

LA ENSEÑANZA DE LA SIMULACIÓN EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Dra.C. Maritza Petersson Roldán¹, Ms.C. Odalys Falcón Acosta¹

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

Resumen

El presente artículo expone un resultado del trabajo metodológico de un colectivo docente responsable de la enseñanza de la disciplina Matemática Aplicada para los ingenieros industriales. El resultado se refiere específicamente al diseño metodológico de la asignatura Simulación, la cual estudia técnicas matemáticas para tratar los problemas de naturaleza estocástica. El diseño propuesto ha tenido en cuenta las complejidades propias de los contenidos a abordar así como las características de los problemas que deben ser resueltos con ellas. Estos problemas contextualizados dentro del ejercicio de la profesión del ingeniero industrial potencian la significación del aprendizaje de la mencionada asignatura y constituye fuente de motivación de los contenidos.

Palabras claves: Enseñanza Matemática, Simulación matemática.

Introducción

La Ingeniería Industrial surge en Cuba como especialidad en 1962, como resultado de la necesidad que tenía el país de impulsar la formación de ingenieros que desarrollasen y explotasen eficientemente la creciente y sostenida base productiva que el proceso de industrialización generaba. En la actualidad existe otra realidad que justifica que se sigan formando ingenieros en esta especialidad.

Los planes y programas de estudio de la Carrera de Ingeniería Industrial se han ido adecuando a los requerimientos del desarrollo de la ciencia y la tecnología y a los cambios del entorno, dando respuesta en cada caso a las exigencias de su tiempo. La disciplina de Matemática Aplicada no se excluye de este proceso evolutivo, presente tanto en los contenidos abordados en las diferentes asignaturas que históricamente la han constituido como en la metodología para su enseñanza. .

La simulación matemática es un contenido abordado dentro de la disciplina Matemática Aplicada, que se define como una técnica que imita el comportamiento de los sistemas en el tiempo. Generalmente se realiza a través de un modelo, cuyas características están dadas por los supuestos sobre los que opera el sistema estudiado, expresados con relaciones lógicas-matemáticas entre sus componentes relevantes. En contraste con las técnicas analíticas que se estudian en esta disciplina, la simulación ejecuta el modelo a través del tiempo en una computadora, por lo que muchos autores la reconocen como un experimento de muestreo del sistema objeto de estudio (Chung, C. 2004). De esta manera la simulación es una técnica poco exigente en cuanto al cumplimiento de supuestos para su aplicación, y la convierte en una de las más importantes herramientas para analizar el diseño y la operación de sistemas o procesos complejos.

Precisamente, la amplia variedad de problemas afines al ejercicio de la profesión del Ingeniero Industrial que pueden ser tratados con esta técnica y las características propias de la misma exige la utilización de ambientes de enseñanza no tradicionales, que eviten los aprendizajes algorítmicos.

Este artículo expone un nuevo diseño metodológico para la asignatura Simulación para los Ingenieros Industriales con vista a facilitar el aprendizaje de los contenidos de la misma, fundamentalmente los referidos a la simulación matemática.

Desarrollo

La Disciplina Matemática Aplicada en el perfil del ingeniero industrial.

El Ingeniero Industrial es un profesional que dentro de sus funciones está analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios en toda la cadena de aprovisionamiento transporte-producción-venta-servicios de posventa. Por lo que el problema fundamental a resolver por ellos, se define como:

La contradicción entre las crecientes necesidades de productos y servicios que satisfagan las demandas económicas, políticas, sociales y tecnológicas del país y las posibilidades de satisfacer estas demandas en forma competitiva, eficiente y eficaz.

