

# INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES ASISTIDAS POR VIDEO ANÁLISIS: UN EJEMPLO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA UNIVERSITARIA

## EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ASSISTED BY VIDEO ANALYSIS: AN EXAMPLE IN THE UNIVERSITY PHYSICS TEACHING

*José Luis Abeleira Ortíz, Noelio Vázquez Vargas*

Departamento Matemática Física. Universidad de Las Tunas, Cuba

E-mail: [joseluis, noelio]@ult.edu.cu

(Enviado Octubre 31, 2018; Aceptado Diciembre 05, 2018)

### **Resumen**

El video análisis es un recurso informático que puede ofrecer la solución a las serias restricciones asociadas principalmente a problemas de tiempo, costo o seguridad que se encuentran al incluir investigaciones experimentales en la enseñanza de la Física Universitaria. Aunque constituye una potente herramienta para abordar el estudio de temas de mecánica y óptica, su empleo requiere de mayor difusión fundamentalmente en el área de la didáctica. En el presente trabajo se propone una metodología para el diseño, ejecución y evaluación de investigaciones experimentales asistidas por video análisis en la enseñanza de la Física Universitaria. Además, se ejemplifica la metodología propuesta en la solución de una actividad que exige la determinación del coeficiente de amortiguamiento de un sistema cuerpo resorte. A partir de conocimientos previamente abordados en clases, los estudiantes obtienen independientemente un nuevo conocimiento al concluir una investigación experimental.

**Palabras clave:** *Video Análisis, Metodología, Enseñanza de la Física Universitaria.*

### **Abstract**

Video analysis is an informatics tool that could offer a solution to complex constrains mainly regarding with time, cost or safety that are encountered when experimental researches are included in the University Physics teaching. Regardless video analysis is a powerful tool to teach mechanical and optical topics, its use requires more diffusion principally in Didactics of Physics. In the current article, a methodology to design, execution and evaluation of experimental activities assisted by video analysis during University Physics teaching is proposed. In addition, the proposed methodology is exemplified, to solve an activity, which demands the measurement of damped coefficient of a mass-spring system. Based on previous knowledge, the students independently learn a new content at the end of an experimental research.

**Keywords:** *Video Analysis, Methodology, University Physics Teaching.*

## 1 INTRODUCCIÓN

Las causas del insuficiente desempeño que alcanzan los estudiantes durante la ejecución de investigaciones experimentales han sido limitadas con criterios diferentes y se asocian a: la pobre atención a la formación de modelos mentales asociados a los procedimientos investigativos experimentales [1]; que las prácticas de laboratorio se conciben como “recetas” que transmiten una visión deformada de la ciencia [2]; la insuficiente atención a los estilos de aprendizaje de los alumnos [3] y en nuestro criterio, el insuficiente aprovechamiento didáctico de los recursos informáticos.

Estas tecnologías han transformado sustancialmente el proceso de enseñanza-aprendizaje al modificar los entornos docentes que posibilitan la interacción colaborativa y cooperativa entre los sujetos que intervienen en él; ha provisto al profesor de nuevos métodos y procedimientos de enseñanza y al estudiante de

herramientas para la construcción de sus conocimientos y formación de habilidades profesionales, redimensionando la manera de planificar, orientar, ejecutar y controlar el trabajo independiente [4]

La introducción de recursos informáticos en la investigación experimental en el aula encierra grandes potencialidades, principalmente como herramienta de búsqueda de información y la asimilación de nuevos contenidos. Particularmente las plataformas interactivas pueden emplearse efectivamente para la asignación de tareas cognoscitivas que estimulen la actividad mental de los estudiantes, como aquellas para el descubrimiento independiente de lo nuevo [5].

Su empleo para el desarrollo de la actividad experimental en la enseñanza de la Física Universitaria, ha transitado desde una expansión de su uso como medios de enseñanza mediante simulaciones y procesamiento de datos a una intensificación de sus funciones como

herramienta imprescindible para obtener, procesar y comunicar la información experimental [6].

