

EXPERIMENTOS DE FÍSICA CON *MODELLUS*

Manuel Alonso Sánchez
Universidad de Alicante

RESUMEN: En esta investigación se pone a prueba un modelo de realización de trabajos experimentales de física, basado en el estudio de la concordancia entre el fenómeno real y una simulación del mismo creada con el programa *Modellus*. Los experimentos se han realizado durante varios cursos en Secundaria y en Bachillerato. Exponemos aquí uno sobre el tiro horizontal, en el que se obtienen algunos resultados que son inaccesibles con otros recursos, como, por ejemplo, los sensores magnitudes.

PALABRAS CLAVE: Simulación versus fenómeno real. Experimentos de física. *Modellus*

OBJETIVOS: Entre las muchas aplicaciones que tiene el uso de simulaciones en la enseñanza de la Física, nos proponemos explorar su utilidad para realizar trabajos experimentales basados en el estudio de la concordancia entre procesos físicos reales y procesos virtuales simulados. Así planteamos concretamente los siguientes retos u objetivos:

1. ¿Se podrá verificar experimentalmente la validez de algunas leyes físicas o de derivaciones de ellas mediante la comparación entre el fenómeno real (filmado) y un fenómeno virtual (simulado)?
2. En caso afirmativo: ¿Se podrán conformar secuencias didácticas adecuadas para desarrollar los experimentos en clase?
3. ¿Se podrá familiarizar a los profesores de física con el modelo?

Nos propusimos estudiar estas tres cuestiones en el segundo ciclo de Secundaria y en Bachillerato.

MARCO TEÓRICO. POSIBILIDADES DE *MODELLUS*.

Aunque el uso de simulaciones está hoy bastante extendido en la enseñanza de la física, son menos los trabajos en los que se pueden encontrar estas aplicaciones incardinadas en secuencias de aprendizaje (por ejemplo: Gagliardi y otros, 2006; Cañizares, 2006; Grupo Lentiscal, 2006, Concari y otros, 2006).

En general estas propuestas usan *applets* ya elaborados para diversas finalidades, como, por ejemplo, caracterizar fenómenos, obtener gráficas, verificar leyes o contrastar hipótesis (Bohigas y otros, 2006).

En este trabajo, nos proponemos avanzar un paso más y promover que los profesores puedan crear simulaciones propias cuando preparan sus materiales de enseñanza. Ello resulta factible con el programa *Modellus* (Duarte, 1996), un simulador informático de libre disposición, potente, y a la vez muy sencillo. En efecto, para crear una animación *Modellus*, sólo hace falta escribir su modelo científico-matemático (conformado, en nuestro caso, por leyes de física que rigen el fenómeno), y luego aplicar las ideas y necesidades educativas al diseño de la pantalla donde se muestra la animación. Así, con este

programa, todo profesor de física podría preparar una biblioteca de modelos propia y/o modificar modelos previamente elaborados.

Modellus tiene otra propiedad aprovechable: Permite insertar en la pantalla de la animación un clip de video, tras lo cual la filmación se muestra duplicada. Una de las imágenes no se puede alterar y encima de la segunda se pueden colocar diferentes elementos, como partículas, medidores, etc. Esta cualidad del programa nos hizo concebir la idea de plantear trabajos experimentales basados en la comparación entre el proceso real (filmado) y un proceso virtual (simulado) (Alonso, 2007 y 2008).

METODOLOGÍA

El primer paso para avanzar hacia los objetivos fue seleccionar algunos fenómenos susceptibles de ser escudriñados con esta técnica experimental. Para cada uno de ellos se elaboró una secuencia didáctica y se preparó un programa-guía de actividades (Gil y Martínez Torregrosa, 1987). Finalmente, se implementó el modelo en clase y se difundió entre el profesorado.

Ejemplos de experimentos

Entre otros, el modelo es aplicable a procesos mecánicos, y en algunos casos esperábamos poder obtener resultados no accesibles con otros recursos, en particular con los sensores de magnitudes. Usando videos idóneos, también esperábamos estudiar movimientos irrealizables en el laboratorio.

Las tablas 1 y 2 dan ejemplos de ambas posibilidades.

