

Construir la Física Construyendo Simulaciones.

J.M. Zamarro, M.J. Núñez, G. Molina
Universidad de Murcia. Departamento de Física.
Facultad de Química. Campus de Espinardo. 30071 Murcia. España
jmz@um.es, maripepa@um.es, gregomc@um.es

Resumen

Las computadoras pueden ser utilizadas de muy diversas formas en la enseñanza de las ciencias, las simulaciones con interfases gráficas interactivas convierten a las computadoras en posibles laboratorios virtuales en los que, si se implementan entornos adecuados, podemos desarrollar el paradigma de aprender investigando. Otra posibilidad de uso se encuentra en el desarrollo de simulaciones por los propios usuarios no expertos en informática, esto es posible gracias a herramientas que facilitan la elaboración de interfases gráficas interactivas, lo que permite al usuario concentrarse en el modelo de su problema. El Easy Java Simulation es una herramienta de distribución gratuita que produce applets Java embebidos en ficheros html lo que facilita su difusión.

Palabras clave: simulaciones, aprender investigando

1.- La computadora y la enseñanza de las ciencias.

La computadora es una potente herramienta de cálculo y por lo tanto una gran ayuda para cualquier estudioso de temas científicos, además, las capacidades gráficas le confieren capacidad para realizar simulaciones animadas interactivas que la convierten en un laboratorio de experiencias, tanto de procesos reales como posibles.

Las simulaciones gráficas interactivas de fenómenos naturales y de experiencias realizables gracias a las capacidades gráficas y de cálculo de los ordenadores ayudan a la comprensión de los mismos [1] y permiten la introducción de conceptos abstractos muchas veces con enfoques novedosos. La forma en que los ordenadores pueden ser utilizados para la mejora en la calidad de la enseñanza es muy variada [2] [3] [4] [5]. Hay una gran diversidad de tópicos que pueden ser objeto de tratamiento mediante el ordenador, en nuestro trabajo el ordenador es usado específicamente en la enseñanza de la Física. Dentro de este apartado existen también diferentes formas de ser usado, nosotros lo utilizamos como imitador de los procesos que se presentan en la naturaleza o para crear mundos posibles como contraste con el mundo observado. Para ello se hace uso de simulaciones interactivas controladas desde ficheros HTML que tienen la ventaja de facilitar la creación de hipertextos y que son visualizados mediante los editores estándar de la red, estas simulaciones deben mostrar en la forma más realista posible el fenómeno que se quiere simular dando al usuario el control del mayor número de variables que intervengan en el proceso así como facilidades en la forma de realizar las observaciones y medidas de los distintos parámetros, de este modo el ordenador puede ser utilizado según las características propias de un laboratorio es decir, medir y comprobar los modelos sometidos a experiencia.

En el complejo mundo del aprendizaje la posibilidad por parte del alumno de aprender investigando se muestra como una característica importante en la mejora de la adquisición de conocimientos. Para que los desarrollos mediante ordenador sean eficaces deben guiar al alumno de forma que la información que se le suministre no se convierta en un simple recetario que él mismo siga de manera automática, ni ser tan escasa que se limite a jugar con la simulación pero sin realizar un verdadero trabajo de investigación que le permita adquirir un conocimiento que pase a formar parte de su bagaje cultural, es decir, pueda utilizarlo en

situaciones novedosas a las que ha sido aprendido. Los entornos exploratorios que permiten la simulación por ordenador necesitan ser combinados con otras medidas en orden a conseguir un sistema de aprendizaje eficaz [6][7].

Otro modo de utilizar las simulaciones en el proceso enseñanza aprendizaje es la producción por parte del alumno, de sus propias simulaciones, esto es posible gracias a herramientas de autor que facilitan a usuarios no expertos en informática el desarrollo de aplicaciones. La existencia de entornos gráficos que permiten concentrar el esfuerzo en el modelo de nuestro problema y facilitan la creación de interfaces gráficas interactivas a personas no expertas en informática, permite introducir temas difíciles de abordar con otros medios debido a su abstracción o a las características de animación que poseen como puede ser la introducción de la dinámica, de las ondas, de la termodinámica, de la mecánica cuántica, de los campos y en general de cualquier tema que se pueda modelar matemáticamente.

2.- La herramienta Easy Java Simulations.

Easy Java Simulations (**Ejs**) [8] es una herramienta de software diseñada para la creación de simulaciones por ordenador, facilitando la creación de interfaces gráficas interactivas. **Ejs** crea applets Java que son independientes, multiplataforma, que se pueden visualizar usando cualquier navegador Web (y por tanto ser distribuidos a través de Internet). Ejs requiere solamente de un tutorial de una a dos horas para que el usuario, no experto en informática, se familiarice con sus principales características.

