

# Simulación experimental para la enseñanza del movimiento oscilatorio



Ríos Víctor<sup>1</sup>, Montero Germán<sup>1,2</sup>, Román Ángel<sup>1</sup>, García Alfredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Maracaibo- Venezuela.

<sup>2</sup>Facultad de Humanidades y Educación. Departamento de Matemáticas y Física. Laboratorio de Enseñanza de la Física. Universidad del Zulia. Maracaibo- Venezuela.

E-mail: [riosvictor1967@gmail.com](mailto:riosvictor1967@gmail.com),

(Recibido el 13 de marzo de 2017, aceptado el 23 de marzo de 2017)

## Resumen

El presente trabajo tiene como propósito, utilizar software libre para estudiar el movimiento oscilatorio con datos reales obtenidos mediante un programa analizador de video llamado Tracker versión 4.87 y una calculadora científica Casio 300 con sus respectivos sensores, para posteriormente comparar los resultados entre los dos métodos. Se adquirieron datos experimentales del movimiento armónico simple obtenidos de un péndulo y del movimiento armónico amortiguado de un sistema masa resorte suspendido en forma vertical. La técnica consiste en procesar los datos experimentales obtenidos por un sensor y simularlo mediante el software libre específicamente "Tracker". En esta experiencia se pudo observar la versatilidad en la utilización del software mencionado, ya que puede servir como herramienta didáctica innovadora y de fácil acceso para la enseñanza de la física. Los hallazgos obtenidos en esta investigación resultaron ser satisfactorios, debido a que la comparación de los resultados con el software utilizado, son aproximadamente iguales a los valores obtenidos por los sensores y calculadora científica Casio 300.

**Palabras clave:** Movimiento Armónico Simple, amortiguamiento, movimiento oscilatorio, simulaciones en física, simulaciones con Tracker.

## Abstract

This paper aims, use free software to study the oscillatory motion with actual data obtained by a video analyzer program called Tracker version 4.87 and a scientific calculator Casio 300 with their respective sensors, and later compare the results between the two methods. Experimental data obtained from the simple harmonic motion of a pendulum and damped harmonic motion of a spring mass system suspended vertically. The technique is to process the experimental data obtained by a sensor and simulate through free software specifically "Tracker". In this experiment we observed the versatility in using the software mentioned because it can serve as innovative and accessible teaching tool and easy access to the teaching of physics. The findings obtained in this investigation were found to be satisfactory, because the comparison of the results with the software used, are approximately equal to the values obtained by the sensors and the scientific calculator 300 Casio.

**Keywords:** Simple Harmonic Motion, damping oscillatory movement, physical simulations, Tracker simulations.

PACS: 07.05.Hd, 07.05.Tp, 07.07.Df

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos, llevan a la vanguardia a implementar equipos de instrumentación digital y software informáticos, que se pueden utilizar en el área de la docencia y específicamente la enseñanza de la física. Según Zorrilla y colaboradores [1], exponen que sus resultados son favorables en el uso del recuso tecnológico, la cual tienen una incidencia positiva en la creación de simulaciones realizadas por el software Modellus, que permiten al estudiante comprender el fenómeno físico. Las simulaciones en el laboratorio de física han proporcionado una amplia gama de estudios, obteniendo fenomenológicamente datos reales, gráficas e interpretaciones al instante. En la misma forma, el Tracker es un programa gratuito de código abierto que se utiliza en

actualidad para realizar grabaciones de eventos físicos que posteriormente puedan ser interpretados en el computador. En este mismo ámbito Díaz Estrada [2], expresa que las simulaciones en tiempo real rigen el comportamiento del sistema y es presentado en forma de gráficos propios de lenguaje utilizado en la computadora. Tracker inicialmente se ha pensado para la enseñanza la enseñanza de la Física y está disponible versiones para Windows, Mac y Linux.