Tabla 1.
Ejemplos de experimentos de mecánica

MOVIMIENTO	EXPERIMENTO "TRADICIONAL"	DIFICULTADES USANDO SENSORES	QUÉ SE PUEDE HACER CON <i>MODELLUS</i>
Tiro horizontal	Estudia la relación entre la altura y el alcance	Por tener una trayectoria no rectilínea, no se pueden medir posiciones intermedias.	Contrastar la hipótesis de Galileo, estudiando el movimiento posición a posición.
Tiro oblicuo	Estudia la relación entre el ángulo y el alcance	Por tener una trayectoria no rectilínea, no se pueden medir posiciones intermedias.	Estudiar el movimiento posición a posición.
Caída dentro del agua	Se observa el movimiento.	Por ser dentro del agua, no se pueden medir posiciones.	Determinar la velocidad límite, estudiando el movimiento posición a posición.
Péndulo simple	Estudia los factores que influyen en el periodo. Se obtiene g.	No se pueden medir posiciones, pero sí el valor de la fuerza en cada instante.	Estudiar el movimiento posición a posición, obtener g, etc.
Oscilación amortiguada de un muelle.	Se observa el movimiento.	Se pueden medir posiciones del extremo del muelle, pero no el de cualquier otro punto del mismo.	Estudiar el movimiento posición a posición y obtener el coeficiente de amortiguación.

Tabla 2.
Dos ejemplos no realizables en el laboratorio

MOVIMIENTO	ORIGEN DE LA FILMACIÓN
Caída libre en la Luna	Misión Apolo
Tiro oblicuo	Tiro libre en un partido de baloncesto

Secuencias didácticas. El caso del tiro horizontal.

Exponemos ahora algunos detalles de la secuencia didáctica sobre el tiro horizontal (Alonso, 2010), que básicamente, consta de dos partes: una primera donde se estudia la hipótesis de Galileo y la segunda donde dicha hipótesis se contrasta experimentalmente.

Estudio de la hipótesis de Galileo.

Con el estudio tiro horizontal en 1º Bachillerato los alumnos ven por primera vez un movimiento sobre cuya trayectoria no es fácil prever un comportamiento matemático simple de la evolución de las magnitudes cinemáticas. Como sabemos, Galileo planteó una hipótesis para solventar este problema, según la cual el movimiento real se podría obtener componiendo un movimiento teórico horizontal (uniforme) con otro movimiento teórico vertical de caída libre (uniformemente acelerado).

Dedicamos varias actividades a que los alumnos conciban y asimilen esta hipótesis galileana, entre ellas, pedirles que hagan una representación cualitativa (indicando, mediante cruces, posiciones sucesivas a intervalos iguales de tiempo) de los movimientos teóricos (horizontal y vertical) y del movimiento que resulta componiéndolos.

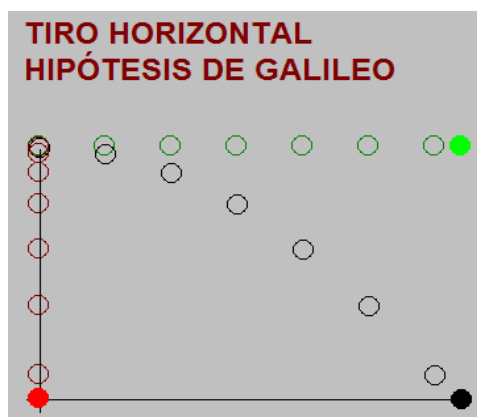


Fig. 1. Animación sobre la hipótesis de Galileo

Esta actividad se puede trabajar con *Modellus*, del siguiente modo: Para empezar, los estudiantes escriben el modelo científico-matemático, conformado por las leyes de los movimientos horizontal y vertical (en otros estudios tal modelo se puede basar en hipótesis emitidas por ellos mismos). Entonces se abre automáticamente una ventana, en donde introducen las condiciones iniciales (posición inicial, velocidad inicial y gravedad). Seguidamente colocan en la pantalla tres partículas y les asignan respectivamente las magnitudes x (posición del movimiento horizontal), y (posición del movimiento vertical), y, a la tercera partícula, la posición que resulta componiendo ambos (x,y). De las opciones de visualización disponibles, eligen la que hace que las partículas dejen una huella estroboscópica.

Así obtienen finalmente una animación que simula paso a paso los tres movimientos y visualiza muy claramente la aplicación de la hipótesis de Galileo a este problema (Figura 1).

Esta animación sobre la hipótesis de Galileo sirve como base para elaborar otra más completa y vistosa, útil para un estudio teórico-práctico del tiro horizontal. A tal fin, a la animación básica se le añaden figuras que la conectan con un ejemplo real, y otros elementos para incorporar determinados conceptos: vectores de la velocidad y de la aceleración del proyectil, cursores para dar el dar valor instantáneo de las magnitudes cinemáticas, herramientas de medición de magnitudes (posición, ángulo, etc.).

