



## Tutorial interactivo para introducción a la teoría y práctica de mediciones

R. Camero†, M. Zapata-Torres, O. Calzadilla<sup>a</sup> y F. Ángeles

CICATA ALTAMIRA, Instituto Politécnico Nacional, Altamira, México; gabriela\_camero@hotmail.com, mzapatat@ipn.mx, angeles\_escalona@hotmail.com

a) Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba; calza@fisica.uh.cu

†autor para la correspondencia

Recibido el 1/06/2007. Aprobado en versión final el 15/06/2007.

**Sumario.** El presente trabajo describe el desarrollo de una aplicación multimedia interactiva, para la enseñanza del proceso de medición de magnitudes físicas en el nivel medio. Se pretende que este material sea una guía de apoyo didáctico dentro del aula, que propicie en los estudiantes el desarrollo de las habilidades requeridas para efectuar adecuadamente mediciones directas e indirectas, identificar posibles fuentes de error y reportar los valores respetando el número de cifras significativas y la incertidumbre asociada. La aplicación multimedia, diseñada con Macromedia Authorware y Macromedia Flash, guía a los estudiantes hacia el aprendizaje de conceptos de medición a través de recursos didácticos, como mapas conceptuales, lecturas, imágenes, videos demostrativos y actividades interactivas. En la sección de Laboratorio Virtual se incluyen simuladores para realizar mediciones “virtuales” de longitudes con reglas graduadas y vernier.

**Abstract.** This work describes development of multimedia software to teaching measurement process of physical measures in middle high school. This material help teachers and students to develop the required capabilities for making right direct and indirect measurements, identifying possible errors sources and reporting values with uncertain. Software was designed with Macromedia Authorware and Macromedia Flash. This software includes measurement concepts which are explained using conceptual maps, lectures, images, pictures, videos and interactive learning activities. In Virtual lab section, there are some simulations to make virtual lab practices to determinate length with rules and vernier.

**Palabras clave.** Laboratorio de Física en escuela secundaria 01.30.la, teoría del aprendizaje 01.40.Ha, computadoras en educación 01.50.Lc.

### 1 Introducción

En México la calidad de la educación media no es satisfactoria, principalmente en materias como física donde se requiere el manejo de pensamiento lógico y formal por parte de los estudiantes adolescentes<sup>1</sup>. Ante esta situación, se han empezado a implementar programas orientados al uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's) en la enseñanza, en estos programas se considera que los materiales multimedia representan una alternativa viable para atender las necesidades de aprendizaje de jóvenes y adultos que cursan la

educación media, ya que asignan una mayor participación, estandarizan contenidos y promueven el autoaprendizaje<sup>2,3</sup>. Adicionalmente, gran cantidad de escuelas cuentan con aulas de medios, pero aun existe una carencia de materiales didácticos al alcance de los profesores y estudiantes<sup>4</sup>.

El proceso de enseñanza-aprendizaje dirigido a formar la habilidad de medir, comienza desde los primeros grados de escuela al enseñar el redondeo, la graficación y algunos términos estadísticos, como el promedio. En la materia de física a nivel medio, los cursos incluyen el tema de mediciones de magnitudes físicas de mayor im-

portancia (longitud, tiempo, masa) para el individuo, así como sus unidades de medida y las conversiones mutuas de unidades homogéneas. Al terminar su formación, se esperaba que un estudiante manejara de manera práctica los conceptos de error en la medición, incertidumbre, precisión, exactitud y cifras significativas, sin embargo, existe la costumbre por parte de los profesores de abordar estos temas sin el rigor necesario, permitiendo a los estudiantes realizar y reportar mediciones inadecuadamente<sup>5</sup>. Esta costumbre queda tan arraigada en los estudiantes, que una vez que cursan materias universitarias de ingeniería y ciencias, continúan teniendo dudas y realizando omisiones acerca de cómo reportar y manipular resultados experimentales<sup>6</sup>.

Si un objetivo de los cursos de física a nivel medio es introducir a los estudiantes en el conocimiento del mundo físico, y este se fundamenta en experimentos y sus respectivas mediciones, es necesario que los estudiantes adquieran las habilidades necesarias para realizar correctamente el proceso de medición. La medición, como proceso, es un conjunto de actos experimentales dirigidos a determinar una magnitud física de modo cuantitativo, empleando los medios técnicos apropiados y en el que existe al menos un acto de observación<sup>7</sup>. Esta medición, expresada por medio de una cantidad numérica y la unidad de medida correspondiente, debe considerar elementos prácticos; ya que todo acto de medición es esencialmente inexacto y los valores obtenidos son números aproximados, relacionados a los instrumentos de medición, el estudiante debe manejar también el concepto de incertidumbre<sup>8</sup>.