La ventaja que presenta la utilización de los programas de computadora señalados en relación con los de software propietario radica en que los primeros pueden utilizarse libremente, es decir no debes pagar por su utilización, por lo que pueden ser instalados en laboratorios, salas de computadoras o en computadoras personales. Como consecuencia a esta gratuidad, se les permitiría a los estudiantes y docentes estar a la par de los avances

tecnológicos, ya que, pueden crear un ambiente versátil de forma que se puedan realizar prácticas de Física y demostraciones pudiendo comparar sus resultados con los modelos teóricos existentes. Por tal motivo es necesario implementar instrumentación tecnológica y software de simulación que permitan al estudiante utilizar recursos didácticos alternativos a los tradicionales, lo que constituiría al desarrollo de una innovación tecnológica.

Por consiguiente, en esta investigación se presenta, una alternativa para estudiar el movimiento armónico simple y el movimiento amortiguado utilizando una cámara digital, un analizador de video para después comparar los resultados con los obtenidos por el montaje experimental utilizando la calculadora científica Casio 300 con su respectiva interface y sensores de medición. El propósito es describir, examinar e interpretar el comportamiento de movimiento armónico simple y amortiguado, utilizando instrumentación tecnológica actualizada y software libre tal como el Tracker 4.87.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### LEY DE HOOKE

En el estudio de los efectos de las fuerzas de tensión, y compresión, Robert Hooke [3, 4] observó que había un aumento en la longitud del resorte, o cuerpo elástico, que era proporcional a la fuerza aplicada, dentro de ciertos límites. Esta observación puede generalizarse diciendo que la deformación es directamente proporcional a la fuerza deformadora

$$F = -kx. \quad (1)$$

Donde  $F$  es la fuerza, medida en Newton ( $N$ ),  $k$  la constante del resorte medida en  $N/m$  y  $x$  el alargamiento o compresión medida en metros ( $m$ ).

### MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE Y ARMÓNICO SIMPLE AMORTIGUADO

Cuando el movimiento de un objeto se repite en intervalos regulares de tiempo, se le llama movimiento armónico simple y las ecuaciones que gobiernan este movimiento viene dado por las siguientes ecuaciones [5]

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (2)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad (3)$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi). \quad (4)$$

Consideremos una partícula de masa  $m$ , sujeta a un resorte, que oscila en la dirección  $x$  sobre una superficie horizontal, sin fricción. Para un oscilador armónico amortiguado [4, 5, 6], la ecuación que determina su comportamiento está dada por las siguientes expresiones

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2m}\right)^2}, \quad (5)$$

$$x(t) = A e^{-bt/(2m)} \cos(\omega t + \phi). \quad (6)$$

Donde la frecuencia angular  $\omega$  está determinado por la ecuación (5),  $k$  es la constante del resorte,  $m$  la masa de bloque que se une al resorte,  $b$  es la constante de amortiguamiento y la constante de fase  $\phi$ .

## III. MÉTODO EXPERIMENTAL

La experiencia consistió en capturar en video el movimiento oscilatorio que produce el péndulo simple y el sistema masa resorte en forma vertical. Para esta prueba se dispuso de una cámara digital de 14,0 Mega-pixels, de marca SANYO y modelo VPC-T1496. Después de la grabación del experimento, se procedió a analizar el video usando Tracker versión 4.87, con el cual se logró digitalizar el movimiento de las oscilaciones armónicas simples y las amortiguadas. Obteniéndose las gráficas de desplazamiento en función del tiempo que se compararon con las reportadas por Montero [8], el cual realizo la adquisición de la data utilizando una calculadora científica Casio con sus respectivos sensores.

### PÉNDULO SIMPLE

Para el péndulo simple se realizó un montaje experimental tal como se muestra en la figura 1.

