

Modelo de simulación para medir el desempeño en la asignación de los recursos de docencia en las instituciones de educación superior

Fecha de recepción: 21/07/08

Fecha de aceptación: 05/09/08

Marcos Moya Navarro¹

Palabras clave

Ingeniería, Industria, Investigación de Operaciones, Ciencias de la Computación, Programación Matemática

Key words

Engineering, Industry; Operations Research; Computer Sciences; Mathematical Programming.

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un modelo computarizado de simulación de los planes de estudio de las carreras que se imparten en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, con el cual se espera apoyar el proceso de toma de decisiones de la Vicerrectoría de Docencia y la Oficina de Planificación del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), en cuanto a la utilización y asignación de los recursos humanos dedicados a la docencia, y que a su vez, este modelo pueda ser replicado en otras instituciones de educación superior.

Abstract

The main objective of this work is to develop a computer simulation model of the curricula of careers that are taught at the *Costa Rica Institute of Technology*, in order to support the decision making process of both the Academic Vice-rectory and the Office of Planning and Development on the use and allocation of human resources dedicated to teaching. In addition, this model serves as a frame of reference so that it can be replicated in other higher educational institutions.

Marco de referencia

El Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) es una de las cuatro universidades públicas de Costa Rica. Fue creada en 1971 por ley de la República N.º 4777.

El Instituto Tecnológico es la única universidad tecnológica pública de Costa Rica, orientada hacia la modernización, el mejoramiento del sector productivo y la transferencia tecnológica para

1. Profesor de la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Teléfono: (506) 8333-2080. Correo electrónico: mmoya@itcr.ac.cr.



la transformación de la sociedad costarricense.

Como una institución financiada mediante fondos públicos, el TEC como se le conoce dentro del país, rigurosamente cumple con su compromiso de formar profesionales y entrenar al personal de empresa para que promuevan el desarrollo tecnológico en las áreas que le competen.

El Instituto Tecnológico de Costa Rica abrió sus puertas a los primeros estudiantes en el mes de marzo de 1973 y está localizado en la Ciudad de Cartago, una ciudad pequeña localizada en las faldas del Volcán Irazú, 22 kilómetros al sureste de San José.

Más de 900 hectáreas y 105 000 metros cuadrados de construcción albergan aulas, laboratorios, centros de investigación, facilidades culturales y deportivas, auditorios, oficinas, cafeterías, bibliotecas, talleres, fincas para cultivos experimentales, una editorial y librerías.

Aproximadamente 600 profesionales integran la universidad y apoyan los servicios académicos. Estos profesionales provienen de diferentes disciplinas en las áreas de Ingeniería, Ciencias Básicas y Naturales, Computación, Educación, Economía, Artes Liberales y Ciencias Sociales.

Los logros más importantes del ITCR son los de tener más de 9 000 graduados provenientes principalmente de América Central y del Caribe, el amplio número de aplicaciones tecnológicas desarrolladas en la región centroamericana y el creciente número de proyectos de investigación ejecutadas y que se están ejecutando actualmente.

Algunas de las carreras que se imparten en el ITCR, Campus de Cartago, son las siguientes:

- Administración de Empresas
- Administración Agropecuaria
- Diseño Industrial

- Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora
- Ingeniería Agrícola
- Biotecnología
- Ingeniería en Computación
- Ingeniería en Construcción
- Ingeniería en Electrónica
- Ingeniería Forestal
- Ingeniería en Mantenimiento Industrial
- Ciencia de los Materiales
- Ingeniería en Producción Industrial
- Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental
- Educación Técnica

Objetivo general del estudio

Desarrollar un modelo computarizado de simulación de los planes de estudio de las carreras que se imparten en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, con el cual se apoye el proceso de toma de decisiones de la Vicerrectoría de Docencia y la Oficina de Planificación del ITCR, en cuanto a la utilización y asignación de los recursos humanos dedicados a la docencia.

Objetivos específicos

- Estimar el impacto del número de estudiantes de nuevo ingreso sobre la disponibilidad de los recursos humanos del ITCR por cada plan de estudios.
- Proyectar la congestión futura del sistema en cuanto al número de grupos atendidos y sin atender por curso, de acuerdo con el número de grupos asignados por curso, el tamaño de los grupos y las tasas reales de aprobación y reprobación de cada curso.
- Valorar la distribución del período de graduación de las carreras de acuerdo con el número de grupos asignados por curso, las tasas reales de aprobación y

reprobación de los cursos y el tamaño de los grupos.