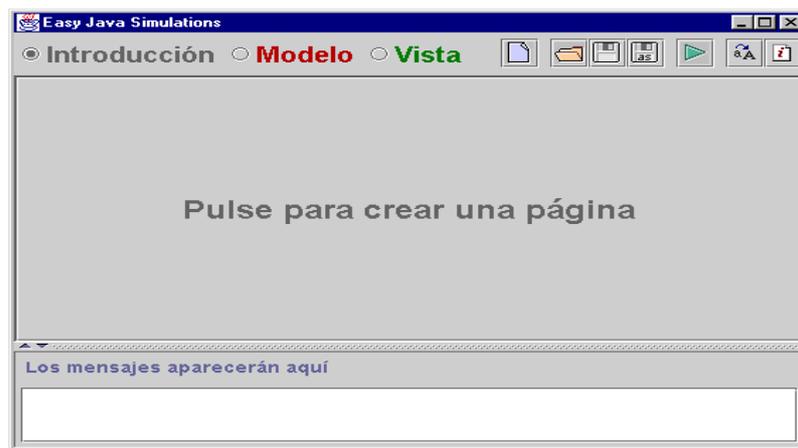


Figura 1. Aspecto de la ventana principal del Ejs

En la figura 1 vemos la ventana principal de esta herramienta, junto con los iconos típicos de este tipo de aplicaciones, con la particularidad del icono  que nos genera el applet y los ficheros *html* asociados al mismo, en la parte superior de esta imagen se pueden apreciar los dos apartados más importantes del Ejs, el Modelo y la Vista.

El Modelo es el lugar en el que el usuario debe traducir las ecuaciones matemáticas y las condiciones del fenómeno que quiere simular al lenguaje de la computadora y es responsabilidad suya el conocimiento preciso y el planteamiento matemático del problema que desea abordar. Como veremos en los ejemplos que se proponen en el siguiente apartado, unas nociones básicas de cálculo numérico y algunas sentencias comunes en la mayoría de los lenguajes de programación permiten abordar una amplia variedad de problemas.

La verdadera potencia del Ejs se encuentra en la Vista que facilita la construcción de una sofisticada interfaz gráfica y en las facilidades para conectarla con el modelo, lo que permite la interactividad y con ello investigar nuestro fenómeno. En la Vista, el usuario no necesariamente experto en informática, encuentra una amplia variedad de elementos gráficos que le van a permitir, con el simple uso del ratón, conseguir una representación gráfica de su fenómeno en el que puede incluir diversos elementos gráficos en dos o tres dimensiones que muestren de un

modo razonablemente realista mediante bolas, flechas, texto, imágenes, cuerpos geométricos, ese entorno.

En la figura 2 se muestra el aspecto de la Vista, en la parte derecha los elementos gráficos ordenados en diversas categorías, para construir nuestra interfase gráfica seleccionamos aquellos elementos que nos interesen llevándolos sobre la parte izquierda de esta ventana, el árbol de elementos. Las características de estos elementos gráficos así creados pueden ser modificadas fácilmente y, lo más importante, relacionadas con las variables y acciones de nuestro modelo con lo que la interactividad es implementada con sencillez.



Figura 2. Vista del Ejs con los elementos gráficos

Un aspecto importante para el usuario del Ejs es que dicha herramienta genera el fichero *html* con el applet embebido, de forma que es razonablemente fácil la distribución de las aplicaciones así como su publicación en Internet. El alumno es introducido así en este tipo de ficheros y reconoce las ventajas que tiene su utilización para la presentación de sus trabajos.

3.- Introducción a la Física Computacional.

La mayor parte de las leyes físicas vienen expresadas mediante ecuaciones diferenciales, los alumnos de primer curso universitario no tienen, por lo general, un conocimiento de las matemáticas necesarias para tratar este tipo de ecuaciones, la capacidad iterativa de las computadoras permite resolver algunos de estos problemas utilizando unos principios básicos de Física Computacional. Uno de los casos más sencillos y que permiten abordar un amplio espectro de fenómenos es la integración de las ecuaciones del movimiento. La ecuación 3.1 nos muestra la definición de velocidad en la que se ha explicitado la definición de derivada.

