



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

EL LABORATORIO DE SIMULACIÓN COMO RECURSO DE APRENDIZAJE EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Luis Alejandro Arzamendia, Diana Analia Duré, Alfredo Javier Larangeira

**Universidad Tecnológica Nacional
Resistencia, Argentina**

Resumen

Este trabajo fundamentará la importancia que adquiere la utilización del laboratorio de simulación en la enseñanza de la ingeniería, constituyendo una herramienta didáctica capaz de propiciar un aprendizaje significativo y basado en la experiencia. Esta fundamentación es base para el diseño e implementación de un laboratorio de Simulación –CAD/CAM y CNC en la Universidad Tecnológica Nacional –F.R.Re- , además de explicar las ventajas de simulaciones de distintos procesos, incluyendo los conceptos de “Modelo” y las características de distintos entornos que ofrece el mercado.

La simulación como herramienta de aprendizaje tiene relevancia académica en ingeniería, provee una herramienta fundamental para los estudiantes, favoreciendo que se encuentren con una realidad totalmente diferente a la que plantean los libros. Sitúa al educando en un contexto que imita algún aspecto de la realidad y establecen ambiente y situaciones problemáticas, similares a las que deberá enfrentar como ingeniero.

Si desea aprender experimentalmente cómo responde un sistema ante una gran variedad de acciones, una simulación resulta mucho más útil que una explicación teórica. Es un recurso de aprendizaje que constituye un medio para transformar el conocimiento teórico en capacidad de aplicación.

Una simulación puede tener más utilidad que experimentar con el sistema real, pues permite ensayar diversas condiciones en corto tiempo, sin incrementar el costo por efecto de las cosas mal hechas, sin impacto nocivo sobre dicho sistema ni riesgo para quienes la usan. Incluso permite llevar sin riesgo o peligro, tanto material como humano, el sistema a situación de falla para evaluar las consecuencias de la misma y experimentar la forma de mitigar sus efectos.

En consecuencia, conviene usar simuladores cuando se busca que los estudiantes adquieran la capacidad de:

- de relacionar el desarrollo teórico con la práctica sobre modelos preestablecidos reales.

- de actuar frente a situaciones completamente nuevas y de prever las contingencias que pueden ocurrir.
- Confrontar resultados en distintas circunstancias en relación con las distintas teorías.

Así mismo trataremos la situación en nuestra facultad y nos referiremos a los principios en los que se basa un desarrollo adecuado de laboratorios de simulación en la formación de ingenieros.

Palabras clave: laboratorios; simulación; aprendizaje

Abstract

This work will base the importance of using the simulation laboratory for engineering teaching, making a didactic tool, able to benefit a significative learning based on the experience.

This support is the base to design and implementation of a simulation laboratory CAD/CAM and CNC in the National Technological University. F.R.R.e- , apart from explaining the advantages of simulation models in different process, including the meaning of “Model” and the specifications of different settings that Trade offers.

The simulation as a learning tool, has an academic relevance in engineering, provides the main tool for students, promoting them to find a totally different fact from books. It sets the student in a context which follows real aspects and establishes similar situations in which the learner will face as an engineer.

If the student wants to learn in an experimental way how a system responds to a great actions variety, a simulation is more helpful than a theoretical explanation. This is a learning resource that establishes a mean to become the theoretical learning into implementation ability.

A simulation can be more useful than experimenting with the real system, since enable to test different conditions in a short period of time, without increasing the cost as a result of things which have been done in a wrong way, without a damaging impact on the system or risk for those who use it. It even allows taking the system to a fail situation in order to test its consequences and experiment the way of reducing its effects.

Consequently, it is convenient to use simulators when the purpose is that students acquire the ability to:

- *Relate theoretical development with the practice about real pre-established models.*
- *Act to face new situations and predict future eventualities.*
- *Confront results in different circumstances in relation to different theories.*

In the same way, we will treat the situation and we will refer to the principles in which are based the appropriate development of simulation laboratories in engineers education.

