



Diseño y elaboración de una propuesta didáctica para obtener la fuerza y el coeficiente de fricción cinética en un plano inclinado mediante el software Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education

Yolanda Benítez Trejo[#], Omar Vladimir Martínez Lujan*

RESUMEN

El procedimiento experimental de esta actividad se basa en realizar el descenso de un cuerpo sobre un plano inclinado desde una altura determinada considerando ángulos pequeños y la toma de un video del movimiento obtenido. Posteriormente el video se transfiere a la computadora y mediante el programa de *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education* se obtiene la ecuación de movimiento tiempo-posición y se usa el valor de la aceleración de la localidad en el eje x para calcular el coeficiente de fricción cinética y la fuerza de fricción correspondiente. Se presentan los resultados del experimento y su análisis, llegando a la conclusión de que es posible aplicar esta propuesta didáctica teórico-experimental en los alumnos con la finalidad de mejorar su aprendizaje sobre del tema. Todo se genera para trabajar en un modelo de aprendizaje híbrido.

ABSTRACT

Resumen. Se debe incluir un resumen el cual debe contener brevemente el planteamiento del problema, la solución propuesta y los resultados obtenidos.

Debe contar con un abstract, el cual será el mismo resumen, pero en el idioma inglés.

Palabras clave: fuerza de fricción cinética, coeficiente de fricción cinética, diseño de experimentos en Mecánica, fuerza de fricción en un plano inclinado, modelo híbrido de aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

La *cinemática de la partícula* estudia la trayectoria del movimiento de una partícula; esto es, determina su posición, velocidad y aceleración en la línea recta, plano o el espacio. Un caso particular es el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) de un cuerpo que se desplaza libremente sobre un plano inclinado. Las principales características del MRUA son: el movimiento siempre transcurre a lo largo de una línea recta, la aceleración del móvil es constante, tanto en magnitud como en dirección y sentido,

la velocidad cambia linealmente y la aceleración se mantiene constante. En esta actividad de aprendizaje se calculan el coeficiente de fricción y la fuerza de fricción cinéticos en un riel sobre el cual se coloca un carro de baja fricción, utilizando las ecuaciones del movimiento MRUA, la Segunda Ley de Newton y el software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool*. El conocimiento adquirido servirá para la resolución de problemas que involucren el movimiento de un cuerpo sobre un plano inclinado en la clase teórica.

JUSTIFICACIÓN

A partir de la contingencia de salud pasada, se percibe claramente que ésta afectó a los estudiantes de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de las carreras de Ingeniería y se identifica que vienen con conocimientos muy deficientes, de ahí que nace la necesidad de diseñar una actividad de aprendizaje que permita trabajar en un modelo híbrido de aprendizaje que integre la tecnología y las necesidades de mejora educativa. se espera que los conceptos básicos del movimiento de los cuerpos sean claros, tomando en cuenta que los estudiantes han pasado materias como la Estática y las evaluaciones correspondientes al curso de Cinemática y Dinámica en las carreras de ingeniería, pero no hay nada más lejos de la realidad, ya que algunos conceptos tanto del reposo como del movimiento de los cuerpos no han sido asimilados de forma correcta y no pueden aplicar los conocimientos a entornos diferentes, estos errores persisten a lo largo de cursos subsecuentes. Al finalizar el curso algunos de los estudiantes se pueden convertir en docentes; lo cual es preocupante con esos conocimientos fallidos pues el ciclo de desconocimiento se repite nuevamente. Para solucionar el problema algunos profesores proponen realizar ejercicios una y otra vez, y afirman que con la “práctica” se aprende, opinión muy aceptada a la fecha y nadie plantea cambiar el proceso de aprendizaje; sin embargo, con el método tradicional de enseñanza no se logra un aprendizaje significativo en la mayor parte de los estudiantes y no lo pueden aplicar a entornos diferentes. Por esta razón en esta investigación se pretende apoyar a los alumnos cambiando la metodología de aprendizaje hacia un ambiente de aprendizaje híbrido, con la finalidad de corregir y mejorar la formación de los estudiantes.