La animación que resulta (Figura 2) es interactiva y permite a los alumnos:

- Realizar predicciones acerca de la influencia de las condiciones iniciales y comprobar cómo afectan los cambios introducidos en el movimiento.
- Interactuar con la aplicación sobre la marcha, modificar en cualquier instante el valor de alguna de las magnitudes, y ver cómo afecta al movimiento.
- Incorporar y usar medidores adicionales, es decir, instrumentos específicos para obtener longitudes, ángulos, pendientes, etc.

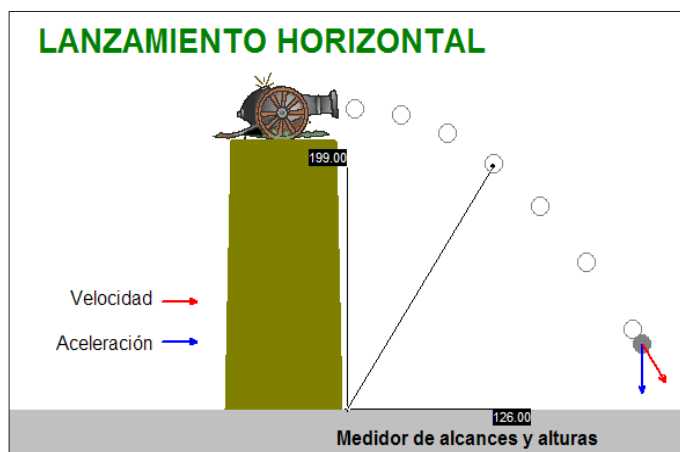


Fig. 2. Animación para el estudio teórico del tiro horizontal

Estudio experimental del tiro horizontal.

Tras el estudio teórico del tiro horizontal, el estudio experimental se puede iniciar pidiendo a un alumno que produzca ese movimiento, por ejemplo, lanzando una pelotita a rodar encima de una mesa. Otro estudiante filma el movimiento de la pelotita desde que deja de estar encima de la mesa (sirve perfectamente la cámara de un teléfono móvil) y, seguidamente, toda la clase usa un programa libre de tratamiento de videos (por ejemplo, virtual-dub) para recortar la grabación y darle formato avi, con el que se podrá insertar en una animación *Modellus*.

Hecho esto, para realizar el análisis experimental se siguen aproximadamente estos pasos:

- Los alumnos vuelcan el clip de video sobre una página de *Modellus* y usan una herramienta de medición del programa para establecer la equivalencia entre *m* y *pixels* (usan el dato conocido de la altura de la mesa). Seguidamente tienen en cuenta la duración de la caída y la medida del alcance horizontal (se puede realizar sobre la misma grabación) para obtener la velocidad horizontal.

2. Con estos datos escriben las ecuaciones de los movimientos teóricos horizontal y vertical como modelo físico-matemático de la simulación, y completan la animación colocando encima de una de las dos filmaciones una pelotita virtual, y configurándola para que realice el movimiento que se obtiene componiendo ambos.
3. Hacen correr la animación y contrastan si se obtiene la esperada concordancia entre el movimiento real (clip de video) y el movimiento virtual de la pelotita que representa la composición de los movimientos horizontal y vertical (simulación). Si es así, la pelotita virtual queda a lo largo de todo el movimiento exactamente encima de la pelota filmada (Figura 3), y ello implica que el modelo teórico, basado en la aplicación de la hipótesis de Galileo, describe el comportamiento real.

La animación también sirve para poner a prueba valores esperados de cualquier magnitud interviniente, por ejemplo, la aceleración de la gravedad. Para ello, en las ecuaciones se escribe dicha magnitud como variable y en la pantalla se incluye un cursor sobre ella. Así el usuario podrá modificar su valor en cualquier momento y comprobar que la concordancia entre el movimiento real y la simulación, sólo se da para un valor de la variable suficientemente próximo a su valor teórico (en este caso, $g=9.8m/s^2$).



Fig. 3. Animación del estudio experimental del tiro horizontal.

RESULTADOS

El aprovechamiento del modelo por los alumnos está siendo óptimo. Los experimentos han sido realizados por varias generaciones de estudiantes en nuestro instituto y también en otros centros con profesores que han conocido y aplicado el modelo. Algunos alumnos han participado exitosamente en jornadas y en concursos científicos, donde mostraron algunos de los experimentos. Entre ellos, cuatro estudiantes presentaron en Ciencia en Acción 2010 un conjunto de demostraciones sobre la caída libre, que incluyó la realización con *Modellus* del estudio experimental de dicha caída libre y también del tiro horizontal. Su entusiasmo y buen hacer decantaron la concesión de una Mención de Honor a su trabajo (Alonso, 2011; Alonso y otros, 2011).