- Calcular el tiempo necesario para graduar un número específico de profesionales, según sea el número de grupos asignados por curso, el tamaño de los grupos y las tasas de aprobación y reprobación de cada plan de estudios.

Metodología

La figura 1 resume la metodología seguida para el desarrollo del estudio de simulación. A continuación se describen todos y cada uno de los pasos seguidos para la realización de este estudio.

Definición del Problema

Desarrollar un modelo de simulación para evaluar el desempeño de los planes de estudio de las carreras que se imparten en el ITCR, para mejorar el proceso de asignación de profesores a las escuelas e identificar factores que permitan a la institución hacer una asignación eficiente del número de grupos por curso, para garantizar al estudiante que se graduará en el tiempo estipulado en su plan de estudios.

Definición del Sistema

Se simulará los planes de estudio de las carreras de Ingeniería en Producción Industrial, Ingeniería en Mantenimiento Industrial y Diseño Industrial. Sin embargo, el modelo de simulación ya está diseñado y listo para trabajar como una especie de “Lego”, en el sentido de que el modelo de simulación del plan de estudios de cada una de las carreras se diseña y se incorpora al modelo general que activa ese plan de estudios.

Formulación Conceptual del Modelo

Define los componentes, las variables y las interacciones lógicas de los cursos en cada uno de los semestres del plan de estudio de cada una a las carreras.

Recolección de Datos de Entrada

Los datos de entrada del modelo de simulación fueron tomados de las bases de datos con que cuenta el Departamento de Admisión y Registro del Instituto Tecnológico de Costa Rica en cada uno de los semestres. Los datos recolectados incluyeron:

- Número total de estudiantes de nuevo ingreso por año.
- Número de estudiantes nuevos recibidos por carrera cada año.
- Listado de cursos que componen cada uno de los planes de estudio de las carreras que se imparten
- Matriz de requisitos y correquisitos de cada curso.
- Tasas de aprobación, reprobación y deserción por curso.
- Tamaño de los grupos.
- Número de grupos ofertados por cada uno de los cursos del plan de estudios.

Desarrollo del Modelo Conceptual de Simulación

Se procedió con el desarrollo del modelo de simulación de los planes de estudio de las carreras seleccionadas, utilizando un lenguaje de simulación por computadora e incorporando los datos de entrada. Las figuras 2 y 3 muestran una vista parcial de las variables y las interacciones lógicas del modelo de simulación desarrollado utilizando el lenguaje de simulación AWESIM².

Se espera que este modelo... pueda ser replicado en otras instituciones de educación superior.

2. AWESIM es una marca registrada de Symix Systems, Inc.

Se espera que este modelo... pueda ser replicado en otras instituciones de educación superior.