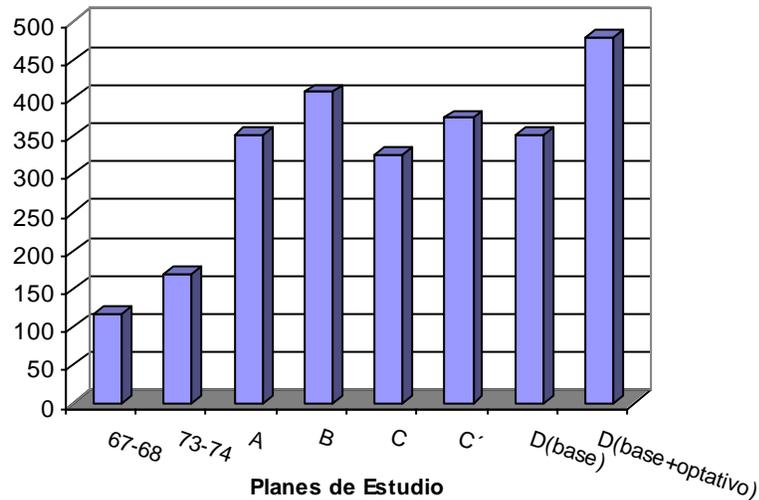
Para dar respuesta a este problema en el modelo del profesional se definen tres grandes objetivos generales:

- Participar activamente en la vida social demostrando en todas sus acciones una sólida preparación científica, cultural, política y social asumiendo posiciones patrióticas, políticas, ideológicas y éticas acordes con los principios marxistas y leninistas en que se fundamenta nuestra sociedad.
- Interpretar las relaciones que se producen en los procesos entre los hombres-equipos- materiales - energía - información - finanzas en el tiempo y como influyen en la eficiencia, eficacia y competitividad de una organización.
- Proyectar y explotar como gestor los procesos que garanticen la misión y objetivos estratégicos de la organización, de forma competitiva, eficiente y eficaz.

Estos objetivos se concretan a través del desarrollo de un conjunto de habilidades y actitudes, en las cuales la disciplina de Matemática Aplicada tiene una incidencia significativa, al aportar modelos y métodos matemáticos que contribuyen a analizar, diseñar, operar, mejorar y dirigir procesos de producción y servicios posibilitando la toma de decisiones científicamente fundamentada.

En el gráfico que se muestra a continuación puede apreciarse el fondo de tiempo asignado a la disciplina en los diferentes planes de estudio por donde ha transitado la carrera, incluyendo el plan de estudio D, que es el plan de estudio actual pero que aún la disciplina no ha sido impartida íntegramente con él.

Gráfico # 1



El total de horas asignadas a la disciplina tuvo un crecimiento significativo a partir del plan 73-74, al reconocerse los contenidos tratados en la misma de gran utilidad en la esfera de actuación del ingeniero industrial, ya sea en los sistemas productivos como de servicio. Puede apreciarse como en el plan D, considerando el currículo base y optativo se llega a un total de 480 horas, a tono con lo que se afirma en el documento del Plan de Estudios D de Ingeniería Industrial, página 173 “...esta disciplina proporciona los métodos matemáticos de mayor uso y utilidad para el ingeniero industrial”

Las asignaturas que han integrado tradicionalmente esta disciplina son: Probabilidades, Estadística Matemática y Modelos Económicos Matemáticos con algunos cambios en sus nombres y alcance. Los Modelos Económicos Matemáticos se corresponden con las técnicas y métodos matemáticos estudiados en la Investigación de Operaciones, incluyendo la simulación. En la siguiente tabla se muestran las asignaturas que integran la disciplina con sus respectivos fondos de tiempos con el plan de estudio actual (C’):

Asignaturas	Horas
Probabilidades	56
Estadística I	72
Estadística II	70
Modelos Económico-Matemáticos I	64
Modelos Económico-Matemáticos II	56
Simulación	56
Total	374

La asignatura Simulación. Su diseño metodológico.

La Simulación es la asignatura que cierra la disciplina, aunque en versiones anteriores de planes de estudio era impartida como iniciadora del bloque de la investigación operativa, lo cual tenía sus ventajas y por supuesto desventajas.