La propuesta también se ha difundido entre el profesorado principalmente por dos vías:

- a) A través de la página web del Departamento de Física y Química del IES “Leonardo da Vinci” de Alicante, donde en este momento se aportan 142 animaciones que abarcan contenidos de los principales temas de los currículos oficiales: mecánica newtoniana, ondas, electromagnetismo, óptica, estructura atómica, relatividad, etc. Aproximadamente una cuarta parte de estas animaciones son de trabajos experimentales.

- b) En actividades de formación del profesorado de física y química, que hemos venido impartiendo en paralelo con nuestra propia actividad docente desde el año 2007.

En estas actividades se ha constatado que los profesores se familiarizan rápidamente con el proceso de creación de las animaciones y generan sin mayor dificultad sus propias aplicaciones (Figura 4).

Con posterioridad a la realización de estas actividades formativas, bastantes profesores nos han comunicado su satisfacción al implementar el modelo y algunos enviaron resultados de sus experimentos, que hemos incorporado a la página web.



Fig. 4. Profesores en un curso de formación sobre *Modellus*.

CONCLUSIONES

El simulador *Modellus* es un recurso TIC muy útil para mejorar la enseñanza de la Física. Con él los profesores pueden crear aplicaciones que derivan de sus necesidades educativas y, por tanto, se pueden acoplar coherentemente con su modelo de enseñanza-aprendizaje. Entre todas ellas, hemos mostrado concretamente cómo realizar experimentos basados en el estudio de la concordancia entre el fenómeno físico y una simulación del mismo. Ésta es una de las herramientas más potentes para el análisis experimental y no sólo puede complementar muy bien a otras, sino que, en algunas ocasiones, puede salir en auxilio del investigador, cuando aquellas no son realizables.

REFERENCIAS

- ALONSO, M. (2007). Animaciones *Modellus* y videos de experiencias de laboratorio para dar un nuevo impulso a la enseñanza de la mecánica newtoniana. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 2007, 6, 3, 729-745.
- (2008). Animaciones *Modellus* para las clases de física. *Revista Española de Física*, 22, 3, 52-57.
- Alonso, M., Aracil, A., Martínez, A., Ortega, M., y Rodríguez, A. (2011). Demostraciones experimentales sobre la caída libre. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 69. 99-112.
- (2011). Siete cuestiones para divulgar y comprender aspectos de la caída libre. *Latin American Journal of Physics Education*. 5, 3. Sep.

- BOHIGAS, X., NOVELL, M., y JAÉN, X. (2006). Cómo, cuándo, dónde utilizar *applets* como ayuda al aprendizaje de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 50. 31-38.
- CAÑIZARES, M. (2006). El uso de simulaciones en la enseñanza de la física. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 50. 66-75.
- CONCARI, S., GIORGI, S., CÁMARA, C., y GIACOSA, N. (2006). Didactic strategies using simulations for Physics teaching. En: *Current Developments in Technology-Assisted Education*, Vol. III, (E-Learning Standards, España). 2042-2046.
- GAGLIARDI, M., GIORDANO, E., y RECCHI, M. (2006). Un sitio en la web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión. *Enseñanza de las ciencias*, 24, 139-146.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). Los programas-guía de actividades. Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12.
- GRUPO LENTISCAL. (2006). Uso del ordenador en la enseñanza de la física y química. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 50. 76-83.

REFERENCIAS DE MATERIALES Y DE PROGRAMAS EN INTERNET

- ALONSO, M. (2010). Tiro horizontal. *XI Edición del Programa Ciencia en Acción. CD-libro*. (<http://www.cienciaenaccion.org/experiment/tiro-horizontal-0>)
- ANIMACIONES *MODELLUS* DE FÍSICA. En la web del Dpto. de Física y Química del IES “Leonardo da Vinci” de Alicante. (<http://www.iesleonardoalacant.es/Departamento-fisica/Experimentos-Modellus/Experimentos-modellus.htm>)
- DUARTE, V. (1996). *Modellus* (<http://modellus.co/index.php?lang=es>).. Universidad de Lisboa.
- VIRTUAL-DUB. Tratamiento de videos (<http://www.virtualdub.org/>).