Entre los recursos informáticos más utilizados para el desarrollo de la actividad experimental en Física se encuentran los instrumentos de medición virtuales, los recursos para la obtención y procesamiento de datos experimentales, y los recursos para el video análisis [7]. Hoy en día es posible encontrar una variedad de plataformas apropiadas para hacer análisis de videos. *Tracker* es un *software* de distribución libre programado en el lenguaje *Java*. Incluye entre sus características el seguimiento de objetos, puntos de calibración, líneas de perfil para el análisis del espectro, patrones de interferencia, la construcción de modelos dinámicos y cinemáticos de partículas entre otras [8].

Además, tiene una interfaz amigable y por su versatilidad puede ser empleado como un recurso para resolver actividades experimentales diseñadas con orientación investigativa. Otro de sus beneficios es que permite visualizar en tiempo diferido múltiples representaciones de la información asociada a un fenómeno real (video, tablas de datos, gráficas y fórmulas matemáticas).

Los estudiantes pueden analizar los clips de video propuestos por el profesor, importar clips de videos de otras fuentes o producir sus propios clips de video. La imagen del clip los lleva a tomar conciencia que pueden desarrollar investigaciones experimentales de fenómenos reales en un entorno virtual, lo que contribuye a la motivación por la actividad.

Para contribuir al desarrollo de la competencia investigación experimental se propone la ubicación del estudiante en un contexto que le exija la aplicación del procedimiento investigativo experimental para la obtención de un nuevo conocimiento haciendo uso del video análisis. Para ello el proceder del docente y el diseño de las actividades elaboradas con esta intención deben complementarse.

## 2 DESARROLLO

La competencia investigación experimental puede ser clasificada como una competencia específica de los estudiantes de ciencias experimentales y en el nivel universitario clasifica además como una competencia laboral propia de estas especialidades. Se asume la definición de competencia específica investigación experimental aportada por Álvarez [3] como:

“...aquella que encuentra o desarrolla información que complementa la suministrada en la disciplina, que aporta un valor añadido a temas que se hayan o no tratado previamente y que represente la apropiación de procedimientos investigativos suficientes para aplicarlos en las clases prácticas de laboratorio de física al determinar la ley física o propiedad en estudio.”

Este autor también define como procedimiento investigativo experimental:

“aquel proceso que partiendo del problema en estudio se predice la evolución del mismo y se elabora el diseño investigativo experimental requerido para la solución del referido problema, ello demanda la utilización de equipos, instrumentos y accesorios así como de diferentes recursos tecnológicos lo cual aportará la información pertinente, ésta será analizada con los recursos necesarios, debiendo el estudiante comunicar de forma oral y escrita los resultados alcanzados lo cual permitirá reestructurar o sistematizar el conocimiento que posee y como expresión del desempeño investigativo experimental alcanzado.”

Este procedimiento didáctico es coherente con la lógica del método científico y su ejecución no desestima el empleo de recursos informáticos. Parte como toda investigación de la exploración de una problemática, la emisión de hipótesis y el diseño del experimento (al menos una idea mental de lo que se va a realizar). Estos tres primeros momentos son en lo fundamental lo que distinguen a una actividad con cierta orientación investigativa de una tradicional “tipo receta”.

Como desempeño investigativo experimental debemos entender aquella manifestación de la disposición, la comprensión y la actuación del estudiante para alcanzar los resultados necesarios al ejecutar una investigación experimental.

Es necesario aclarar que la intención de incluir el video análisis en el proceso no es la de restringir el número de actividades prácticas de laboratorio propuestas en el programa de la asignatura, sino ofrecer una variante que aproveche las potencialidades de este recurso informático y permita sistematizar en una variedad de situaciones el procedimiento investigativo experimental desde cualquier tipo de clases o desde el trabajo extraclase.

La metodología propuesta está estructurada en las siguientes etapas: planificación de la actividad, orientación-motivación, ejecución y evaluación. Estas etapas responden al orden cronológico de su desarrollo en el proceso de enseñanza. Veamos qué aspectos tener presente al transitar por cada una.

## 3 METODOLOGÍA PROPUESTA

Durante la planificación de la actividad para el desarrollo de las clases el profesor debe hacer un análisis de los objetivos del año, las potencialidades del análisis de videos con *Tracker* y el diagnóstico de las habilidades experimentales e informáticas de los estudiantes.