La asignatura tiene los siguientes objetivos instructivos:

1. Dominar los conceptos básicos necesarios para poder comprender los problemas de sistemas de servicios e inventarios, en particular y otros procesos discretos, identificando los elementos que caracterizan a estos tipos de problemas.
2. Aplicar métodos matemáticos analíticos a la solución de este tipo de problema cuando ello sea posible.
3. Analizar y resolver estos y otros problemas de decisión, a través del análisis de la simulación de las distintas alternativas planteadas con la ayuda de las computadoras.
4. Analizar e interpretar económicamente las soluciones obtenidas y evaluar con rigor estadístico las soluciones planteadas.

A partir de estos objetivos el trabajo metodológico debe encaminarse a que el estudiante comprenda los fenómenos y procesos de naturaleza estocástica, fundamentalmente discreta, contribuyendo al desarrollo de la capacidad en los estudiantes de modelarlos matemáticamente.

En el desarrollo de cada tema el profesor debe hacer referencia a ejemplos que ilustren la potencialidad de los modelos tratados, de manera que ubique al estudiante en problemas vinculados con la realidad económica, además de que sirvan al mismo tiempo para la mejor comprensión de los aspectos teóricos de la asignatura.

Los ejercicios que se utilicen en las actividades prácticas deberán estar vinculados a la práctica profesional del ingeniero industrial, donde a partir de los valores hallados de los parámetros buscados se tome una decisión, recomendándose, siempre que sea posible, utilizar un criterio económico para discriminar alternativas durante el proceso de toma de decisiones.

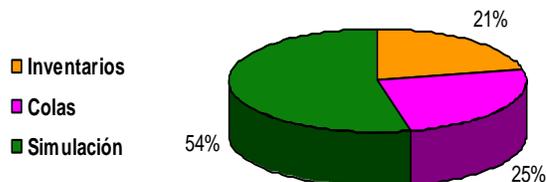
A continuación se muestra el plan temático de la asignatura:

Tabla 1. Plan temático

<i>Tema</i>	<i>Contenido</i>	<i>C</i>	<i>CP</i>	<i>L</i>	Total
I	Inventarios	4	8	-	12
II	Colas	2	10	2	14
III	Simulación	8	6	16	30
T O T A L		12	24	18	56

En el siguiente gráfico que muestra el fondo de tiempo de cada tema de la asignatura, puede apreciarse que el tema simulación es al que se le dedica mayor tiempo (54 %)

Gráfico # 2



En los primeros temas de la asignatura se definen los problemas de inventario y colas, estudiándose los modelos matemáticos que los representan, así como los métodos analíticos de resolución para tratarlos. La utilización de estos modelos exige el cumplimiento de determinados supuestos, que con frecuencia no se cumplen lo cual limita la aplicación de las técnicas analíticas en la práctica y justifican la utilización de la simulación a pesar de adolecer de las desventajas propias de las técnicas estadísticas.

Lo dicho justifica que en la primera actividad del tema de simulación se utilice un ejemplo de cola visto en actividades anteriores, pero asumiendo nuevas condiciones que impliquen la violación de algún supuesto de los exigidos para la aplicación de los modelos estudiados en el tema anterior, puede ser referido al patrón de llegada al sistema, como al servicio con respecto a la disciplina con que se brinde o a la distribución de probabilidad del tiempo de servicio. De esta manera se motiva el nuevo contenido a tratar, la simulación manual, demostrando su capacidad para resolver este tipo de situaciones, además de otras de naturaleza estocástica.

