

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

William Prado Martínez

Estudiante de Magíster en Automatización de producción

Ingeniero Mecánico

Docente Universidad Católica Popular del Risaralda

prado@ucpr.edu.co

Recibido mayo 15 de 2008 / Aceptado junio de 2008

RESUMEN

El presente artículo es un resumen de la ponencia presentada en el “Primer Encuentro Regional de Ciencias Exactas y Naturales” como parte de las reflexiones del grupo de investigación GEMA y describe el uso de la simulación en la enseñanza de la física para los programas de Diseño Industrial e Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones en la Universidad Católica Popular del Risaralda. El artículo plantea la simulación como herramienta que permite al estudiante interactuar con los fenómenos manipulando variables en combinaciones no posibles con métodos tradicionales.

PALABRAS CLAVES: Simulación, Física Mecánica, enseñanza, modelo físico

ABSTRACT

This article is a summary of the talk presented during the “First Regional Meeting of Natural and Exact Sciences”, as part of the reflections of the research group GEMA, and it describes the use of simulation for the teaching of the Physics for the Industrial Design and Computing and Telecommunications Engineering programs at Universidad Católica Popular del Risaralda. The article proposes the simulation as a tool that lets the student interact with the

different phenomena, using variables in combinations which would not be possible with traditional methods.

Key Words: Simulation, Mechanic Physics, Teaching, Physic model.

1. INTRODUCCIÓN

La simulación comprende la realización de un modelo que representa un escenario de una realidad posible o una realidad concreta, sea esta física, social o económica y sobre la cual se conducen experimentos enmarcados en relaciones tanto matemáticas como lógicas que describen el comportamiento y la estructura de un sistema.

Durante las últimas décadas, las técnicas de simulación se han situado en un lugar preferencial dentro de la investigación científica, debido a la posibilidad de encontrar resultados precisos y confiables de los fenómenos estudiados en tiempos relativamente cortos, con menores esfuerzos económicos y humanos.

Los modelos utilizados para la simulación pueden ser variables físicas del fenómeno como un prototipo a escala, gobernado por las leyes de similitud geométrica, cinemática y dinámica, modelos matemáticos mediante simplificaciones o modelos computacionales que se basan generalmente en métodos de solución iterativos.

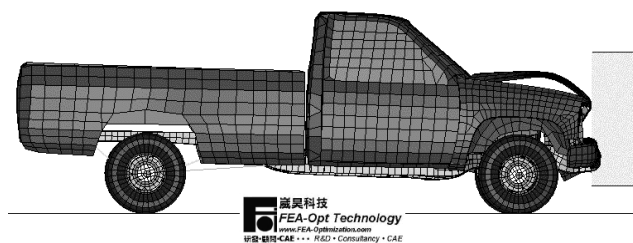
Con el desarrollo de algoritmos cada vez más complejos y la amplitud de equipos de cómputo, se han podido realizar simulaciones en la síntesis química de polímeros, circuitos y redes eléctricas, el análisis dinámico de estructuras y piezas de maquinaria, el flujo de aire sobre la superficie de aeronaves y vehículos y el comportamiento de fenómenos meteorológicos como huracanes y tormentas.

2. SIMULACIÓN E INTERACCIÓN CON EL USUARIO

Hoy en día la simulación combina poderosos motores matemáticos y gráficos que ofrecen una sensación de realidad potenciando su utilización en la industria del entretenimiento como los videojuegos, el planeamiento de intervenciones quirúrgicas o para el entrenamiento de pilotos¹. De esta manera, la simulación no solo permite estudiar el fenómeno, también examina el desempeño de los seres humanos cuando intervienen en estos fenómenos, desde la seguridad de que en una realidad virtual el ser humano no se verá afectado por condiciones adversas.