MATERIALES Y EQUIPO

Una computadora con sistema operativo Windows, iOS, u otro. Software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool*.

Un carro PASCO de baja fricción, o un carrito que sea lo más estable posible en su desplazamiento (p. ej. Hot Wheels).

[#] Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de Física. Dra. en Ciencias en Física Educativa. ybenitez@unam.mx.

* Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica. Estudiante de Ingeniería, Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica. vladimir_lujan@comunidad.unam.mx.



Software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool* (Douglas, Wolfrang, & Hanson, 2003).

Una cámara de video o celular de cualquier tipo (iOS, Android o cualquier otro).

Un tripié o superficie estable para poner el celular o cámara de video.

Una cinta métrica, regla, flexómetro o escuadra graduada.

Masking Tape.

Un riel de aluminio con accesorios PASCO, o un riel de madera, hierro, aluminio o cualquier otro material.

Un tornillo de banco o algo para sujetar el riel de forma fija.

Una balanza de cocina o de la tienda de la esquina o una balanza granataria.

Un nivel de burbuja o nivel digital (aplicación del celular).

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una actividad de aprendizaje para que el alumno obtenga de forma experimental el coeficiente de fricción cinético y calculará la fuerza de fricción correspondiente de un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado, aplicando la ecuación de posición experimental del MRUA, la Segunda Ley de Newton y el software *Tracker video and Analysis and Modeling Tool for Physics Education* para aplicarlo a la resolución de problemas de movimiento de la partícula con estas características.

DESARROLLO TEÓRICO

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado

Un movimiento uniformemente acelerado es aquél cuya aceleración es constante. Si se tiene la velocidad en función del tiempo, se obtiene la posición del móvil en un instante de tiempo t . Las ecuaciones de movimiento correspondientes son:

$$a = a_c \quad (1)$$

$$v = v_0 + a_c t \quad (2)$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_c t^2 \quad (3)$$

De manera física, se dice que la aceleración se mantiene constante a lo largo del tiempo, la velocidad instantánea cambia su módulo de manera uniforme; es decir, aumenta o disminuye en la misma cantidad por cada unidad de tiempo.

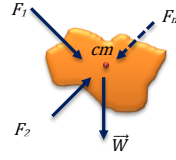
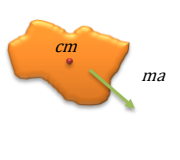
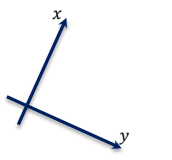
Segunda Ley de Newton

Para resolver ejercicios de movimiento curvilíneo de la partícula algunas veces es necesario aplicar los *principios de la dinámica* o *Leyes de Newton*. Estos son axiomas por los que se rige el movimiento de una partícula o sistema de partículas, fueron recopilados por Newton, basándose en los trabajos de Galileo, en sus *Principia Mathematica*. A saber, las ecuaciones representativas son:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{a}_i \quad (4)$$

Sus diagramas de cuerpo libre y cinemático se observan en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1. Elementos de análisis para la solución de problemas con la 2ª Ley de Newton (Benítez Trejo, Actividad 5. Segunda Ley de Newton, 2023).

$\sum \vec{F}$	$m\vec{a}$	(x, y)
Diagrama de cuerpo libre	Diagrama Cinemático	Sistema de Coordenadas Cartesiano
		
Representa al miembro de la izquierda de la ecuación y muestra la <i>fuerza resultante</i> sobre el cuerpo.	Representa al miembro de la derecha de la ecuación y muestra el efecto de la <i>fuerza resultante</i> que se ejerce sobre un cuerpo.	Sirve para establecer los signos de las componentes rectangulares.