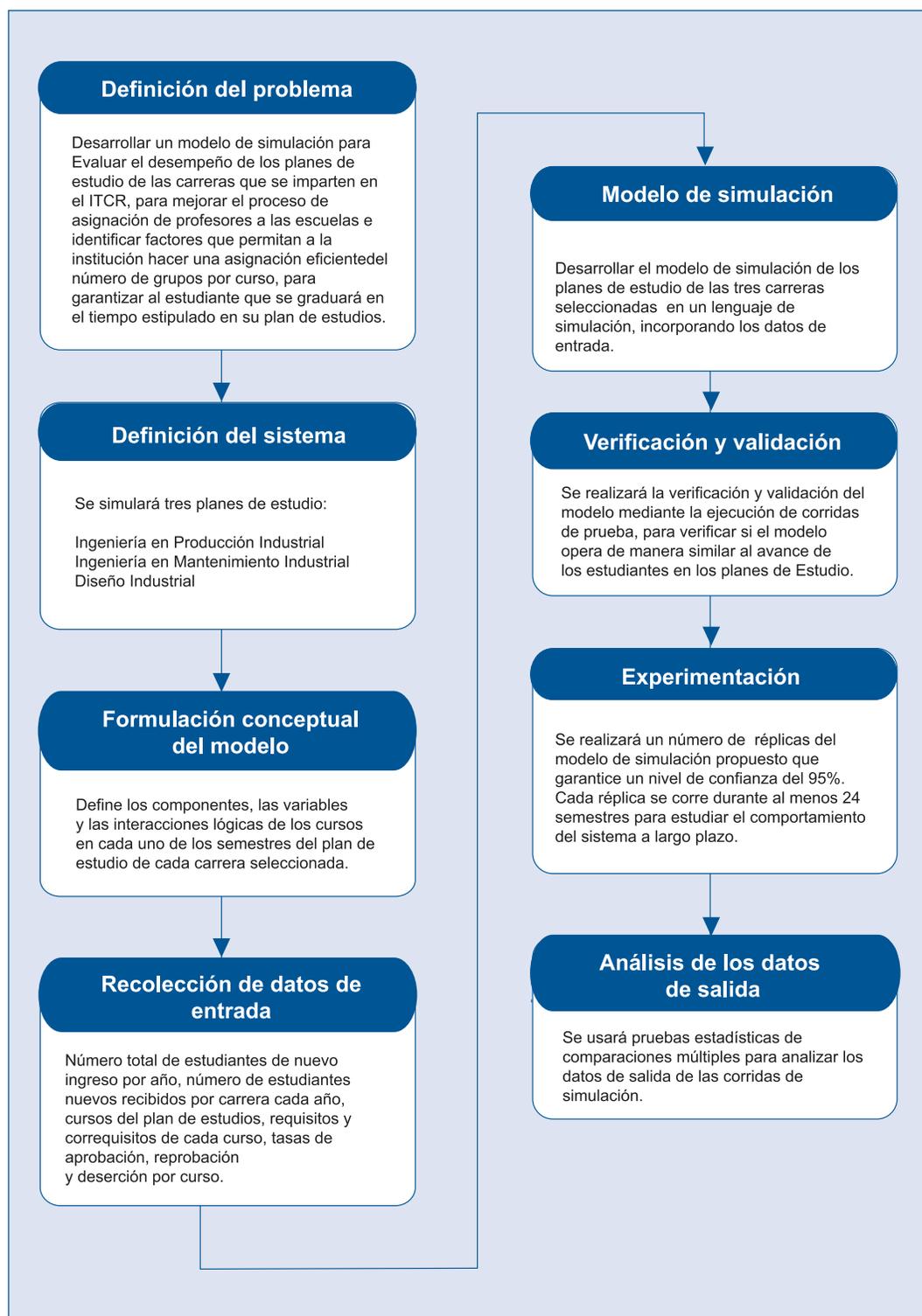


Figura 1. Resumen de la metodología utilizada para conducir el estudio de simulación.