Para que una habilidad tan general como medir magnitudes físicas se transforme en una capacidad en el estudiante deben sistematizarse un sinnúmero de acciones y habilidades más específicas. Los niveles de profundidad y asimilación de contenidos debieran entonces ser crecientes en orden de complejidad, empleándose actividades que promuevan una participación activa.

## 2 Desarrollo

**Aspectos Pedagógicos.** Un factor clave de éxito en el diseño de tecnología educativa es conocer las características generales de la población objetivo como edad, sexo, nivel de conocimiento, entre otras. Un segundo factor de interés en el diseño de tecnología educativa son los estilos de aprendizaje con los que los estudiantes perciben, interactúan y responden a los ambientes de aprendizaje<sup>9, 10</sup>.

En el desarrollo de este proyecto ambos factores fueron considerados al planear las actividades y el diseño de la presentación. En esta etapa se realizó una revisión de trabajos con objeto de identificar los aspectos pedagógicos más importantes en el desarrollo de la aplicación (contenidos teóricos, experiencias virtuales, tareas de desarrollo de destrezas y actividades sobre aprendizaje de procedimientos).

**Planeación de Contenidos y Actividades.** Se elabó

un conjunto de actividades y materiales didácticos basados en el Plan de Estudios de Física que se complementaron con libros de texto de bachillerato, licenciatura y maestría<sup>11-16</sup>. Algunos contenidos del curso de Diseño de Experimentos a nivel maestría se adaptaron al nivel requerido, explicando los conceptos sin ahondar en el tratamiento matemático. Los temas fueron reorganizados en cuatro bloques teórico-prácticos: “¿Qué es una medición?”, “¿Cómo se realiza una medición?”, “¿Cómo registrar una medición?” y “¿Cómo analizar una medición?” y dos bloques experimentales: “Experimentos en el aula” y “Laboratorio virtual”.

**Desarrollo de Contenidos y Actividades.** A partir de los temas se elaboró una serie de mapas conceptuales que integran los contenidos con el propósito de mostrar a los estudiantes una idea general del material incluido en el tutorial. Las explicaciones de los contenidos se desarrollaron a partir de resúmenes elaborados previamente, en ellas se desarrolló cada uno de los subtemas de forma breve, clara y sencilla. En las explicaciones se intercalaron preguntas sencillas para que la participación del usuario sea frecuente. Después de cada concepto importante se incluyeron actividades para manejar, clasificar, manipular, organizar y aplicar la información proporcionada por el sistema.

Para la parte experimental se diseñaron prácticas experimentales que pueden ser realizadas en el salón de clases. Posteriormente se procedió a la implementación de actividades para llevar a cabo con los simuladores diseñados previamente. Los simuladores fueron desarrollados utilizando el software multimedia Macromedia Flash MX, esta etapa se basó en un prototipo inicial, elaborado previamente, que en este proyecto se ha ampliado a tres simuladores: “Aprendiendo a Medir”, “¿Qué es más exacto?” y “Mediciones con Vernier”

**Integración de Contenidos y Actividades.** La integración de los contenidos, mapas conceptuales, prácticas de experimentos y simuladores se realizó con Macromedia Authorware, un software de creación de programas con capacidades interactivas, que permite generar ejecutables que incorporan todo tipo de archivos multimedia como imagen, sonido, animaciones, etc. Este software también ofrece la opción de generar los archivos Web requeridos para la inserción del tutorial en plataformas didácticas, como Moodle o Blackboard.

## 3 Discusión de resultados

Se obtuvo una aplicación multimedia de software educativo, denominada “Tutorial interactivo para introducción a la teoría y práctica de mediciones”, que puede ser instalada en una computadora personal o en Internet. La aplicación guía de manera sistemática a los estudiantes hacia el estudio de las propiedades físicas y su medición enfatizando la importancia de medir y encontrar patrones específicos que conduzcan a entender la necesidad de sistemas internacionales de medición. El menú principal, el estudiante tiene la opción de elegir dos tipos de

contenidos: Teóricos o Experimentales.

Los bloques de contenidos teórico-prácticos realizan una introducción a las propiedades físicas y sus medidas. Los contenidos se encuentran distribuidos en cuatro secciones, cada una aborda un aspecto diferente del proceso de medición. En la figura 1 se muestra la pantalla de contenidos Teóricos. Al escoger en el menú una de estas cuatro secciones aparece un mapa conceptual con conceptos básicos. Cuando el estudiante presiona sobre uno de los conceptos subrayados tendrá acceso a la explicación del tema con sus respectivos ejemplos y actividades. Las preguntas dirigidas a los estudiantes están orientadas a la reflexión, creatividad y aplicación de sus competencias verbales y abstractas. Para cada respuesta existe una retroalimentación.