Este hecho, se convierte en una oportunidad sin igual para la enseñanza de las Ciencias a cualquier nivel más aun cuando puede fraguarse una relación ventajosa con el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

La figura 1 muestra un ejemplo de esta relación, en la cual el usuario puede observar los eventos que se dan durante el choque frontal de un vehículo. Este tipo de simulaciones se pueden estudiar bajo diferentes condiciones de velocidad y tipos de materiales y sus efectos sobre el sistema tales como fuerzas, aceleraciones y deformaciones.



¹ Entre los primeros usos importantes de la simulación se cuenta el primer entrador de vuelo inventado por Edwin Link en 1929 quien justificó su uso en la seguridad que ofrecía para el piloto y los equipos

Figura 1. Simulación por FEA Análisis de elementos finitos del choque frontal de un vehículo

La figura 2 muestra otra colisión, esta vez de forma lateral contra una barda de protección. En las dos simulaciones el usuario puede interactuar con el sistema explorando nuevas alternativas y optimizando el diseño sin exponerse a sufrir lesiones y repitiendo el experimento tantas veces como sea necesario.

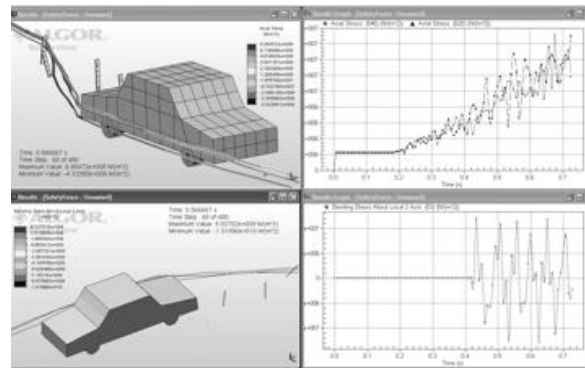


Figura 2 Simulación por FEA Análisis de elementos finitos del choque contra una barda

Es importante resaltar que existen diferencias fundamentales entre la simulación y la animación. Como se ha resaltado hasta el momento simular atiende a seguir unas leyes sean estas físicas, económicas, etc. bien definidas según sea el caso, mientras que la animación se encamina a la excitación de los sentidos mediante sensaciones visuales y auditivas con la finalidad de producir placer u otra emoción. Esta combinación mejora la interacción con el usuario, pero sólo mediante una formación académica en los fenómenos estudiados, quien realiza la simulación, puede concluir correctamente a partir de los resultados y determinar la dinámica del sistema.

Por lo tanto, el proceso de simulación por sí sólo no garantiza que el análisis realizado sea correcto, es necesario siempre que quien realiza el modelo ajuste los parámetros de simulación e interprete adecuadamente los resultados. La simulación, es pues, una herramienta que no desplaza al ser humano ni a su conocimiento, por el contrario convierte al observador en sujeto activo y este puede influir directamente en la medición. De esta forma, el proceso de simulación, como todo proceso científico que garantice adecuadamente las conclusiones de estudio, exige ciertas metodologías.

3. EL PROCESO DE SIMULACIÓN

En la literatura técnica existen numerosos artículos que dan cuenta de cómo se realiza una simulación. En general, estas metodologías concuerdan en los siguientes aspectos:

El problema o sistema

Después de definir el sistema que se desea estudiar, se deben concretar cuestiones tales como las siguientes:

¿Qué comportamiento del sistema se desea evaluar? ¿Qué interacciones se dan entre los componentes del sistema con otros sistemas? ¿Cuáles son las variables que mejor describen el comportamiento? ¿Cómo se realiza la medición de estas variables? ¿Cómo se analizan estas variables? y ¿Cómo se deben presentar los resultados?

El modelo

Cuando se han resuelto las cuestiones anteriores, se procede a la elaboración del modelo, teniendo en cuenta que primero se realiza un análisis preliminar para identificar cuál es el apropiado para el estudio. Para ello debe entenderse, que un modelo es una representación

simplificada de la realidad (Joly, 1998:11) y manifiesta mediante un sistema de menor complejidad sólo algunas propiedades del sistema original.