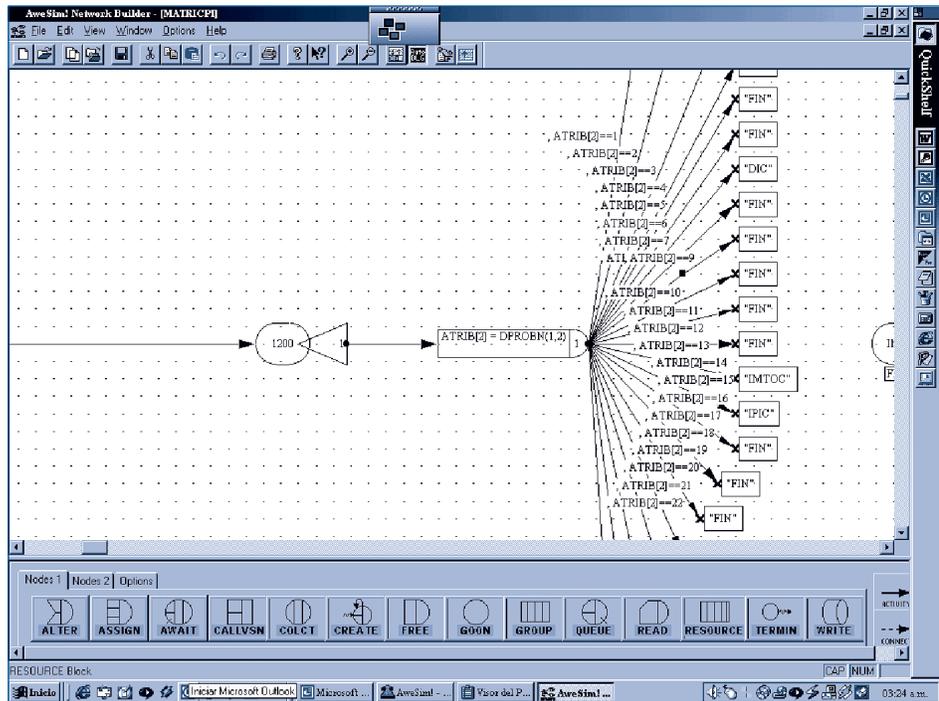


Figura 2. Segmento del modelo de simulación que inserta a los estudiantes de nuevo ingreso a las carreras que ofrece el ITCR.

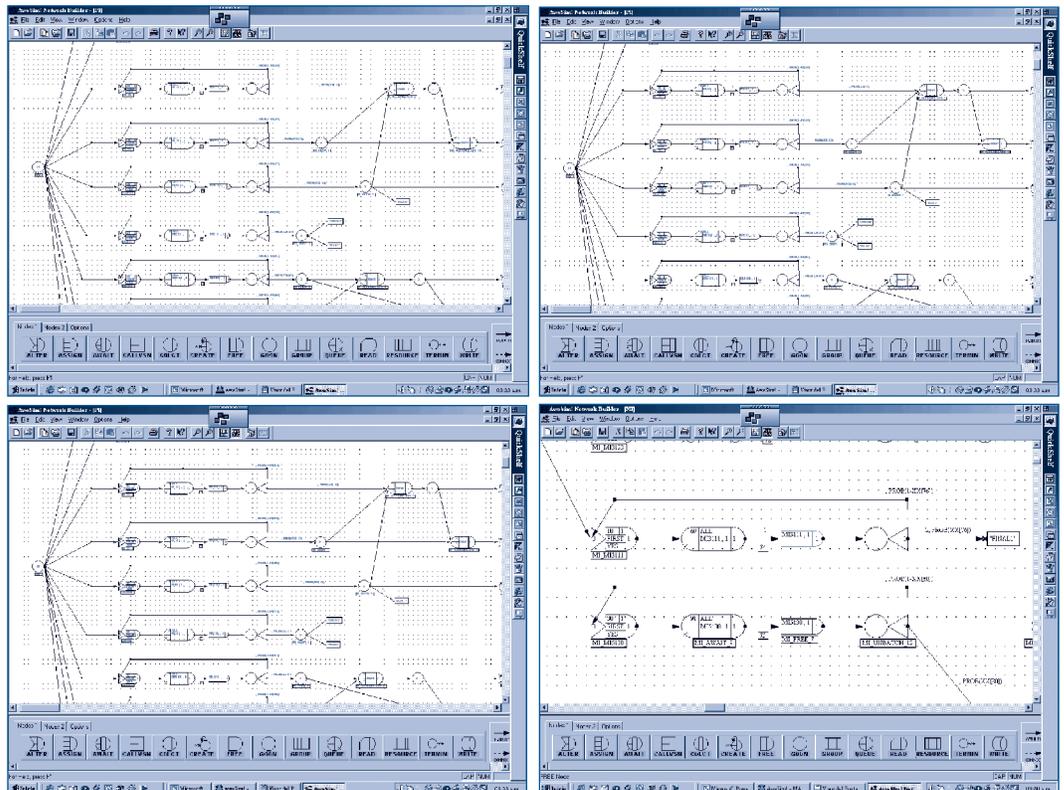


Figura 3. Vista parcial general del modelo de simulación.

Verificación y Validación del Modelo

Se realizó la verificación y validación del modelo mediante la ejecución de corridas de prueba, con el fin de comprobar si el modelo opera de manera similar al avance de los estudiantes en los planes de estudio.

Experimentación

Se realizó un número de réplicas del modelo de simulación propuesto que garantizara un nivel de confianza del 95%. Cada réplica se corre durante al menos 24 semestres para estudiar el comportamiento del sistema a largo plazo.