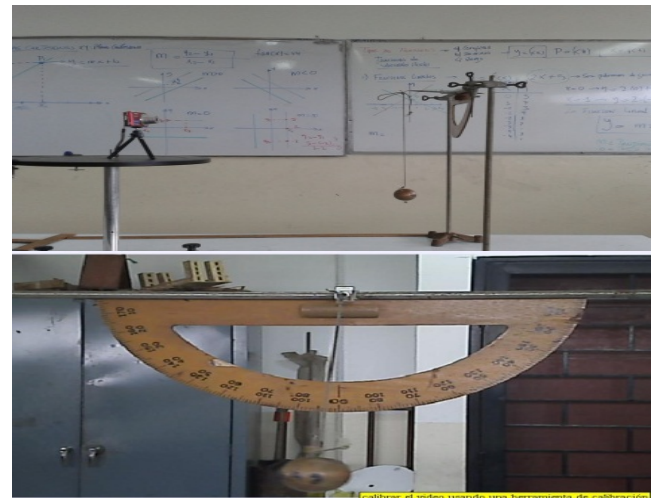


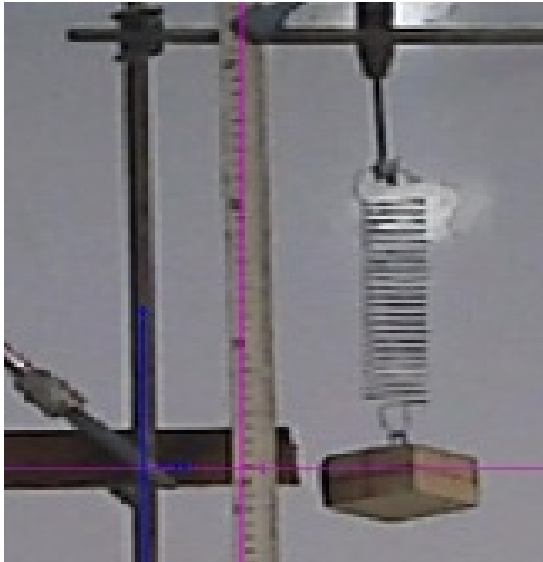
FIGURA 1. Montaje experimental para el péndulo simple, a) vista lateral (arriba), b) como debe verse la imagen en la cámara (abajo).

La longitud del péndulo es de  $0,33 \text{ m}$  y se le aplica un desplazamiento angular de  $4$  grados, procediendo a soltar el péndulo, dejando oscilar  $10$  oscilaciones, con la cámara digital se toma un video de este movimiento que después será analizado mediante el paquete tracker versión 4.87

construido sobre una plataforma Java conocida como *Open Source Physics* (OSP). Este paquete incluye una función llamada *autoTracker* que realiza el seguimiento del objeto seleccionado registrando su posición.

### SISTEMA MASA RESORTE

Para implementar el sistema masa-resorte se utiliza un soporte universal tal como se muestra en la figura 2. Se mide el peso de la masa oscilante con una balanza electrónica, y la longitud del resorte sin deformar. Seguidamente, se suspende el resorte en la parte superior del soporte y se conecta la masa al pie del resorte. Luego se mide la deformación del resorte ocasionada por el peso de la masa, la cual llega a 45 cm. Posteriormente se hace oscilar bajando ligeramente unos 12 cm del origen del equilibrio. Al mismo tiempo, se toma un video, que posteriormente será analizado con Tracker versión 4,87 obteniéndose los datos, con una función que incorpora para su análisis.



**FIGURA 2.** Montaje experimental del sistema bloque resorte, realizado en el laboratorio de física.

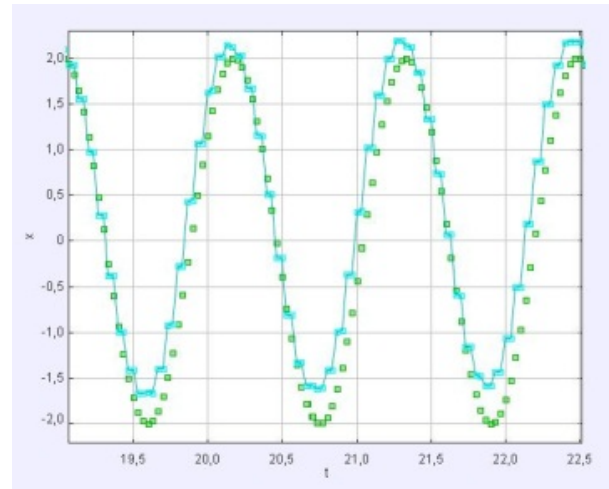
### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Después de haber realizado los experimentos, para el movimiento de un péndulo simple se observan las gráficas del desplazamiento en función del tiempo. En la figura 3, se muestra el comportamiento del movimiento armónico simple, simulado con el programa Tracker. Los resultados realizados con la calculadora y sus sensores se muestran en la figura 4. En esta se observa un comportamiento armónico que es similar al mostrado en el caso simulado.