También es conveniente hacer una distribución del grupo en equipos de dos o tres estudiantes con estilos de aprendizajes diferentes para favorecer un desempeño similar entre todos los integrantes. Garantizar las condiciones materiales necesarias incluye una computadora por equipo de estudiantes con *Tracker*

previamente instalado y el banco de videos a analizar, estos pueden ser facilitados por el profesor o filmados por los propios alumnos con una cámara digital.

Para el diseño de la orden o enunciado de las actividades se tendrán en cuenta las acciones del procedimiento investigativo experimental por las que debe transitar el alumno durante su solución. Éstas deben contener un problema, dar la posibilidad al alumno de hacer predicciones del fenómeno en estudio y permitirle efectuar su verificación experimental a partir del análisis de video.

Teniendo en cuenta el tiempo de estudio de la asignatura, el profesor considerará la inserción de las actividades en las clases correspondientes. Mediante el desarrollo de demostraciones frontales o el análisis de videos en conferencias o clases prácticas es posible beneficiar la comprensión de los modos de actuación científico investigativo y contribuir a establecer relaciones con el contexto de investigación.

La etapa de orientación-motivación se corresponde con el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje y de acuerdo a los resultados del diagnóstico realizado por el profesor, puede concretarse en diferentes clases o sesiones de entrenamiento previo, para desarrollar habilidades en el uso de *Tracker*. También es recomendable facilitar a los estudiantes algunos tutoriales que orienten sobre las acciones básicas para operar con este recurso y familiaricen a los estudiantes con la interfaz gráfica del programa.

Desde el desarrollo de las conferencias el profesor demuestra cómo operar teniendo en cuenta las acciones del procedimiento investigativo experimental. A partir de un problema planteado limita lo conocido y lo desconocido, plantea una hipótesis y transita a su verificación o refutación, dejando aspectos no abordados en la clase que serán objeto de estudio de manera individual por los estudiantes y que se concretarán en las actividades asignadas a los distintos subgrupos de estudiantes.

Para motivar hacia el estudio de los nuevos temas el profesor puede auxiliarse de las interacciones estudiante-profesor y estudiante-estudiante, lo que garantiza un ambiente de discusión y participación en torno a las problemáticas que posteriormente constituirán objeto de investigación experimental por los estudiantes.

La ejecución de la actividad no tiene que ubicarse necesariamente en una clase práctica de laboratorio, puede ser orientada como actividad independiente, de profundización o generalización al concluir un sistema de clases, durante el desarrollo de una clase práctica o se puede ejecutar como parte del trabajo extraclase.

En cualquiera de los casos la actividad independiente de los alumnos debe primar, aunque pueden recibir ciertos niveles de ayuda del docente atendiendo a la complejidad de la tarea y al desarrollo alcanzado para operar con *Tracker*. Organizados en equipos los estudiantes siguen el

procedimiento investigativo experimental referido anteriormente para la obtención, análisis, procesamiento y presentación de los resultados, para ello deben:

- Limitar el problema a resolver. (de ser necesario)
- Predecir la evolución del fenómeno en estudio.
- Seleccionar las variables independientes y dependientes.
- Adoptar el uso de constantes físicas medidas por otros investigadores.
- Obtener los datos experimentales a partir del análisis del video con *Tracker*.
- Procesar los datos experimentales, de ser necesario en los casos que exijan análisis estadísticos de mayor complejidad pueden hacer uso de hojas de cálculo de *Excel* u otro disponible.
- Determinar la ley física o propiedad en estudio, inferidas a partir de la obtención de la mejor recta de ajuste a los datos experimentales.
- Analizar los resultados, lo que debe conllevar a la verificación o refutación de la hipótesis y considerar la incertidumbre de las mediciones.
- Elaborar el informe de la investigación y su entrega en el tiempo acordado.

Durante la obtención de los datos experimentales y el análisis de los resultados los alumnos interactúan más con los recursos informáticos, los equipos y accesorios del laboratorio. Posteriormente el alumno debe orientarse hacia la comparación de los resultados con la hipótesis y con el modelo teórico, esta acción es decisiva para arribar a conclusiones de la actividad que tendrá que comunicar de manera escrita y oral.

La evaluación se desarrolla a través de todo el proceso. El docente evalúa las evidencias del desempeño de los estudiantes no solo por lo reflejado en la memoria escrita del informe, sino también por la autopreparación de los miembros del equipo, la síntesis en la presentación de los resultados, la correspondencia de los resultados obtenidos con la teoría y la coherencia que se revela en el proceder investigativo experimental. También se debe favorecer la coevaluación y la autoevaluación a través de preguntas metacognitivas.