Resultados esperados

Con ayuda del modelo de simulación desarrollado se espera:

- Estimar la congestión futura del sistema en relación con las variables: número de grupos asignados por curso, tamaño de los grupos y tasas reales de aprobación y reprobación de cada curso.

- Calcular la distribución del período de graduación de las carreras de acuerdo con el número de grupos asignados por curso, las tasas reales de aprobación y reprobación de los cursos y el tamaño de los grupos.
- Evaluar la utilización de los recursos asignados por curso, es decir, estimar cuántos de los grupos asignados por cada curso se están utilizando realmente.
- Proyectar el tiempo esperado necesario para graduar a un número específico de profesionales, según sea el número de grupos asignados por curso, el tamaño de los grupos y las tasas de aprobación y reprobación de cada plan de estudios.
- Determinar el número de profesionales que se espera graduar en un tiempo específico, según sea el número de grupos asignados por curso, el tamaño de los grupos y las tasas de aprobación y reprobación de cada plan de estudios.
- Evaluar el impacto del número de estudiantes de nuevo ingreso sobre la disponibilidad de los recursos humanos del ITCR por cada plan de estudios.

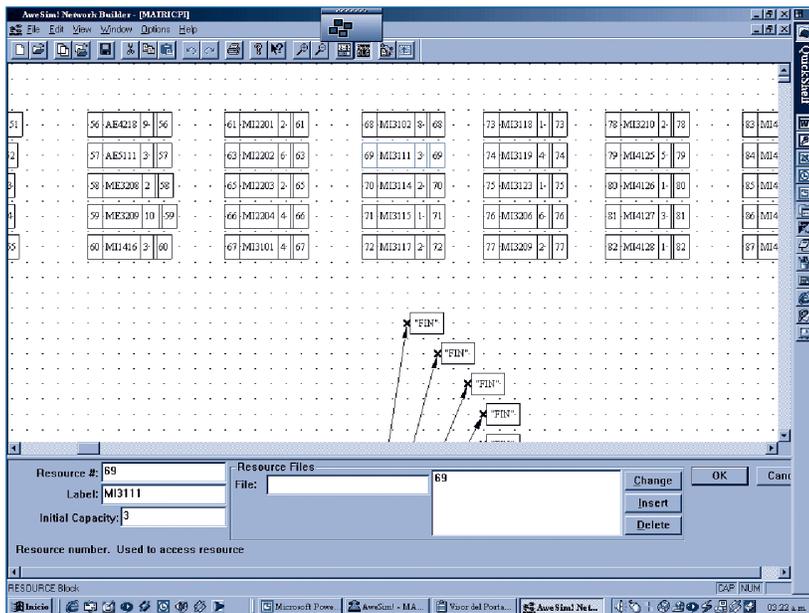


Figura 4. Número de grupos asignados inicialmente.

A continuación, se describirá los resultados obtenidos para las carreras de Diseño Industrial, Ingeniería en Mantenimiento Industrial e Ingeniería en Producción Industrial.

Discusión de resultados

Congestión del sistema a largo plazo

La figura 4 muestra la porción del modelo de simulación donde se especifica el número de grupos que atenderá cada uno de los cursos específicos del plan de estudios de las carreras. Por ejemplo, el modelo de simulación resalta en color rojo que, para el curso MI-3111, se asignó un total de tres grupos para atender la

demanda de ese curso. Sin embargo la Figura 5 muestra que en el largo plazo, la congestión tiende a aumentar de manera creciente, de acuerdo con el número de grupos asignados para ese curso y la tasa real de aprobación y reprobación

Los resultados de la simulación indican que si se mantuviera tres grupos asignados al curso MI-3111, la congestión máxima esperada en el largo plazo sería superior a los 15 grupos de 10 estudiantes cada uno, según se observa en la figura 5, y