PROCEDIMIENTO

Procedimiento Experimental

Plano inclinado con fricción

El procedimiento se basa en realizar el descenso de un cuerpo sobre un plano inclinado desde una altura determinada (considerar ángulos pequeños, menores de 10°) y tomar el video de este movimiento, con alguna medida de referencia; tal como, una regla, cinta de sastre, flexómetro o cualquier herramienta de medición.

El armado del dispositivo puede realizarse con elementos de su entorno o en el laboratorio de física, como se muestra en las figuras 1 y 2.

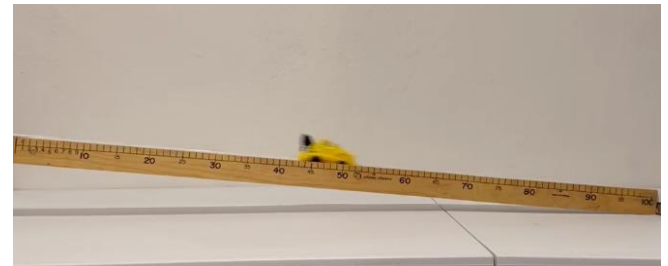


Figura 1. Montaje Cuerpo sobre plano inclinado casero (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023).

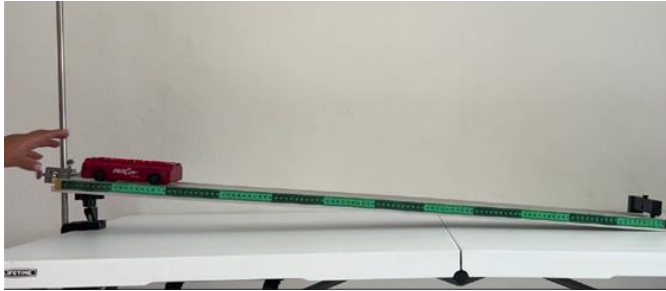


Figura 2. Montaje experimental del plano inclinado, en laboratorio (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023).

Se toma el video y se pasa a la computadora para utilizar el *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education* en análisis de movimiento del carro de baja fricción, teniéndose los resultados que se muestran en la figura 3.

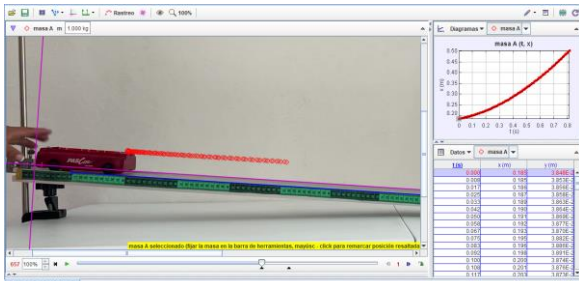


Figura 3. Fotograma del seguimiento de la trayectoria de posición (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023).

Una vez que se tienen los valores numéricos de tiempo y posición en las tablas del software *Tracker*, se copian y pasan al programa de Excel y se elabora la gráfica posición-tiempo (x,t) como se observa en la figura 4, junto con su ecuación del gráfico.

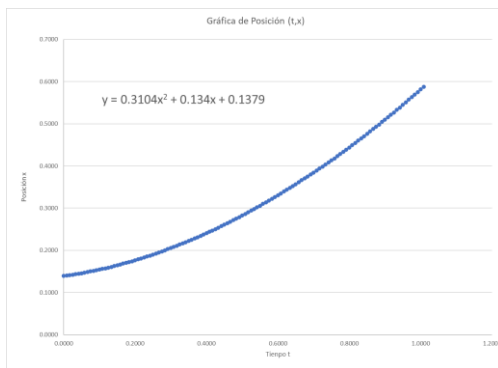


Figura 4. Gráfica de posición en Excel (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023).