Keywords: laboratories; simulation; learning

1. Introducción a la Simulación en los Procesos de Aprendizaje

Las simulaciones resultan fundamentales para el aprendizaje significativo en muchas áreas de conocimientos, en esencia se trata de la representación de un fenómeno de una forma artificial y por lo tanto comporta un ahorro considerable de esfuerzos, materiales y riesgos.

En relaciones con esta idea, es destacable la ayuda que muchos programas informáticos de simulación han aportado al aprendizaje de algunos procesos y destrezas, que en situaciones reales hubiera supuesto un alto riesgo para el sujeto, por ejemplo manipulación de materiales o maquinas peligrosas, etc.

Las simulaciones pueden usarse en la enseñanza de la ingeniería para que el estudiante experimente de forma continua con los conceptos teóricos que conforman parte de la asignatura.

La Simulación permite entre otras cosas al estudiante de ingeniería distintos tipos de aprendizajes como ser:

El Aprendizaje por Descubrimiento.

Aprendizaje basado en experiencias (Modelo de David Kolb).

Aprendizaje por la acción o de formación de por competencias (Dr. Hans-J. Lindemann)

Existen importantes aportaciones teóricas que elevan definitivamente la simulación a la categoría de disciplina. Son numerosos las universidades y centros de investigación que han creado laboratorios y grupos de trabajo exclusivamente orientados al estudio y desarrollo de tecnologías de simulación. Es por ello que en se ha querido introducir este tema para poder crear un debate en torno a este campo y estimular a nuestros profesores y alumnos a utilizar e investigar en esta parcela del conocimiento.

2. El laboratorio de simulación

2.1 Como método de enseñanza y aprendizaje

En el laboratorio de simulación el alumno desempeña un rol o actúa en un entorno simulado (analógico o digital) para practicar y desarrollar capacidades de acción y decisión en situaciones de la vida real. El proceso educativo se caracteriza por la relación dialéctica entre los objetivos, el contenido los métodos, los medios y la evaluación. Estos elementos establecen una relación lógica de sistema, donde el objetivo ocupa el papel rector, pues expresa la transformación planificada que se desea lograr en el educando en función de la imagen del ingeniero, y por lo tanto, determina la base concreta que debe ser objeto de asimilación.

La simulación consiste en situar a un estudiante en un contexto que imite algún aspecto de la realidad y en establecer en ese ambiente situaciones, problemáticas o reproductivas, similares a las que él deberá enfrentar en una industria, de forma independiente, durante las diferentes prácticas profesionales supervisadas o pasantías.

El empleo de la simulación no puede constituir un elemento aislado del proceso docente, sin un factor integrador, sistémico y ordenado de dicho proceso. Su utilización debe tener una concatenación lógica dentro del Plan de estudio de la carrera de ingeniería electromecánica, de manera que se corresponda con las necesidades y requerimientos de las diferentes asignaturas.

Para el empleo del laboratorio de simulación se requieren determinados requisitos, entre los cuales tenemos:

- Elaboración de guías orientadoras para los educandos y guías metodológicas para los profesores de cada tipo de simulación (y simulador) que empleemos, que contenga una definición clara de los objetivos a lograr.
- Demostración práctica inicial a los educandos por parte del profesor, que contenga su introducción teórica, donde se puedan emplear otros medios de enseñanza de forma combinada.
- Ejercitación del educando de forma independiente.
- Evaluación por el profesor de los resultados alcanzados por cada estudiante de forma individual.

2.2 Principales características de un entorno de simulación

El fundamento de la simulación en cualquiera de sus aplicaciones está íntimamente relacionado con el concepto de modelo. La modelización de cualquier operador o sistema se apoya en la observación de los fenómenos que lo caracterizan, razón por la cual, en la medida que podamos reproducir esos fenómenos y experimentar con ellos, podremos comprender con más claridad el modelo. La simulación tiene por objeto conseguir Modelos Válidos para poder comprender mejor un universo determinado facilitando el estudio y el aprendizaje. Los sistemas de simulación pueden clasificarse en discretos y continuos en función del tratamiento que se haga de las variables (variables continuas o variables discretas).