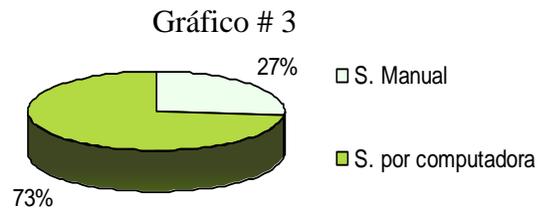
Al resolver el problema presentado también se muestra la desventaja de la simulación en cuanto a la precisión de los resultados, que ahora son estimaciones que para garantizar su calidad se requiere un buen diseño del experimento, cuya corrida conlleva a realizar un gran volumen de cálculos, lo cual obliga a la utilización de la computadora, que será el objeto de estudio en las actividades posteriores: la simulación por computadora. A continuación se muestra el tiempo que se dedica a cada temática:

Tabla 2. Distribución del fondo de tiempo por temática en el tema de Simulación

Temática	C	CP	L	Total
Simulación Manual	2	6	-	8
Simulación por Computadora	6	-	16	22
Total	8	6	16	30

El objetivo que se persigue con la simulación manual es la comprensión de la filosofía de la técnica, pues la implementación práctica solo es posible con la computadora, lo cual justifica el contraste entre el tiempo dedicado a cada temática y que puede apreciarse en el

siguiente gráfico.



La simulación por computadora que aborda los métodos de evaluación numérica de los modelos que imitan el comportamiento de los sistemas utilizando la computadora, ha transitado por diferentes etapas en concordancia con el desarrollo tanto del hardware como del software (W.D.y col.1998). En los años 50-60, época en que aparecen las computadoras digitales, se utilizaron los lenguajes de propósito general como FORTRAN para realizar simulaciones de sistemas complejos. Ya con la aparición de las computadoras personales se comienzan a utilizar los lenguajes de simulación de propósito específico como el GPSS, SIMSCRIPT, SLAM y SIMAN. En la actualidad con el desarrollo de computadoras y de lenguajes de programación más potentes han surgidos los simuladores de alto nivel.

A partir del plan de estudio C que se incluye el estudio de la simulación por computadora se decidió utilizar para su impartición un lenguaje de propósito específico, considerando las ventajas que implica esta elección:

1. Los lenguajes de simulación proporcionan automáticamente muchas, si no todas, las características necesarias para la programación de un modelo de simulación, lo que redundaría en una reducción significativa del esfuerzo requerido para programar el modelo.
2. Proporcionan un marco de trabajo natural para el uso de modelos de simulación. Los bloques básicos de construcción del lenguaje son mucho más afines a los propósitos de la simulación que los de un lenguaje de tipo general.
3. Los modelos de simulación son mucho más fácilmente modificables cuando están escritos en un lenguaje de simulación, y por consiguiente se pueden ejecutar con mayor facilidad y flexibilidad los cambios requeridos por los experimentos de simulación.
4. Muchos de los lenguajes de simulación proporcionan una asignación dinámica de memoria durante la ejecución, cosa que no ocurre con todos los lenguajes de propósito general.
5. Facilitan una mejor detección de los errores, especialmente los inherentes a la lógica del proceso de simulación.

El lenguaje de simulación que se enseñaba entonces era el Siman, sin embargo el mismo presenta las deficiencias clásicas de los lenguajes de simulación: una interfaz poco amistosa

con el usuario y una alta exigencia en su sintaxis y semántica, es por ello que desde hace tres cursos se optó por impartir como software para la simulación por computadora el Arena, el cual combina las bondades de los lenguajes de simulación y de los simuladores. El Arena no es más que un generador de modelos Siman con un ambiente gráfico que facilita al usuario realizar experimentos de simulación sobre todo de sistemas discretos, además posee un analizador estadístico para los datos de entrada y salida y facilidades para la animación. Todas estas características contribuyen de manera positiva a la comprensión de los sistemas a estudiar con las técnicas de simulación.

En la planificación de la enseñanza referida a la simulación por computadora la estrategia recomendada esta fundamentada en el principio de aprender haciendo y reflexionando sobre lo realizado, evaluando los resultados. De esta manera no se realizan actividades teóricas presenciales para la enseñanza del Siman, sino que las actividades teóricas se dedican a la comprensión de los problemas a tratar y a los comandos Arena para su modelación, además de insistirse en el diseño del experimento de simulación considerando las características del sistema objeto de estudio.