Una evaluación adecuada del proceso debe contemplar, además, los cambios de dirección que realizan los estudiantes en cualquier momento de la investigación experimental, así como la justificación para decidir dichos cambios de dirección, si se impone un orden rígido a este proceso que es de naturaleza interactiva y desordenada, se atenta contra la creatividad de los estudiantes.

#### 4 EJEMPLIFICACIÓN EN UNA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

La actividad se incluye en la asignatura Física General I, correspondiente al segundo año académico de la carrera Física y durante el estudio del tema "Oscilaciones Mecánicas". Entre los objetivos generales de la asignatura

se propone caracterizar cualitativa y cuantitativamente las oscilaciones mecánicas que tienen lugar en diferentes sistemas.

Desde la introducción del tema es posible emplear *Tracker* para determinar los factores de los que dependen las oscilaciones mecánicas en diferentes sistemas. Su uso en las conferencias o clases prácticas puede contribuir a la sistematización del proceder investigativo experimental y motivar hacia el estudio de nuevas relaciones no reveladas. Por ejemplo, al estudiar las oscilaciones amortiguadas se puede abordar el contenido de manera parcial, dejando intencionalmente algunas lagunas en el conocimiento que el estudiante debe adquirir por medio de la investigación experimental posteriormente. En este caso el profesor garantiza el tratamiento a los siguientes conceptos y fundamentos físicos.

Se llama amortiguación de las oscilaciones su debilitamiento paulatino con el tiempo, debido a la pérdida de energía en el sistema oscilante. La causa de este fenómeno se debe fundamentalmente al rozamiento y la excitación de ondas elásticas en el medio circundante [9]. Durante las oscilaciones amortiguadas, la ecuación de la posición o elongación en función del tiempo para coeficientes de amortiguamientos ( $\beta$ ) relativamente pequeños se puede escribir de la forma:

$$x = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi) \quad (1)$$

Donde  $A$  es la amplitud de las oscilaciones o el valor máximo de la elongación,  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  es la frecuencia de las oscilaciones,  $\beta = \frac{r}{2m}$  es el coeficiente de amortiguamiento,  $r$  es el coeficiente de rozamiento viscoso,  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$  es la frecuencia propia y  $\phi$  es la fase inicial.

Gráficamente la Ecuación 1 sería el resultado de la superposición del gráfico de una función exponencial y una función armónica. Nótese que la amplitud de las oscilaciones disminuye en la medida que transcurre el tiempo.

El decremento logarítmico es una magnitud física que nos da la medida de cuanto disminuye  $x$  al transcurrir un período, para esto sería necesario encontrar la siguiente razón (Ecuación 2).

$$\frac{x(t)}{x(t+T)} \quad (2)$$

La posición para un tiempo  $t$  se puede determinar por la Ecuación (3).

$$x(t) = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi) \quad (3)$$

La posición al transcurrir un período sería la mostrada en la Ecuación 4.

$$x(t+T) = Ae^{-\beta(t+T)} \cos[\omega(t+T) + \phi] \quad (5)$$

Utilizando estas dos últimas ecuaciones, su relación nos queda de la siguiente manera:

$$\frac{x(t)}{x(t+T)} = \frac{Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi)}{Ae^{-\beta(t+T)} \cos[\omega(t+T) + \phi]} \quad (6)$$

Como la función *coseno* es una función periódica es válida la siguiente igualdad.

$$\cos(\omega t + \phi) = \cos[\omega(t+T) + \phi] \quad (7)$$

Por lo que nos queda,

$$\frac{x(t)}{x(t+T)} = \frac{e^{-\beta t}}{e^{-\beta(t+T)}} = \frac{e^{-\beta t}}{e^{-\beta t} e^{-\beta T}} = e^{\beta T} \quad (8)$$

Tomando el logaritmo natural de la razón encontrada obtenemos lo siguiente,

$$\ln \frac{x(t)}{x(t+T)} = \beta T \quad (9)$$

Haciendo

$$\lambda = \ln \frac{x(t)}{x(t+T)} \quad (10)$$

$$\lambda = \beta T \quad (11)$$

Pero teniendo en cuenta la ecuación del coeficiente de amortiguamiento, nos queda:

$$\lambda = \frac{r}{2m} T \quad (12)$$

Esta es una ecuación lineal que se puede escribir de la forma,

$$y = Mx \quad (13)$$

Donde la pendiente es,

$$M = \frac{r}{2m} \quad (14)$$

Una vez tratados en clase estos fundamentos se han creado las condiciones para desarrollar la siguiente actividad experimental que puede tener como título: "Coeficiente de amortiguamiento en un sistema cuerpo resorte".