La diversidad de aplicaciones de las herramientas de simulación ha permitido el desarrollo de numerosos entornos de simulación adaptados al área de conocimiento en la que se pretenden usar. Es difícil, por ésta cuestión, realizar una clasificación de características comunes a todos los entornos y por lo tanto las que se incluyen en este trabajo son susceptibles de ampliar o recortar en función del criterio del usuario .Las características comunes y más importantes son:

• Entorno Gráfico	• Posibilidad de Conexión con el exterior.
• Incorporación de módulos de planificación del aprendizaje	• Posibilidad de conexión con otros programas.
• Lenguaje de programación gráfica	• Posibilidad de ampliación de biblioteca de objetos.
• Interfaces Hombre Máquina.	• Instrumentación Virtual.

3 Campos de Aplicación en el laboratorio

Los campos de aplicación de las herramientas de simulación son muy diversos pero entre los más importantes citaremos los siguientes: a) Simulación de Procesos, Circuitos y Sistemas; b) Control de maquetas; c) Adquisición de Datos y medidas de Variables físicas; d) Entorno de Entrenamiento con Operadores Técnicos; e) Laboratorio simulación e Interacción con el medio externo.

No se incluyen aquellas herramientas orientadas a la Dinámica de Sistemas, que configuran una parte especial y por otro lado muy importante en el campo de la simulación, pero no es tema de este estudio.

Como ejemplos de aplicaciones de la simulación en el laboratorio se pueden mencionar

Tecnologías CAD/CAE/CAM:

- CAD (Diseño asistido por computadora):Es un sistema que permite el diseño de objetos por computadora, presentando múltiples ventajas como la interactividad y facilidad de crear nuevos

diseños, la posibilidad de simular el comportamiento del modelo antes de la construcción del prototipo, modificando, si es necesario, sus parámetros; la generación de planos con todo tipo de vistas, detalles y secciones, y la posibilidad de conexión con un sistema de fabricación asistida por computadora para la mecanización automática de un prototipo. También permite el diseño de objetos tridimensionales como diseño de piezas mecánicas, diseño de obras civiles, arquitectura, urbanismo, etc

- CAE (Ingeniería asistida por computadora). El modelo geométrico de un producto es el elemento central dentro del concepto de la CAE y consiste en la representación del mismo en la memoria de la computadora. Todos los demás elementos de la CAE utilizan esta descripción geométrica como punto de partida. Ejemplo, el contorno de la pieza puede emplearse para determinar el paso de la herramienta al mecanizarse mediante un sistema de control numérico.
- CAM (Fabricación asistida por computadora). Es un sistema que permite usar computadoras en el proceso de control de fabricación industrial, buscando su automatización. En un sistema moderno, la automatización abarca el proceso de transporte, almacenamiento, mecanizado o conformado, montaje y expedición del producto.
- Relaciones entre CAD/CAM, CIM, CAE, CAL/CAI. Existe entre algunos científicos la tendencia a la clasificación de disciplinas de la ciencia en conjuntos disjuntos. Éste podría ser el caso de los sistemas CAD/CAM. En cambio, la realidad es muy distinta de esas clasificaciones conceptuales. Por ejemplo, hoy en día, es difícil poder realizar procedimientos de CAD/ CAM sin apoyarse en otras disciplinas como la PIS (sistema de información gráfica), la CAS (simulación asistida por computadora), la computación gráfica, los diseños de sólidos en tres dimensiones (3D para el área de los CAD), los FIVIS (sistemas de fabricación flexibles), el control numérico (NC), el FA (automatización total) o el AM (fabricación autónoma) para el área del CAM. Sin embargo, siguiendo esa normativa, ya aceptada, se pretende analizar diferentes sistemas ayudados por computadora, necesarios para poder desarrollar CAD/CAM, CIM, CAE, CAL/CAI, dividiendo sus disciplinas de soporte en áreas concretas. El diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM) constituyen dos técnicas que, aunque diferentes, han estado, estrechamente relacionadas desde su aparición aunque su evolución no ha logrado ser lo suficiente convergente para que la comunicación entre ambos procesos alcance los niveles mínimos deseables.