Este paso es fundamental, pues se relaciona con la exactitud y precisión del estudio así como con la complejidad propia de elaboración del modelo y el alcance de los resultados. Por lo tanto deben realizarse algunas preguntas previas como ¿Qué magnitudes físicas² fundamentales y derivadas son necesarias en el estudio del modelo? ¿Cuáles son los intervalos en los cuales estas magnitudes pueden variar?

Por ejemplo, los modelos pueden comprender:

Simulación Discreta: modelación de un sistema [...] por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambian instantáneamente en instantes de tiempo separados. (En términos matemáticos [...] el sistema solo puede cambiar en instantes de tiempo contables) (Law, 2004:66)

Simulación Continua: “modelación [...] de un sistema por medio de una representación en la cual las variables de estado cambian continuamente en el tiempo. Típicamente, los modelos de simulación continua involucran ecuaciones diferenciales que determinan las relaciones de las tasas de cambio de las variables de estado en el tiempo.”

Simulación Combinada Discreta-Continua: modelación de un sistema por medio de una representación en la cual, unas variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo y otras cambian instantáneamente en lapsos de tiempo separados. Es una simulación

² Las magnitudes físicas fundamentales en el sistema internacional de unidades son masa, longitud, tiempo, temperatura, cantidad de sustancia, corriente eléctrica, intensidad luminosa que se complementan con el ángulo plano y el ángulo sólido. Se denominan fundamentales porque cualquier otra magnitud física puede derivarse por combinaciones de estas.

en la cual interactúan variables de estado discretas y continuas. Existen tres tipos de interacciones entre las variables de estado de este tipo de simulaciones:

Un evento discreto puede causar un cambio discreto en el valor de una variable de estado continua.

Un evento discreto puede causar que la relación que gobierna una variable de estado continua cambie en un instante de tiempo en particular.

Una variable de estado continua de punto de partida puede causar que un evento discreto ocurra o sea programado.”

Simulación Determinística y/o Estocástica: es aquella que utiliza únicamente datos de entrada determinísticos, no utiliza ningún dato de entrada azaroso. En cambio un modelo de simulación estocástico incorpora algunos datos de entrada azarosos al utilizar distribuciones de probabilidad.

Simulación Estática y Dinámica: La simulación estática es aquella en la cual el tiempo no juega un papel importante, en contraste con la dinámica en la cual si es muy importante.

Simulación con Orientación hacia los Eventos: modelado con un enfoque hacia los eventos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los mismos, que ocurren instante a instante, registrando el estado de todos ellos, entidades, atributos y variables del modelo en todo momento.

Simulación con Orientación hacia Procesos: modelado con un enfoque de procesos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de ellos y deben seguir las entidades. En cierta forma, es un modelado basado en un esquema de flujo grama de procesos, donde se hace un seguimiento a la entidad a través de la secuencia de procesos que debe seguir.

En el caso de la Universidad Católica Popular del Risaralda, se ha utilizado una combinación de simulación estática, dinámica y de eventos.

Verificación y ajuste del modelo

Un modelo se considera verificado cuando su implantación corresponde a la conceptualización realizada. Sin embargo, un modelo verificado no es válido si su comportamiento viola alguno de los supuestos (hipótesis) fundamentales de su conceptualización. Si esta anomalía no se corrige mediante el ajuste (entonación) de los parámetros del modelo, entonces éste debe ser revisado desde su conceptualización. Para que este paso se pueda dar es imprescindible la formación académica y la experiencia de quien simula, así como contrastar los comportamientos del modelo con estudios de otros investigadores y expertos en el tema.

Experimentación

Es la etapa crucial del modelado pues se concreta la simulación, se proveen los datos para el análisis y se ratifica el éxito o derrota del proceso. Es pues la prueba de fuego del esfuerzo de modelado y simulación. Si se tiene éxito los resultados podrán extrapolarse al sistema original, a la realidad. Pero si se fracasa en la simulación no necesariamente se fracasa en la empresa científica, las conclusiones del proceso son de valiosa repercusión para posteriores estudios.