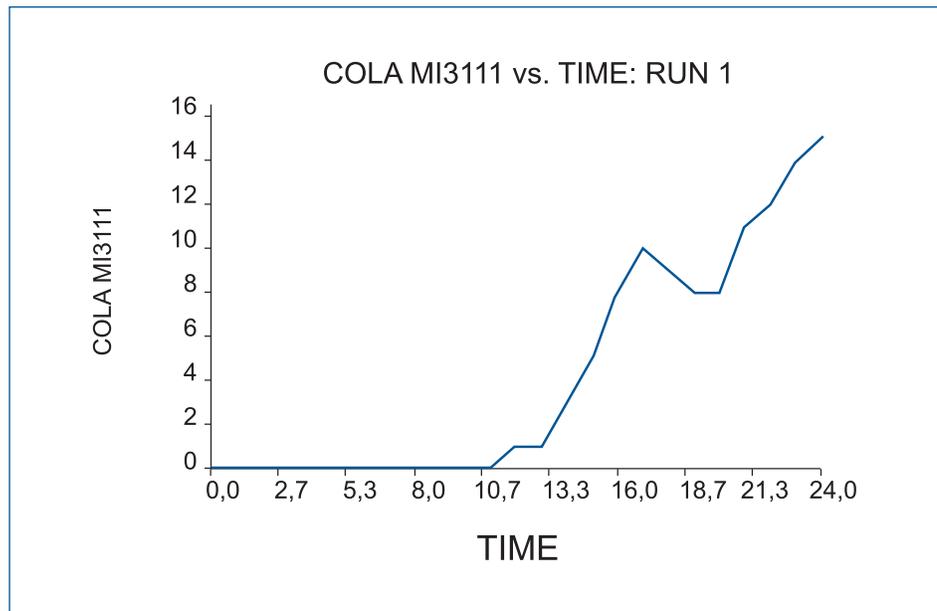


Figura 5. Congestión del recurso MI-3111 si se asigna inicialmente tres grupos.

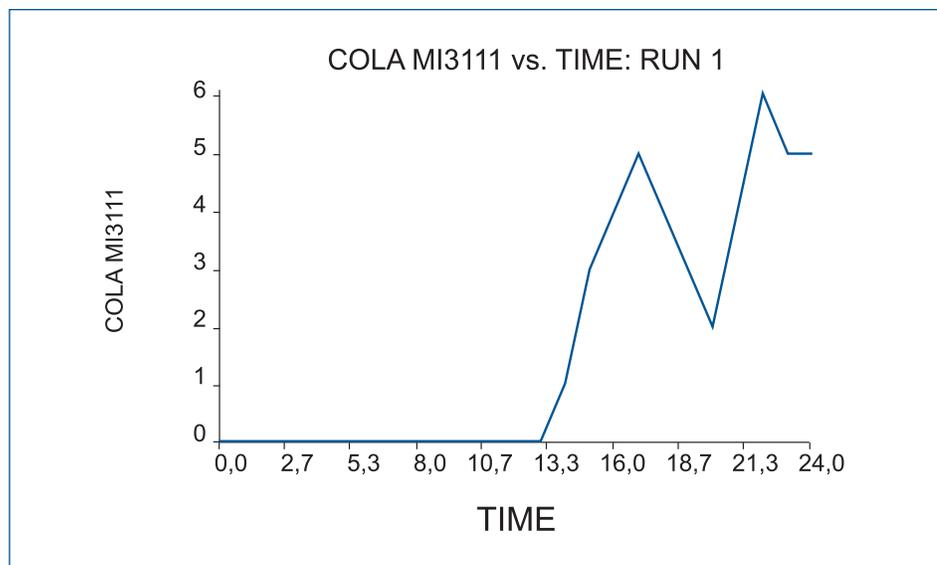


Figura 6. Congestión del recurso MI-3111 si se asigna cuatro grupos.