Para encontrar primero el coeficiente de fricción cinético escribir el valor de

$$\frac{1}{2}at^2$$

Que se reporta en la expresión matemática experimental de posición para el eje x (ver la gráfica de Excel). Calcular y escribir el valor de aceleración a , el cual sería la aceleración en el eje x .

$$\frac{1}{2}a_x t^2 = 0.3104t^2$$

$$\frac{1}{2}a_x = 0.3104$$

$$a_x = (0.3104)2$$

La aceleración experimental de un carro de baja fricción en descenso es:

$$a_x = 0.6208 \text{ m/s}^2$$

Procedimiento teórico

Plano inclinado sin fricción

Se dibuja el diagrama de aceleraciones, como en la figura 5, con la finalidad de calcular la aceleración sin fricción del cuerpo sobre el riel de deslizamiento, de esta forma la aceleración en el eje x del cuerpo deslizándose sobre el riel.

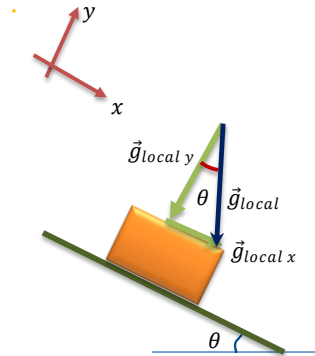


Figura 5. DCL de un cuerpo sobre un plano inclinado, sin fricción (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023)..

Con el diagrama anterior, se calcula la aceleración sin fricción en el eje x del cuerpo en descenso, con los datos de inclinación del experimento, a saber:

$$\text{sen}\theta = \frac{g_{localx}}{g_{local}}$$

$$g_{localx} = g_{local}\text{sen}\theta$$

$$a_x = g_{local}\text{sen}\theta$$

$$a_x = 9.76\text{sen}3.7^\circ$$



La aceleración resultante del cuerpo en descenso sin fricción es:

$$a_x = 0.6298 \text{ m/s}^2$$

Plano inclinado con fricción

Para calcular la aceleración del carro de baja fricción en descenso, se elabora el DCL y el diagrama cinemático del cuerpo descendiendo sobre un plano inclinado, considerando la fuerza de fricción. Rotar los ejes dirigiendo el eje x en el sentido del movimiento, paralelo al plano inclinado.

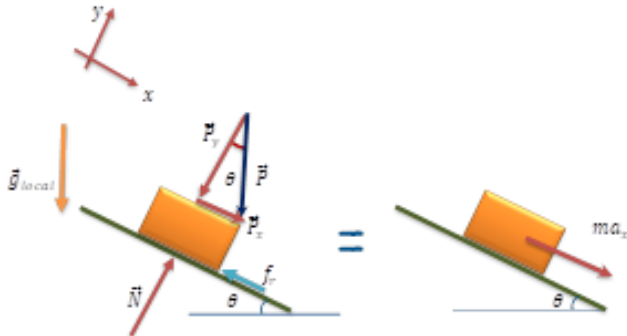


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre (DCL) y diagrama cinemático (DC) de un cuerpo sobre un plano inclinado (Benítez Trejo, Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado, 2023).

Análisis y Discusión de Resultados

Dado que en el análisis del movimiento en descenso del carro de baja fricción se considera nulo, se anotan los resultados de aceleración en el eje x y la fuerza de fricción y coeficiente de fricción en la Tabla 3.

Para el cálculo de la fuerza y coeficiente de fricción cinéticos que se presenta de forma experimental con un movimiento real, es necesario elaborar el DCL y el DC como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Aplicación de la Segunda Ley de Newton.