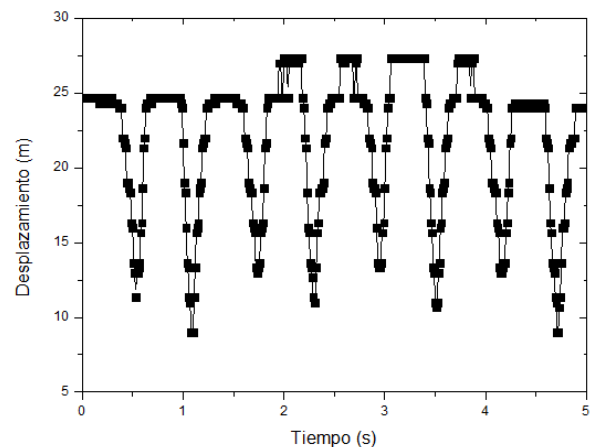
En la figura 5 los puntos en color celeste representan los datos obtenidos con el analizador de video y los puntos en color verde son los que representan a la función armónica  $A\cos(\omega t)$ , cuyos parámetros son los observados

### Simulación experimental para la enseñanza del movimiento oscilatorio

experimentalmente para una amplitud  $A$  de 2 cm y una frecuencia de 5,45 Hz. Los resultados obtenidos en las mediciones del péndulo simple se comparan con los obtenidos con la calculadora científica Casio 300, que se muestran en la figura 6, graficando la amplitud de la onda en función del tiempo. En ambas graficas se observa un periodo aproximado de 1s y una amplitud de 2 cm. Después de analizar los resultados y obtener los parámetros correspondientes con el analizador de video, el estudiante puede comparar los resultados experimentales con los que proporciona el modelo teórico que explica el fenómeno físico.



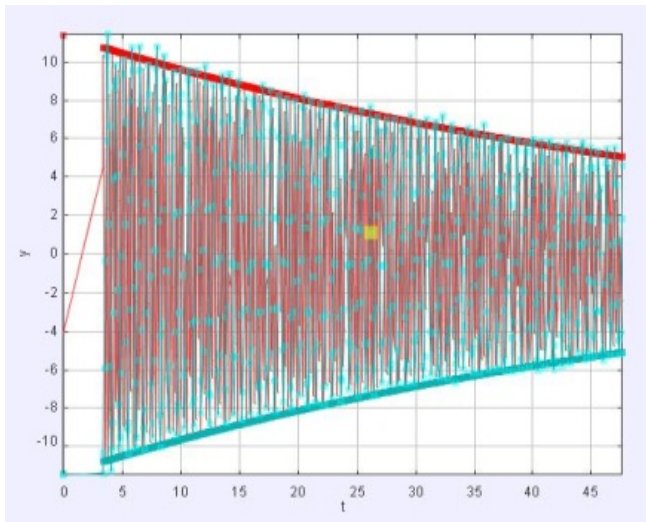
**FIGURA 3.** Representa el desplazamiento en función del tiempo para el movimiento armónico simple: se obtuvo con el analizador de video Tracker.



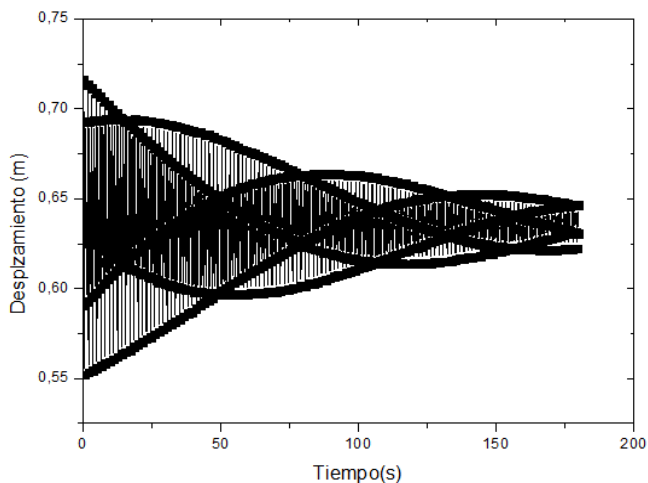
**FIGURA 4.** Representa el desplazamiento en función del tiempo para el movimiento armónico simple realizado con la calculadora científica Casio 300 y su sensor de movimiento.