El sistema de evaluación de la asignatura por plan no contempla la realización de un examen final, por lo que la evaluación del estudiante está condicionada por las diferentes evaluaciones frecuentes, dígame evaluaciones en actividades prácticas y evaluaciones parciales.

Cuando los estudiantes se enfrentan a la simulación por computadora ya han sido evaluados en las temáticas anteriores. Estas evaluaciones reflejan los problemas y avances que presentan los alumnos en el proceso de enseñanza aprendizaje y por tanto aportan elementos al docente para precisar las necesidades de aprendizaje de cada uno de ellos y pronosticar la medida y calidad con que lograrán los objetivos. Estos objetivos que han sido definidos considerando los niveles de asimilación del conocimiento dentro del proceso, son evaluados en la temática a través de una prueba parcial para la simulación manual y otra para la simulación por computadora, sin embargo, considerando que las técnicas para realizar la evaluación se subordinan a la personalización del proceso enseñanza aprendizaje (Domenech, Dania 2003) en el caso de los estudiantes que tienen una evaluación de excelente o bien de los temas anteriores se les da la posibilidad de evaluar la simulación por computadora a través de una tarea extraclase, la cual les plantea situaciones más complejas que para su solución exigen mayor creatividad y utilización de comandos no tratados en el aula.

Conclusiones

Una conducción conciente y óptima del proceso de enseñanza aprendizaje garantizará el cumplimiento de la tarea formativa de la educación. Toda reflexión en los componentes del proceso tributarán a este objetivo supremo, es por ello que el replanteo del diseño metodológico de las asignaturas en función del aprendizaje es tarea permanente de los colectivos docentes. El presente trabajo que analizó la asignatura Simulación para los Ingenieros Industriales reconoce que la disciplina de Matemática Aplicada tiene una incidencia significativa en el cumplimiento de los objetivos definidos en el modelo del

profesional y la relevancia de los contenidos abordados en la mencionada asignatura por aportar el instrumental matemático con que el ingeniero industrial tratará los problemas de naturaleza estocástica que con frecuencia se presentan en su práctica profesional.

Las recomendaciones metodológicas propuestas en el presente trabajo están sustentadas en algunos elementos: enseñar orientado hacia el empirismo, no hacia la matemática teórica; enseñar primero conceptos y luego métodos; enfocar las aplicaciones al campo de interés de los estudiantes: demostrando que la simulación es una herramienta efectiva en el ejercicio de la profesión del ingeniero industrial; integrando conceptos y métodos con un software amigable, el Arena.

Bibliografía

Alvarez de Zayas, Carlos M. (1996): Hacia una escuela de excelencia. Editorial Academia, La Habana.

Artola Pimentel, María L; Petersson Roldán, Maritza; Alvarez, Rosa A. (2003): “La articulación de la Matemática Aplicada en el perfil de formación del Ingeniero Industrial”. Revista Cubana de Educación Superior. Vol. XXI, No. 2 Pag. 232.

Chung, Christopher A. (2004): Simulation Modeling Handbook. A Practical Approach. CRC Press LLC.

Domenech Almarales, Dania. (2003) Selección de lecturas de Didáctica I. Ciudad de la Habana.

Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Sadowski, D.A.(1998): Simulation With Arena. McGraw-Hill, New York.

Oconor Montero, L. (1997): “Algunas consideraciones epistemológicas de la enseñanza de la matemática en la Ingeniería”. Revista Pedagogía Universitaria Vol. 2 No.3.

Perassi, Z. (2009) ¿Es la evaluación causa del fracaso escolar? , en Revista Iberoamericana de Educación. No. 50, pp. 65-80, Madrid, OEI <http://www.rieoei.org/rie50a03.pdf> [Consulta: junio. 2009].

Plan de Estudio D Ingeniería Industrial. Ministerio de Educación Superior. 2007.

Verrier Rodríguez R y col. (1986) Temas sobre Didáctica de la Educación Superior. pp. 297-304.