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE		DIAGRAMA CINEMÁTICO
DCL		DC
$\sum_{i=1}^n f_x$	=	$\sum_{i=1}^n ma_{xi}$

$$a_x = 0.6208 \text{ m/s}^2$$

La sumatoria de fuerzas en el eje y es cero, por lo tanto, no hay movimiento en esa dirección y no hay aceleración en dirección de este.

$$\begin{aligned} a_y &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum ma_y &= 0 \end{aligned}$$

Considerando que no existe movimiento en el eje y , se tiene que la sumatoria de fuerzas en este es cero. Se calcula el valor de la fuerza normal.

$$\sum F_y = N - P_y = 0$$

Despejando N

$$N = P_y$$

El peso del cuerpo es

$$\begin{aligned} P &= mg_{local} \\ P &= 0.495(9.76) \\ P &= 4.8312 \text{ N} \\ P_y &= P \cos \theta \\ P_y &= 4.8312 \cos 3.7^\circ \end{aligned}$$

El valor del peso en el eje y es

$$P_y = 4.8211 \text{ N}$$

El valor de la fuerza normal es

$$\begin{aligned} N &= P_y \\ N &= 4.8211 \text{ N} \end{aligned}$$

Con el diagrama de cuerpo libre de la figura 6, se realiza el análisis cinético en el eje x , utilizando la Segunda Ley de Newton, se logra valor del peso en el eje x y de la fuerza de fricción cinética, mediante la sumatoria de fuerzas en el eje x ; por último, se determina el valor de fuerza normal utilizando los resultados del proyecto.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= \sum ma_x \\ P_x - f_c &= ma_x \end{aligned}$$

Despejando el valor del peso en el eje x .

$$\begin{aligned} P_x &= P \sin \theta \\ P_x &= 4.8241 \sin 3.7^\circ \end{aligned}$$

La componente del peso en el eje x es

$$\begin{aligned} P_x &= 0.3113 \text{ N} \\ \sum F_x &= ma_x \\ P_x - f_c &= ma_x \end{aligned}$$



Sustituyendo los valores

$$\begin{aligned}0.3113 - f_c &= 0.495(0.6208) \\0.3113 - f_c &= 0.3073\end{aligned}$$

Despejando la fuerza de fricción cinética se obtiene

$$\begin{aligned}-f_c &= 0.3073 - 0.3113 \\-f_c &= -0.004 N\end{aligned}$$

El valor de la fuerza de fricción cinética es

$$f_c = 0.004 N$$

El coeficiente de fricción cinético en el plano inclinado aplicando la fuerza de fricción cinética es,

$$f_c = \mu_c N$$

Despejando el coeficiente de fricción y sustituyendo los valores.

$$\begin{aligned}\mu_c &= \frac{f_c}{N} \\ \mu_c &= \frac{0.004}{4.8211}\end{aligned}$$

El valor numérico del coeficiente de fricción cinético es:

$$\mu_c = 0.0008$$

Se muestran en la Tabla 3. el coeficiente y la fuerza de fricción cero cuando no se toma en cuenta la fricción entre superficies; sin embargo, en la parte experimental, la cual es la réplica del movimiento, se observa que hay una disminución de la aceleración del cuerpo sobre el eje x, debido a la presencia de una fuerza de fricción mínima.

Tabla 3. Comparación de valores de un cuerpo sobre un plano inclinado.

	Aceleración en eje x a_x	Fuerza de fricción cinética f_c	Coeficiente de fricción cinético μ_c
Teórica sin fricción	0.6298 m/s^2	0 N	0 N
Experimental con fricción.	0.6208 m/s^2	0.004 N	0.0008

Para el caso de que los estudiantes realicen su proyecto en casa, los valores del coeficiente y la fuerza de fricción cinéticos serán mucho más altos debido a las superficies y materiales que se utilicen para la experimentación. El análisis numérico deberá ser exactamente el mismo que se realizó anteriormente.

Esta actividad de aprendizaje forma parte de otras que están diseñadas para su uso con los estudiantes de ingeniería de las

carreras de IME, ITSE, Ing. Industrial, Ing. Agrícola e Ingeniería en Alimentos; entre otras, y se encuentran en una plataforma de Moodle (figura 7) que contiene un aula virtual para que los estudiantes tengan acceso a los contenidos. Para cada una de las actividades diseñadas se cuenta con el marco teórico sobre el tema que se está trabajando, direcciones de Internet útiles para el aprendizaje y un espacio para la entrega de los resultados obtenidos de la experimentación. También se tienen los medios de comunicación síncronos y asíncronos para resolver las dudas e intercambiar ideas. Todo el material está diseñado para cubrir el modelo de aprendizaje híbrido. Si se desea tener acceso a estos materiales pueden comunicarse con los autores en los correos de referencia.