Ahora bien, con respecto a los resultados obtenidos en el sistema masa resorte, se observan en las figuras 5 y 6 la relación de la amplitud en función del tiempo del

movimiento amortiguado. Como se puede observar en la figura 5 el comportamiento del sistema masa resorte decae como un producto de una función exponencial y una función cosenoidal, coincidiendo exactamente con el fenómeno del movimiento armónico de resorte con amortiguamiento, descrita en la ecuación (6). Donde se ha considerado la constante de fase igual a cero. En la figura 5 se muestran dos líneas que representan las envolventes, la superior en rojo y la inferior en color azul, los parámetros se calcularon tomando en consideración el hecho de que la amplitud de la onda disminuye a la mitad y se calculó la constante de amortiguamiento  $b$ , resultando ser el valor de  $2,2 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$ . En ambos movimientos se comprobó el comportamiento físico esperado de estos fenómenos.



**FIGURA 5.** Representación del desplazamiento en función del tiempo del sistema bloque resorte para un movimiento amortiguado. Obtenidas con el analizador de video Tracker.



**FIGURA 6.** Representación del desplazamiento en función del tiempo del sistema bloque resorte para un movimiento amortiguado. Obtenidas con la calculadora científica Casio 300 y sus sensor de movimiento.

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se logró comprobar experimentalmente el comportamiento del movimiento armónico simple y amortiguado mediante el cálculo de los parámetros asociados utilizando sensores de movimiento y óptico y una cámara digital para capturar el video de ambos movimientos y luego modelarlos con el software Tracker. Así mismo, la ventaja que posee este analizador de videos, ya que tiene la virtud de hacer sencilla la adquisición de los parámetros del movimiento oscilatorio, entre una de ellas, cálculo de las líneas envolventes para el movimiento oscilatorio armónico y amortiguado, la cual se puede apreciar en las figuras 3 y 5. Estos resultados obtenidos mediante el software Tracker y la calculadora científica Casio 300, permiten proponer la selección del analizador de video Tracker como una herramienta didáctica de bajo costo para hacer experimentos de física. Sin embargo, el uso de la calculadora fue muy beneficioso, debido a que se permitió observar las gráficas en forma instantánea en la realización de ambos experimentos.

## REFERENCIAS

- [1] Zorrilla, E., Macías, A. & Maturano, C. I., *Una experiencia con Modellus para el estudio de cinemática en el nivel secundario. Study of Kinematics in Secondary School: Experience with the tool Modellus*, Revista de Medios y Educación Píxel-Bit **44**, 7-17 (2014), ISSN 1133-8482, E-ISSN 2171-7966, <<http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2014.i44.01>>, consultada el 15 de septiembre de 2015.
- [2] Díaz, E., *Simulación de variables físicas reales en tiempo real en el laboratorio de física de campos de la corporación universitaria de la costa*, Revista de la Facultad de Ingeniería, Inge Cuc **5**, 259-266 (2009), Barranquilla-Colombia, ISSN 0122-6517, Revista indizada en periódica, consultada el 15 de septiembre de 2015.
- [3] Serway, R., Jewett, J., *Física, Tomo I*, (Cengage Learning, México, 2008).
- [4] RENA, Red Escolar Nacional, (2008), <<http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapafisica/Tema12.html>>, consultado el 10 de mayo de 2015.
- [5] Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. S., *Física Tomo I*, 4ª Ed. (Cecsa, México, 2002).
- [6] Gettys, W. et al., *Física para ingeniería y ciencias, Tomo I*, (McGraw-Hill, México, 2005).
- [7] Tipler, P., Mosca, G., *Física, tomo I*, (Revérte, España, 2005).
- [8] Montero, G., *Uso de instrumentación tecnológica para el estudio del movimiento armónico amortiguado*, Presentado en el III Congreso de ONCTI, (ONCTI, Caracas Venezuela, 2014).