Para la presentación del problema el profesor puede hacer uso de un sistema cuerpo resorte sumergido en un líquido. Cuando el sistema se saca de la posición de equilibrio, el mismo comienza a oscilar y en la medida que transcurre el tiempo la amplitud de las oscilaciones disminuye hasta que se anula debido a la acción de la fuerza de rozamiento de tipo viscosa, las oscilaciones se amortiguan. ¿Cómo medir el coeficiente de

amortiguamiento? ¿Se amortiguan con igual rapidez las oscilaciones al emplear líquidos diferentes? ¿Qué líquido tiene mayor coeficiente de rozamiento viscoso?

En este caso el problema presentado se encuentra limitado, aunque según las características del grupo de estudiantes o los objetivos que se persigan es posible diseñar la actividad con mayor nivel de indagación brindando un problema más difuso. No es una actividad tipo receta pues no se dicta paso a paso las acciones a desarrollar. Aunque se le proporciona el problema y el procedimiento, el estudiante debe interpretar resultados experimentales para proponer una solución [10].

Como hipótesis los estudiantes podrían plantear que al cambiar el líquido se modifica cualitativamente el sistema por tanto también se manifestarán cambios cuantitativos. Por tanto las oscilaciones no se amortiguarán con igual rapidez en todos los líquidos.

Entonces, medir el coeficiente de rozamiento viscoso de diferentes líquidos a partir del estudio de las oscilaciones amortiguadas de un sistema cuerpo resorte sumergido en ellos y mediante el empleo del análisis de video con *Tracker* constituye el objetivo a cumplir.

Para cumplir con el objetivo propuesto será necesario emplear como instrumentos y materiales un sistema cuerpo resorte, una regla graduada, recipientes de vidrio, líquidos (agua, aceite vegetal, aceite de motor, champú, etc.), cámara de video y ordenador.

Para la ejecución de esta actividad los estudiantes pueden filmar un pequeño video haciendo uso de la cámara digital o un teléfono móvil o hacer uso de un video facilitado por el profesor. En este caso es posible hacer que cada equipo de estudiantes trabaje con líquidos diferentes siempre que su transparencia permita hacer el análisis del video posteriormente.

Al operar con *Tracker* se debe importar el video, seleccionar los fotogramas a analizar, calibrar *Tracker* haciendo uso de la regla graduada que aparece en la imagen, ubicar la referencia, crear una masa puntual y hacer el seguimiento del cuerpo del sistema. En la ventana principal se obtiene una imagen como la mostrada en la Fig. 1. La misma contiene un fotograma del video, la tabla de datos experimentales y un gráfico en el que se evidencia la disminución de la amplitud de las oscilaciones.

Luego se procede a hacer el análisis del gráfico de posición en función del tiempo. Haciendo uso de las herramientas de datos se traza la curva de ajuste seleccionando los puntos de máxima amplitud, los resultados de esta acción se se muestran en la Fig. 2.

Como nuevo conocimiento los estudiantes de cada equipo obtienen el valor del coeficiente de amortiguamiento para el sistema en estudio y luego el coeficiente de rozamiento viscoso.