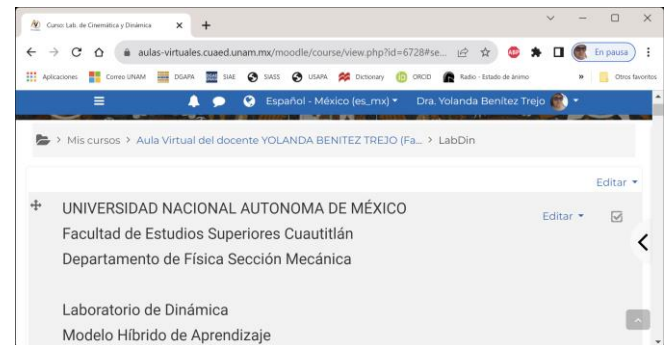


Figura 7. Aula virtual para el laboratorio de Dinámica en modelo híbrido de aprendizaje.

CONCLUSIONES

El objetivo principal fue “Diseñar una actividad de aprendizaje para que el alumno obtenga de forma experimental el coeficiente de fricción cinético y calculará la fuerza de fricción correspondiente de un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado, aplicando la ecuación de posición experimental del MRUA, la Segunda Ley de Newton y el software *Tracker video and Analysis and Modeling Tool for Physics Education* para aplicarlo a la resolución de problemas de movimiento de la partícula con estas características”. Éste se cubrió en su totalidad, pues los resultados indican que la secuencia de actividades dio como resultado la fuerza y coeficiente de fricción cinéticos con y sin fricción.

Esta propuesta didáctica se puede desarrollar en modalidad híbrida de aprendizaje, pues las características de experimentación permiten realizar todos los pasos con materiales caseros y con el apoyo que se encuentra en una plataforma de Moodle, en la cual se encuentran materiales y procedimientos para el efecto, se pueden revisar, con o sin apoyo de un docente y se entregan en la misma aula virtual los trabajos realizados por los estudiantes, para su posterior evaluación. La finalidad del diseño de esta actividad con el apoyo de Moodle es que si un estudiante no puede acudir a clase presencial por motivos de cualquier índole, puede revisar los materiales que se encuentran en la red y realizar su trabajo por sí mismo para entregarlo y recibir posteriormente; por el mismo medio, su evaluación. Es importante tomar en cuenta que en una



modalidad híbrida para el aprendizaje los estudiantes podrán tomar la clase vía Zoom y hacer preguntas en forma sincrónica en el momento de la sesión de clase; o bien, por medio de otros canales de comunicación asincrónicos como en el foro de dudas de la plataforma.

La propuesta cuenta con una rúbrica de evaluación en la cual se indican los puntos a valorar dentro de la actividad, se busca cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, el seguimiento de la mejora continua; así como, contiene los criterios de calidad de la Norma ISO 9001:2015 y se hace aplicación del atributo educativo AE3 CACEI MR2018. Si alguien quiere hacer revisión de los contenidos, favor de comunicarse con los autores.

Es importante mencionar que la actividad experimental se aplicó a por lo menos en 5 semestres y los estudiantes que estuvieron involucrados resolviendo la propuesta apoyaron con el diseño de la misma indicando las partes que no eran claras para ellos, la redacción de la misma y sugerencias. Normalmente el diseño de actividades experimentales se realiza solo por profesores y no se involucra a los estudiantes que son el fin de las mismas, el aplicarlas y pedir sugerencias ha sido del todo valioso, ya que ellos son los que sufren lo que los profesores hacemos, el permitirles involucrarse los hace más receptivos al aprendizaje y surgen ideas que otras veces no se habían considerado, enriqueciendo la actividad de los grupos de trabajo.