En la sección ¿que es una medición? se explican los conceptos de medición, magnitud, unidad de medida y el sistema internacional de unidades enfatizando su carácter decimal y resolviendo, entre otros, ejercicios sobre múltiplos y submúltiplos a partir de ejemplos prácticos obtenidos de la vida cotidiana. Para la segunda sección, ¿Cómo se realiza una medición? además del mapa conceptual inicial se muestran ilustraciones y videos con diferentes tipos de instrumentos de medición. Se incluye una actividad donde los estudiantes deben identificar mediciones directas e indirectas de acuerdo al instrumento que se utilice e identificar los tipos de errores (sistemáticos, aleatorios o de paralaje) cometidos por el usuario del instrumento.

En la sección ¿Cómo registrar una medición? se deben tomar lecturas de los instrumentos presentados previamente, determinando el número de cifras significativas y la incertidumbre asociada. El estudiante también puede tener acceso a situaciones en las que debe emplear la notación científica para escribir diversos valores asociados a magnitudes macro y microscópicas. Finalmente, en ¿Cómo analizar una medición?, se explica el tratamiento estadístico requerido para reportar magnitudes directas, ejemplificando mediante curvas de distribución la media y la desviación estándar asociada a una medición. Se introduce el concepto de exactitud y confiabilidad, y la determinación de magnitudes indirectas, en este caso se especifica el tratamiento que se debe seguir al realizar operaciones aritméticas básicas.

Cuando el profesor explica los temas guiándose en este tutorial, los estudiantes que al final de la clase tengan dudas, pueden repetir las actividades tantas veces como sea necesario, teniendo la certeza que poniendo atención a las explicaciones podrán mejorar su comprensión de la materia. A diferencia de los libros de actividades, que sólo muestran algunos ejercicios resueltos, adicionales a los ejemplos, en el tutorial todos los ejercicios presentan la resolución y retroalimentan al estudiante. Conforme el estudiante avanza, responde preguntas lógicas que poco a poco lo van conduciendo a un aprendizaje significativo.

En el bloque Experimental, se incluyen Actividades de Laboratorio Virtual, en las que varios simuladores diseñados previamente son presentados. La sección de si-

mulaciones presenta los procedimientos para realizar mediciones de longitudes con diferentes instrumentos. La longitud, que es una de las magnitudes fundamentales, es necesaria para la determinación de otras magnitudes derivadas, por lo que manejar adecuadamente los instrumentos de medición de longitud más comunes, es indispensable para determinar propiedades físicas diversas.



Figura 1. En los contenidos “Teóricos” se presentan los contenidos teóricos, con sus explicaciones, mapas conceptuales, ejemplos y actividades prácticas. Están distribuidos en cuatro secciones ¿Qué es una medición?, ¿Cómo se realiza una medición?, ¿Cómo registrar una medición? y ¿Cómo analizar una medición?

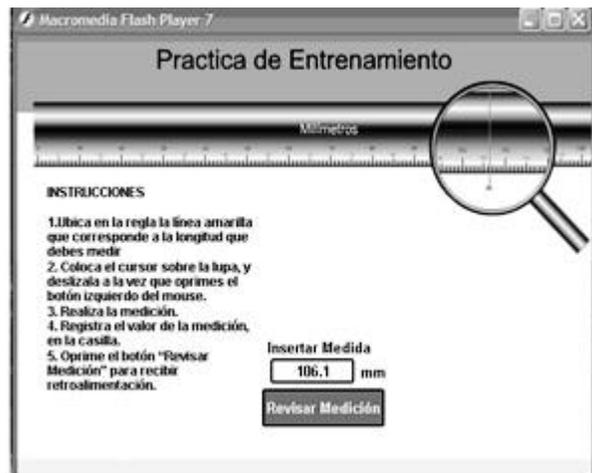


Figura 2. En la actividad “Aprendiendo a Medir” los estudiantes practican las mediciones con reglas graduadas en milímetros y centímetros, además realizan mediciones con un vernier. Una línea amarilla indica la longitud que se debe medir. Si la medición es correcta, el estudiante es felicitado, y se le invita a continuar midiendo. Cuando la medición este fuera del rango aparece en mensaje de error indicando la medida correcta y posteriormente se solicita realizar una medición diferente con el mismo instrumento con el que se falló.