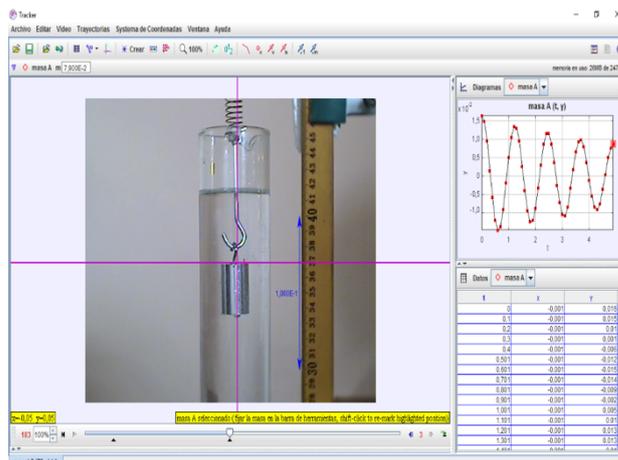


Figura 1 Ventana principal de Tracker,

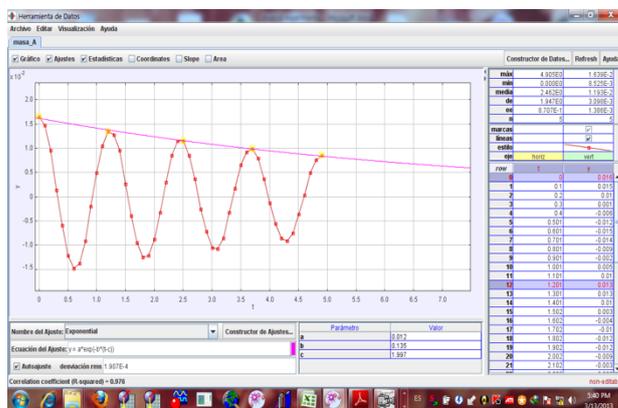


Figura 2 Ventana herramienta de datos.

De la ventana herramienta de datos se obtiene la ecuación de la curva de ajuste. En este caso ya los alumnos conocen que es una función exponencial pero esta acción les permite corroborar la relación teoría práctica, lo descrito en la teoría lo devuelve la práctica. La ecuación que caracteriza las oscilaciones del sistema en estudio (usando como líquido el agua común) tiene la forma:

$$y(t) = a * e^{(-\beta*(t-c))} \tag{14}$$

Donde los valores de los parámetros involucrados son:  
Amplitud máxima:  $a = 0,012 m$ .

Coefficiente de amortiguamiento:  $\beta = 0,135 s^{-1}$ . Para el sistema empleado la masa del cuerpo medida con la balanza es  $m = 0,1 kg$ .

Luego, de la expresión del coeficiente de amortiguamiento establecida en los fundamentos teóricos y sustituyendo los datos se calcula el coeficiente de rozamiento viscoso según:

$$r = 2m\beta \tag{15}$$

Sustituyendo los valores calculamos el valor experimental:

$$r = 0,027 kgs^{-1} \tag{16}$$

Para obtener el error asociado a la medición del coeficiente de rozamiento viscoso para el agua se puede comparar con el valor más probable o aceptado (en este caso  $0,030 \text{ kgs}^{-1}$ ) y expresar el resultado según la expresión:

$$\Delta r = \frac{r_{acep} - r_{med}}{r_{acep}} \times 100\% \quad (17)$$

Con estos resultados el estudiante debe elaborar un informe escrito para su discusión en el tiempo acordado, el mismo puede contener de una breve descripción de la actividad desarrollada, tablas de datos, gráficos experimentales u otras imágenes importadas desde *Tracker*. No deben faltar los valores medidos de los coeficientes de rozamientos para cada líquido empleado. Las conclusiones del informe escrito deben guardar relación con el objetivo de la actividad y con la hipótesis planteada.

Para la evaluación serán tomadas en cuenta como evidencias del desempeño investigativo experimental la comprensión del marco teórico de la investigación, la determinación del método investigativo requerido, la interpretación de la información experimental obtenida, la comunicación de los resultados obtenidos y la actuación con apego a normas y valores propios de la actividad científica.

Durante la discusión del informe se pueden realizar las siguientes preguntas:

1. ¿De qué factores depende la rapidez con que se amortiguan las oscilaciones?
2. ¿Cómo se modifica el coeficiente de amortiguamiento si la masa del cuerpo se duplica?
3. ¿Qué interpretación usted le confiere al valor obtenido del coeficiente de correlación?
4. ¿Existe correspondencia entre sus resultados experimentales y el modelo teórico?
5. ¿Qué sugerencias usted propone para perfeccionar el sistema experimental empleado?