Algunas aplicaciones CAD/CAM en campos específicos son: Diseño de circuitos integrados, Diseño de circuitos electrónicos, Industria pesada. Diseño Industrial, etc.

Software de simulación que permiten reproducir de manera intuitiva y simplificada entornos de aprendizaje y procesos tecnológicos específicos. En este campo la oferta del mercado es muy amplia existiendo simuladores de circuitos eléctricos/electrónicos, electro-neumática, instrumentación y control, de procesos industriales, etc. Entre los más utilizados en el ámbito académico se puede mencionar Crocodile Clips, Multisim NI, Circuit Maker, LabView, Matlab etc.

4 El Laboratorio de simulación de Ingeniería Electromecánica

Considerando lo anteriormente expuesto, la formación del Ingeniero Electromecánico debería contar, además de un laboratorio de máquinas - herramientas con máquinas convencionales, un laboratorio de simulación y máquinas CNC (control numérico por ordenador) como medio de entrenamiento para el desarrollo de las competencias propias de la profesión. Sus aplicaciones directas e indirectas serían las siguientes:

- Contar con maquinarias de tecnología de vanguardia en CNC posibilitará que se mejore los ya tradicionales métodos de enseñanza.

- Orientar los destinos de la Universidad no sólo como un ente educativo, sino más vinculado con la sociedad y las tendencias que sigue esta en los métodos de producción y diseño.
- Relacionar más profundamente las asignaturas propias de la carrera con el Laboratorio de Máquinas-Herramientas, buscando aplicaciones directas e innovaciones educativas en cada una de ellas.
- Acercar y vincular empresas relacionadas al tema con la Facultad a fin de intercambiar tecnologías, soluciones y conocimientos.
- Brindar apoyo a la investigación en trabajos de grado y adelantar prácticas profesionales y de extensión a la comunidad.

Nuestra propuesta, para una primera etapa de implementación del laboratorio de simulación y teniendo en cuenta nuestra realidad, incluye:

- a) Área de aplicaciones integradas de CAD/CAM/Metrología tridimensional
Constituye una infraestructura tecnológica para dar respuesta integrada a la formación continua y a la investigación aplicada a las áreas de Diseño (CAD), Fabricación (CAM) y Metrología tridimensional. Estará configurado como sistema integrado a través de red local que posibilitará flujos de información multidireccional entre las diversas áreas. Permitirá el tratamiento del diseño mecánico en todas sus posibilidades (2D, 3D, sólidos, superficies, paramétrico) sobre plataformas PC, bien como finalidad en sí misma o para transferir geometrías a los sistemas CAM constituidos por máquinas-herramientas CNC e impresora 3D de carácter educacional. La medición tridimensional de las piezas fabricadas, con máquina manual o automatizada, es una de las posibilidades del sistema. Esta capacidad se completa con la digitalización de modelos y la transferencia de geometría en ambas direcciones, con los sistemas CAD-CAM.
- b) Área de simulación propiamente dicha: consistente en la instalación en estaciones de trabajo de software de simulación relacionados con las distintas áreas de conocimiento propias de la carrera de Ingeniería Electromecánica: simuladores de circuitos eléctricos/electrónicos, de adquisición de datos, electro-neumática, instrumentación, automatización y robótica.

5 Conclusiones

La simulación como herramienta para la formación de ingenieros ha evolucionado rápidamente, de manera que son numerosas las experiencias en el ámbito universitario, sin embargo muchas veces su implementación debe vencer la resistencia al cambio ya que implica un nuevo paradigma respecto de las prácticas tradicionales.