Se inicia con la actividad “Aprendiendo a Medir” en

la que el estudiante realiza una practica de entrenamiento. En la pantalla aparece una regla graduada en milímetros y sobre ella una línea amarilla que indica la longitud que se debe medir. Si la medición es correcta aparece otra línea, para realizar una nueva medición en centímetros, en caso de ser correcta se solicita una nueva medición con el vernier. En caso que la medición este fuera del rango aparece en mensaje de error indicando la medida correcta y posteriormente solicita realizar una medición diferente con el mismo instrumento con el que se falló. En la figura 2 se muestra una pantalla de este simulador. Una vez concluida esta parte, el estudiante tiene la opción de elegir una de las seis frutas mostradas en la pantalla para ser medida. Una vez que el estudiante escogió el objeto a medir, podrá mover el vernier y la lupa para medir la longitud e introducir el valor estimado. El simulador dará retroalimentación al estudiante al indicar si la medida es correcta o incorrecta. Para cada objeto, incluyendo las frutas, se genera una medida aleatoria que permite que la longitud sea diferente al repetir la práctica.

Para desarrollar en el alumno el concepto de error e incertidumbre en la medición existe la actividad “¿Qué es más exacto?” donde el objeto es medido con una regla graduada en milímetros, en centímetros y un vernier. El software solicita realizar las mediciones tres veces con cada instrumento. Al terminar las mediciones el promedio y la desviación estándar son desplegadas en la pantalla, con lo que el estudiante compara los tres instrumentos y realiza sus propias conclusiones acerca del error que existe y su dependencia respecto al instrumento de medición. El propósito es mostrar al estudiante que el valor reportado va a ser determinado por la exactitud del instrumento con que se mida.

Para los estudiantes que no están familiarizados con el uso del vernier se diseñó el tutorial “Mediciones con Vernier” que puede tomarse previo a la realización de la primera práctica. Este simulador explica detalladamente como se utiliza el instrumento.

## 4 Conclusiones

El desarrollo de una aplicación multimedia para la enseñanza de la física a nivel medio básico proporciona a los estudiantes la oportunidad de participar en situaciones de aprendizaje interactivas. El diseño de la aplicación guía de manera sistemática a los estudiantes hacia su aprendizaje, utilizando diversos recursos

didácticos. Además, propicia en el estudiante la observación, el pensamiento analítico y la clarificación de conceptos.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por SIP-IPN y bajo el proyecto SEPSEByN-2003-C01-14

## Referencias

1. J. Hernández, Problemas y políticas de la educación básica, editado por E. Manteca, pp. 118-128 (SEP, México, 2000)
2. T. Rojano, Rev. iberoam. educ., 33, 135 (2003).
3. M. Santillán; Rev. Mex. Inv. Ed, 11( 28), 7 (2006) .
4. A. Ávila, Materiales Educativos Multimedia: Disponibilidad y acceso en educación secundaria, VIII Congreso de Educación a Distancia, Córdoba, pp. 215-218 (2004).
5. E. Fernandez,; Teaching Statistics in Secondary School. An overview: from the curriculum to reality. The 6th International Conference on Teaching Statistics, South Africa, pp.1-5 (2002).
6. L. Kirkup; Reforming the teaching of uncertainty to undergraduate science and engineering students. Proceedings of the Metrology Society of Australia, Melbourne, pp..21-25 (2004).
7. J. Herrera; Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien. ISSN: 1697-011X. 2(2), 163, (2005).
8. A. Pontes, J. Gavilán, M.Obrero, y A. Flores. Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien. ISSN: 1697-011X. 3(2), 251, (2006).
9. A. Lozano, Estilos de aprendizaje y enseñanza, pp. 51-69 (Trillas, México, 2000)..
10. J. Niedo y B. Macedo; Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años, cap. 3, I.S.B.N: 84-7666-079-0 (OEI-UNESCO, España. 1997). .
11. C. Gutiérrez y V. Serrano; Introducción a las Mediciones. Prácticas de Laboratorio, pp. 12-220 (IPN, México, 2004),.
12. R. Resnick, D. Halliday. Física. Vol. No. 1. pp. 3-7 (CECSA, México, 2004).
13. A. Máximo, B. Alvarenga. Física General. pp. 9-22 (Oxford, México, 2005).
14. P. Bevington y D. Robinson, Data Reduction and Error Anal. for the Phys. Sci.. pp. 1-60 (McGraw-Hill, USA, 1992).
15. S. Rabinovich; Measurement Errors and Uncertainty. Theory and Practice, (Springer-Verlag, USA, pp.31-65 2000).
16. L. Kirkup y R.B. Frenkel; An Introduction to Uncertainty in Measurement. pp. 35-52 (Cambridge University Press, USA, 2000).