Interpretación

Para realizar este paso, es necesario recolectar los datos de la simulación y sus resultados, analizar esta información de manera que se verifiquen o se evidencien los comportamientos del modelo y por lo tanto del sistema. Este paso debe realizarse con extremo cuidado y con protocolos que garanticen la mínima ocurrencia de un error en la manipulación de los datos.

De igual manera y de acuerdo con el número de datos debe seleccionarse la mejor manera de procesarlos y presentarlos.

Documentación

Durante todo el proceso debe realizarse la documentación, pues este ejercicio permite la revisión del proceso para corregir fallas y respaldan el estudio. Además son la evidencia del mismo y la base para la elaboración de los informes y los artículos de divulgación.

4. SIMULACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Existen en el mercado diferentes programas de software para los procesos de simulación en el estudio de fenómenos y en la enseñanza de las ciencias. Para la Física de los Cuerpos Sólidos, están entre otros, Working Model 2D y Visual Nastran.

Estos programas ayudan tanto a la enseñanza como al aprendizaje de temáticas propias de los curso de Mecánica. En la Universidad Católica Popular del Risaralda se ha utilizado Working Model 2D para ilustrar algunos fenómenos tanto en el curso teórico de Física I como en el componente de Laboratorio en los programas de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones y en Diseño Industrial.

En ambos casos los cursos hacen parte del componente de fundamentación científica y los contenidos se asemejan. Existen diferencias sustanciales en los propósitos tanto de formación profesional, como de pre requisitos académicos, los cuales generan énfasis particulares.

En Diseño Industrial el programa de simulación se utiliza con el fin de que el estudiante explore diferentes combinaciones tanto geométricas como funcionales para la el diseño de mecanismos, máquinas y artefactos. Esta estrategia le permite aproximarse, de mejor manera, al concepto de función práctica (en el diseño industrial se considera que todo diseño cumple con tres funciones básicas: estética, práctica y simbólica). La función práctica se refiere a la tarea específica que debe cumplir el artefacto en cuestión y que se ejecuta como un verbo; limpiar, transportar, asir, cortar, etc.

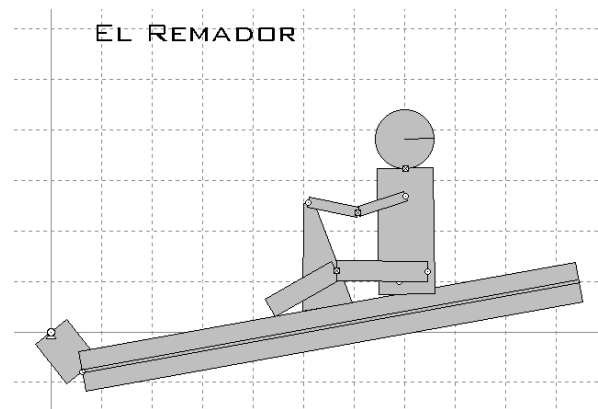


Figura 3. Mecanismo para el diseño de un juguete en el programa de Diseño Industrial

La exploración se realiza como un ejercicio de ensayo y error, orientado por conceptos generales acerca de las leyes que rigen el fenómeno, sin una fundamentación matemática extensiva, salvo el uso de la geometría y una inducción a los conceptos de cadenas cinemáticas y grados de libertad (Erdman, 1997:25). En su mayoría, las simulaciones realizadas son soporte a la hora de la presentación del diseño, pues se pueden conjugar aspectos de animación relacionados con el manejo del color, la textura y la forma de los objetos.

En la formación de ingenieros se enfatiza más en los conceptos de velocidades, aceleraciones y fuerzas, así como en los balances energéticos y en los principios de impulso y cantidad de movimiento. Para estos estudiantes se realizan ejercicios de análisis y elaboración de informes. Por lo tanto es indispensable un manejo más riguroso de las Matemáticas, en especial del Álgebra y del Cálculo. En el principio del curso los cuerpos son tratados como partículas y solo al final se empiezan a conjugar aspectos de la forma desde la distribución de masa.