## 5 CONCLUSIONES

La metodología propuesta se sustenta en la orientación del aprendizaje como actividad investigativa, lo que constituye una de las tendencias actuales en la enseñanza de las ciencias. Su novedad radica en la convergencia del procedimiento investigativo experimental y el video análisis con *Tracker* para favorecer el desempeño investigativo experimental de los estudiantes.

El ejemplo presentado para la determinación del coeficiente de amortiguamiento permite ilustrar una forma de incorporar investigaciones experimentales en la enseñanza de la Física Universitaria con el empleo del video análisis. Entre otras ventajas, este recurso informático contribuye a reducir el tiempo destinado a la toma de datos y realización de extensos cálculos, lo que dentro de un enfoque didáctico apropiado, se puede centrar la mayor parte de la sesión práctica en promover que los estudiantes comprendan lo que hacen, por qué lo hacen y

la relación que esto tiene con el fenómeno que estudian. Al reducir los errores asociados a las mediciones incrementa la calidad de los resultados experimentales lo que garantiza establecer relaciones teoría práctica más convincentes.

La opinión general entre los estudiantes que participaron en la actividad fue de satisfacción, comprendieron mejor los conceptos fundamentales involucrados en el estudio, se favoreció su desempeño durante la investigación experimental y se abrió su panorámica en cuanto al análisis matemático que describe el fenómeno físico en estudio. Estos resultados pueden ser contrastados con la investigación realizada en la Universidad de Las Tunas [11].

## 6 REFERENCIAS

- [1] Garza Rivera, R. G. (1999). La enseñanza de las ciencias básicas en la formación de ingenieros. *Ingenierías*, II (5), 55-58. Recuperado de: [http://www.ingenierias.uanl.mx/5/pdf/5\\_Rogelio\\_Garza\\_la\\_ensenanza\\_de\\_las\\_ciencias.pdf](http://www.ingenierias.uanl.mx/5/pdf/5_Rogelio_Garza_la_ensenanza_de_las_ciencias.pdf)
- [2] Gil Pérez, D., de Guzmán Ozámiz, M. (2005). Enseñanza de las ciencias y la Matemática. Organización de estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de: <https://www.oei.es/historico/oeivirt/ciencias.pdf>
- [3] Alvarez Martínez de Santelices, C. (2011). Estrategia de enseñanza aprendizaje para perfeccionar el desempeño de las prácticas de laboratorio de Física General. *VI Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*, La Habana, Cuba.
- [4] Díaz Rosabal, E. M., Santiesteban Reyes, D. de la C., Gorgoso Vázquez, A. E. (2016). La independencia cognoscitiva mediada por las tecnologías de la información y la comunicación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 4 (8), 28-33.
- [5] Valverde Berrocoso, J., Garrido Arroyo, M. C., Fernández Sánchez, R. (2010). Enseñar y aprender con tecnologías: un modelo teórico para las buenas prácticas con TIC. *Revista Universitaria Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), 203-229.
- [6] Abeleira Ortiz, J. L., Vázquez Vargas, N., Peña Duarte, C. (2018). Tendencias en la enseñanza de la física universitaria respecto al desempeño investigativo experimental y el empleo de recursos informáticos. En *Ciencia e innovación tecnológica*, vol. II, en el capítulo Ciencias Pedagógicas. Coedición Editorial Académica Universitaria-Opuntia Brava. Las Tunas. Recuperado de: <http://edacunob.ult.edu.cu>
- [7] Sifredo Barrios, C., Ayala Espinosa, L. (2010). El trabajo experimental asistido por recursos informáticos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. En VII Congreso Internacional Didáctica de las ciencias. Cuba.
- [8] Brown, D. (2017). Tracker, video analysis and modeling tool. Recuperado de: <https://physlets.org/tracker/>

- [9] Yavorski, B, Detlaf, A. (1988). Prontuario de física. Moscú: Mir.
- [10] Romo Guadarrama, G. Hernández Millán, G. (2009) El uso de trabajos prácticos por indagación como estrategia para acercar a los alumnos del bachillerato al conocimiento de la naturaleza de la ciencia. En actas del X Congreso Nacional de Investigación Educativa, Veracruz, México.
- [11] Abeleira Ortiz, J. L., Vázquez Vargas, N., Peña Duarte, C. R. (2017). Evaluación del desempeño investigativo experimental de los estudiantes de la carrera Matemática Física. Ciencia e innovación tecnológica, EDACUN, 249-259.