$$v = \frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} \quad 3.1$$

Pasando a diferencias finitas, el método más sencillo de Euler [9] nos permite escribir:

$$v * \Delta t = x(t + \Delta t) - x(t) \Rightarrow x(t + \Delta t) = x(t) + v * \Delta t \quad 3.2$$

y así integramos la ecuación diferencial correspondiente a la definición de velocidad, de modo similar se integra la aceleración. La traducción al lenguaje de la computadora es relativamente simple, la siguiente expresión terminada en punto y coma, asigna un nuevo valor a la variable *x*.

$$x = x + v * dt; \quad 3.3$$

Es importante, en estas situaciones iniciales, insistir que la anterior expresión no es una igualdad matemática sino una asignación, al transcribir nuestro modelo a la computadora debemos tener muy claro que no da la mismo que unos parámetros se encuentren a la derecha del signo =, o a su izquierda, la computadora va a evaluar la expresión que se encuentra a la derecha y este valor se lo va a asignar a la variable que se encuentre en la izquierda.

4.- Aplicaciones a la Dinámica Newtoniana.

Podemos considerar el caso más paradigmático la dinámica Newtoniana, Un caso simple de utilización de estas expresiones es el estudio de una partícula puntual sometida a una fuerza elástica, en este caso la aceleración es proporcional y de sentido opuesto al desplazamiento.

$$a = -k * x / m \quad 3.3$$

La integración de esta expresión y la correspondiente a la velocidad nos lleva a una solución numérica de nuestro problema que podemos representar mediante una imagen realista como el cochecillo unido a un muelle o representando aquellas variables que nos interesen.

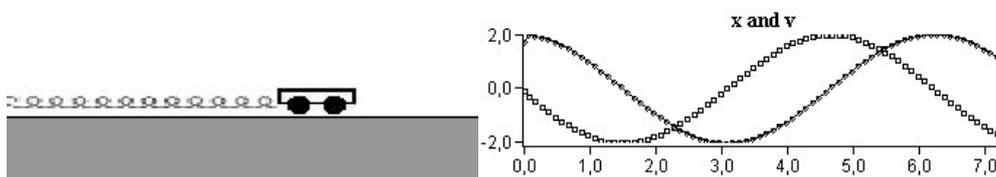


Figura 3. Carrito unido a un muelle y representación del desplazamiento y la velocidad.

Una de las consecuencias que tenemos con este tipo de actuación es que el usuario llega de un modo natural a consecuencias teóricas que de otro modo son más costosas de obtener como la necesidad de imponer unas condiciones iniciales y cómo obtenemos una u otra solución dependiendo de las condiciones iniciales seleccionadas. Otro valor añadido es que con este procedimiento de discretización de las ecuaciones diferenciales, el resolver un problema similar pero en el que tengamos en cuenta fuerzas de rozamiento dependientes de la velocidad consiste simplemente en añadir un término a la ecuación de la fuerza.

5.- Conclusiones.

La existencia de herramientas que permiten a usuarios no expertos en informática elaborar sus propias simulaciones con interfases gráficas interactivas abre un nuevo campo de posibilidades en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, estas herramientas permiten plantear que los propios estudiantes realicen sus simulaciones concentrando sus esfuerzos en el modelo de su problema, pudiendo modificar el mismo y así investigar la repercusión de sus previsiones.

Bibliografía

- [1] de Jong, T. "Learning and Instruction with Computer Simulations". Education & Computing, 6, 217-229, (1991).
- [2] M. F. Iskander, Technology-Based Electromagnetic Education, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, V. 50 nº 3, p. 1015-1020, March (2002)
- [3] F. Esquembre, Computers in Physics Education, Computer Physics Communications 147, 13-18 (2002)
- [4] de Jong, T. "Learning and Instruction with Computer Simulations". Education & Computing, 6, 217-229, (1991)
- [5] S. F. Almeida Barretto, R. Piazzalunga, V. Guimarães Ribeiro, M. B. Casemiro Dalla and R. M. Leon Filho, Combining interactivity and improved layout while creating educational

software for the Web, Computers & Education, Volume 40, Issue 3, Pages 271-284, April (2003)

- [6] de Jong, T., Joolingen van, W.R., Lapied, L., Canella, Ch., Scott, D. (1992). Components of a SMISLE. DELTA Deliverable 5.
- [7] Njoo, M.K.H. (1994). Exploratory learning with a computer simulation: learning process and instructional support. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
- [8] Esquembre F.
http://www.um.es/fem/Ejs/Ejs_es/
- [9] Troyer M. Computational Physics. ETH Zürich, 2004/2005
<http://www.itp.phys.ethz.ch/lectures/RGP/PDF/rgp.pdf>