La afinidad de los ingenieros con el uso de la computadora y con los algoritmos es una ventaja para relacionar aspectos como la exactitud y la precisión. De igual manera la fundamentación en Cálculo y Programación permite profundizar en la medición y el uso de controles para manipular algunas propiedades del modelo como la velocidad, la fuerza y la masa entre otros.

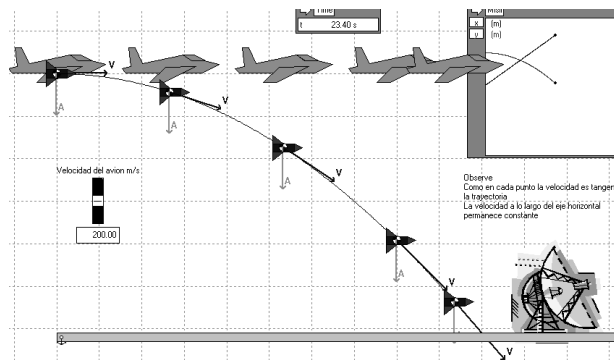


Figura 4. Uso de control de velocidad en un ejemplo para Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones

En ambos programas, el Working Model 2D estimula la creatividad, pues luego de los ejercicios y aplicaciones iniciales, los estudiantes exploran por sí mismos diferentes

condiciones y proponen nuevas soluciones y respuestas. En este sentido se consigue atender un objetivo común y fundamental del curso de Física, estimular la capacidad de asombro.

Uno de los ejercicios iniciales propuestos, tiene que ver con la caída de los cuerpos y hace claridad de que en un campo conservativo todos los cuerpos, independientemente de la masa caen con la misma aceleración. Luego de este ejercicio los estudiantes promueven discusiones amplias en relación con el uso de resortes o las diferencias cuando los cuerpos golpean el suelo dependiendo del material. Figura 5.

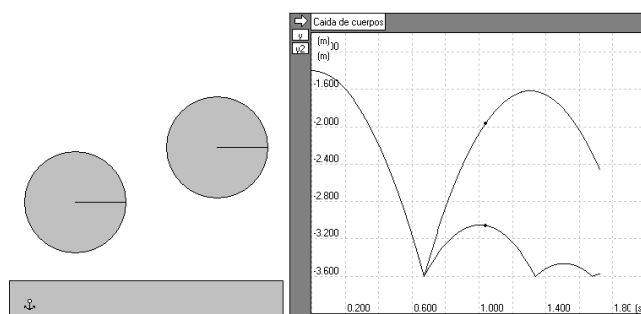


Figura 5. Diferencia en el rebote de dos cuerpos de igual masa pero de diferente material

De manera general el programa permite realizar simulaciones tanto estáticas como dinámicas creando un historial de eventos que pueden reproducirse y analizarse en cualquier momento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los programas computacionales estimulan la creatividad de los estudiantes, sin embargo los alcances dependen de la relación con su objeto de formación profesional. En cada caso debe entenderse este objeto de formación y delimitar los alcances posibles.

La simulación puede utilizarse tanto para la explicación de un fenómeno, como para profundizar en estudios de manera independiente. Sin embargo es importante desarrollar estrategias para promover ejercicios analíticos y no considerarlo sólo como un juego.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bedford, Fowler. (1996). "*Mecánica para Ingeniería: Estática, Dinámica*". Editorial Addison Wesley Iberoamericana.
- Erdman, A. G. Sandor, G. N. (1997). *Diseño de mecanismos. Análisis y Síntesis*. Editorial Prentice Hall.
- Joly, F. (1988). *La Cartografía*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Law, Averrill. Kelton, David. (2004). *Simulation*.
- Matko, J. G. (1997). *Modeling and Simulation of Systems*. New Jersey: Prentice Hall.
- *Modeling and Analysis*. Tercera edición. McGraw Hill.
- Ogata, Katsuhiko. (1992). *System Dynamics*. 2ª edición. New Jersey: Prentice Hall.

- S. M. Ross. (1990). *"A Course in Simulation "*. Macmillan.