Este trabajo ha fundamentado la importancia de la implementación de un laboratorio de simulación en las carreras de ingeniería y en particular en la carrera de Ingeniería Electromecánica, sin embargo es importante recalcar que mismo no debe estar aislado y sin conexión con el entorno de aprendizaje permanente de los alumnos, por lo tanto será necesario revisar, desde las cátedras, las metodologías a emplear para que se implemente el uso efectivo de este laboratorio, de manera de que no sea tan solo un agregado al proceso, sino parte integrante y definitoria en la calidad de la formación de competencias del futuro ingeniero.

6 Referencias

Artículos de revistas

- Agustín García Barneto y Mario Rafael Gil Martín.(2006).Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista.Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 5 N°2* ,pp.304-322.
- Alberto Pedro Lorandi Medina, M.I. Guillermo Hermida Saba. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería* .Vol.4 ,pp.24-30.
- Andújar, J., Mateo, T. (2010).Diseño de Laboratorios Virtuales y/o Remotos. Un Caso Práctico. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, Vol. 7, No. 1.
- Mario Leoncio Arrija Rodríguez y Fernando Ortiz Flores.(2013).El concepto de Laboratorio Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería, *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Publicación N°10*.

Libros

- Rue, Joan.(2009). El Aprendizaje Autónomo en Educación Superior. Narcea S.A. De Ediciones España.
- Zabalza, Miguel A.(2002). La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas. Narcea S.A. De Ediciones.España.
- Brown S y Glasner,A(edit).(2003).Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques.Narcea S.A. De Ediciones .España.
- Boon, G.K.; Mercado, A.(1991). Automatización Flexible en la Industria. Ed. Limusa. México
- James V. Valentino and Joseph Goldenberg; "Introduction to Computer Numerical Control 3/E" Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458
- Bautista,G.; Borges,F.; Flores,A (2006). Didáctica Universitaria en entornos virtuales de enseñanza – aprendizaje. Narcea S.A. De Ediciones .Madrid.
- Benito,A.; Crua,A. (2005).”Nuevas claves para la docencia universitaria”. Narcea S.A. De Ediciones .Madrid.

Fuentes electrónicas

- Centro Nacional de Perfeccionamiento Médico y Medios de Enseñanza .La simulación como método de enseñanza y aprendizaje. *Dr. Ramón S. Salas Pereay Dr. Plácido Ardanza Zulueta*. Consultada en 13 marzo de 2013 en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/ems/vol9_1_95/ems03195.htm
- Universidad de Salamanca .Jorge L. Palés Argullós y Carmen Gomar Sancho. El uso de las simulaciones en educación médica. Consultado en 02 marzo de 2013 en: http://www.ub.edu/medicina_unitatededucaciomedica/documentos/Lus%20de%20les%20simulacions%20en%20educacio%20medica.pdf
- Festo Didactic - Su proveedor para actividades de cualificación y asesoría. Consultada en 2 de marzo 2013. <http://www.festo-didactic.com/es-es/?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjEOLjEYLjMzMjE>. http://www.festo-didactic.com/didactic/Demos/Katalog_2013_es/index.html

Sobre los autores

- **Luis Alejandro Arzamendia:** Ingeniero Electromecánico, Especialista en Docencia Universitaria, Esp. en Ing. de Calidad. Profesor titular. luisarzamendia@yahoo.com.ar

- **Diana Analía Duré:** Ingeniero Electromecánico, Especialista en Docencia Universitaria, Esp. en Investigación educativa. Profesor titular. dianadure2005@yahoo.com.ar
- **Alfredo Javier Larangeira:** Ingeniero Electromecánico, Especialista en Docencia Universitaria. Profesora en Ingeniería. Profesor titular. alfredolarangeira@yahoo.com.ar

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)