *Física de la tierra*(5), 3-4. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/13269-Texto%20del%20art%C3%ADculo-13349-1-10-20110601.PDF
- Tobar, C. P. (2020). *Diseño de un modelo metodológico innovador de prácticas de Laboratorio de Física en aula virtual*. Universidad de Especialidades Espiritu Santo. Recuperado el 30 de 07 de 2020, de <http://repositorio.uees.edu.ec/123456789/3201>
- UNESCO. (2016). La Ciencia para el desarrollo sostenible. (C. española, Ed.) *CILAC*, 10.
- Vallejo, P., & Zambrano, J. (2010). *Física Vectorial*. Ecuador, Quito, Ecuador: RODIN.
- Young, H., & Freedman, R. (2009). *Física Universitaria* (Décimo segunda ed., Vol. 1). Mexico, México: Pearson.

Contribución de Autores

| Autor | Contribución |
|-----------------|--|
| Cesar Michelena | Concepción y diseño del artículo, metodología, revisión, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información |
| Xavier Rivera | Concepción y diseño del artículo, metodología, revisión, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información |
| Santiago Alvaro | Concepción y diseño del artículo, metodología, revisión, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información |