Hay que considerar que los espacios en este artículo no son del tamaño adecuado para presentar los contenidos de los materiales diseñados en su totalidad, pues abarcan una gran cantidad de elementos de estudio para profesores y estudiantes. La propuesta cuenta con los siguientes materiales diseñados para su uso por docentes y estudiantes.

- i. Propuesta didáctica para obtener la fuerza y el coeficiente de fricción cinéticos en un plano inclinado mediante el software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education* – Alumno.
- ii. Propuesta didáctica para obtener la fuerza y el coeficiente de fricción cinéticos en un plano inclinado mediante el software *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education* – Profesor.
- iii. Marco teórico de Coeficiente de Fricción y Segunda Ley de Newton.
- iv. Direcciones de Internet para apoyo al marco teórico.
- v. Rúbrica de evaluación.

TRABAJO A FUTURO

En un artículo posterior se presentarán los resultados de la aplicación de esta actividad y el aprovechamiento y dificultades de aprendizaje que han tenido los estudiantes, este artículo es un primer paso el cual consiste en el diseño y experimentación, presentación de resultados y análisis de los mismos, el resultado final de la investigación educativa se presentará en un trabajo posterior y seguramente se harán algunos ajustes en su diseño, para mejorar los resultados del aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán ha proporcionado los elementos para elaborar la propuesta didáctica mediante el Proyecto PAPIME PE107322. También se agradece las observaciones de los estudiantes de los diversos semestres que apoyaron el trabajo resultante.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer, F., Johnston, E., Cornwell, P., & Self, B. (2017). *Mecánica Vectorial para Ingenieros Dinámica* (11 ed.). México: Mc. Graw Hill.
- Benítez Trejo, Y. (27 de 07 de 2023). *Actividad 5. Segunda Ley de Newton. Manual de Laboratorio de Dinámica para modalidad de aprendizaje híbrido, 1a. Edición*, 5. (U. N. México, Ed.) Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Benítez Trejo, Y. (2023). *Actividad 6. Fuerza y Coeficiente de Fricción Cinética en un Plano Inclinado. Manual de Laboratorio de Dinámica para modalidad de aprendizaje híbrido, 1a. Edición*, (U. N. México, Ed.) Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brown, D. (2020, 05 14). *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education*, 5.1.5. Retrieved 09 08, 2020, from <https://physlets.org/tracker/>
- Cañas, A., & Novak, J. (2009, 09 28). *¿Qué es un Mapa Conceptual?* Retrieved 05 13, 2022, from <https://cmap.ihmc.us/docs/mapaconceptual.php>.
- Douglas, B., Wolfrang, C., & Hanson, R. (2003). *Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education*. Retrieved from <https://physlets.org/tracker/>.
- Florida Institute for Human & Machine Cognition. (2018, 17 11). *Cmap Tools*. Retrieved 08 17, 2020, from <https://cmap.ihmc.us/>.
- Hibbeler, R. C. (2016). *Mecánica Vectorial para ingenieros Dinámica* (14 ed.). México: Pearson.
- MRUA y Tracker 1. (n.d.). Retrieved 04 01, 2021, from YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=VafxP_c48YQ.
- MRUA y Tracker 2. (n.d.). Retrieved 04 01, 2021, from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=EArm2Gdmln8>.
- MRUA y Tracker 3. (n.d.). Retrieved 04 01, 2021, from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=cJtOki8M7OE>.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Yolanda Benítez Trejo. Ingeniera Mecánica Electricista por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ingeniería Metal-Mecánica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Dra. en Ciencias en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional.

Omar Vladimir Martínez Lujan. Pasante de la Licenciatura en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica en la Universidad Nacional Autónoma de México.