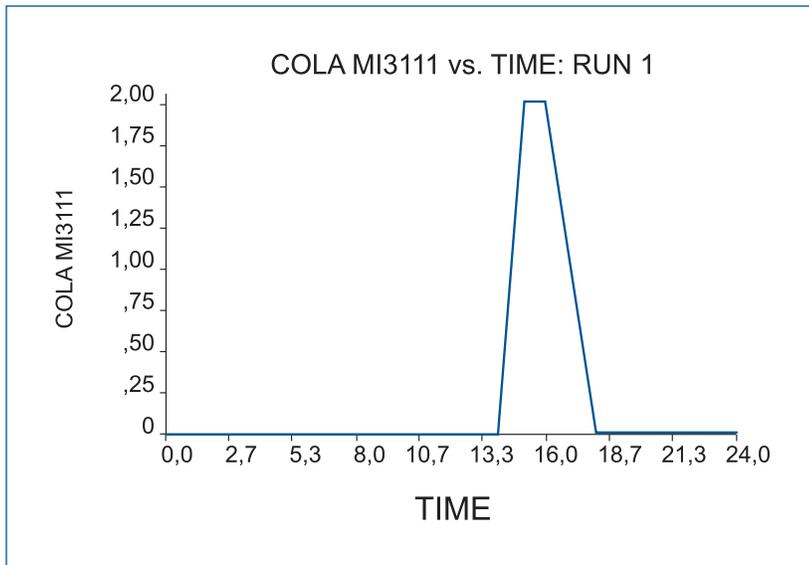


Figura 7. Congestión del recurso MI-3111 si se asigna inicialmente cinco grupos.

el número promedio de grupos en espera se mantiene en 3,47. Sin embargo, las figuras 6 y 7 evidencian que si se asignara cuatro o cinco grupos en lugar de tres, la congestión máxima esperada en el largo plazo disminuiría de manera significativa de seis a dos grupos. El número promedio de grupos en espera sería de 0,208. Por lo

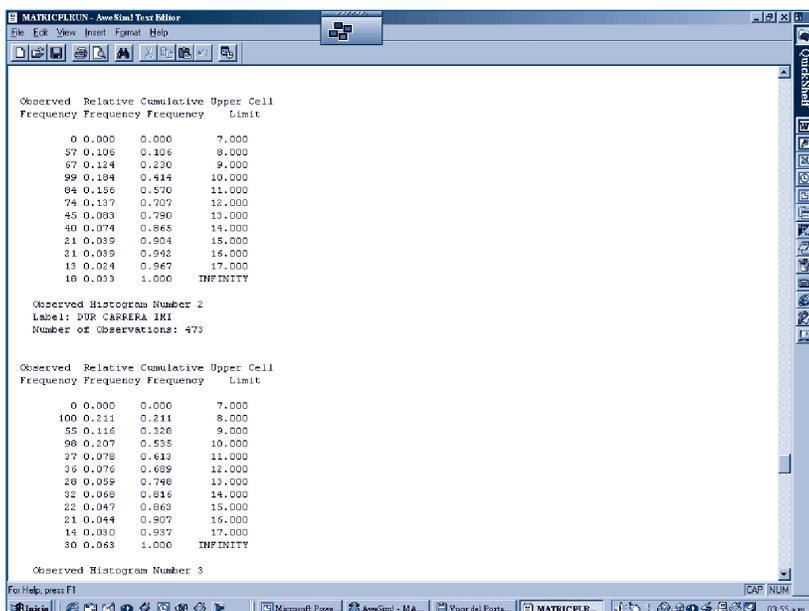


Figura 8. Duración estimada de la carrera.

tanto, se justificaría hacer una reasignación de los recursos disponibles.

Un análisis similar al que se realizó para el curso MI-3111, tendría que ser aplicado a todos los demás cursos del plan de estudios.

Distribución del período de graduación de las carreras

La figura 8 muestra que el 18,4% de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Producción Industrial se atrasan en su graduación dos semestres y terminan su carrera de bachillerato universitario en el semestre N.º 10. Se estima en un 3,3% el número de estudiantes que desertan.

La figura 9 muestra los resultados presentados en la figura 8.

De manera similar, las figuras 10 y 11 muestran los resultados de la duración estimada del plan de estudios para cada una de las restantes carreras: Diseño Industrial e Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Tiempo para graduar un número específico de profesionales

La figura 12 muestra un segmento del modelo de simulación que indica que se requiere graduar 200 Ingenieros en Producción Industrial. Los resultados de unas de las réplicas de la simulación, que se muestran en la figura 13, indican que se requiere un total de al menos 16 semestres para graduar a los profesionales requeridos.

Número específico de profesionales que se espera graduar en los próximos 24 semestres

La figura 14 muestra un segmento del modelo de simulación que indica que se espera graduar un total de 539 Ingenieros en Producción Industrial, 473 Ingenieros en Mantenimiento Industrial y 250 Diseñadores Industriales.

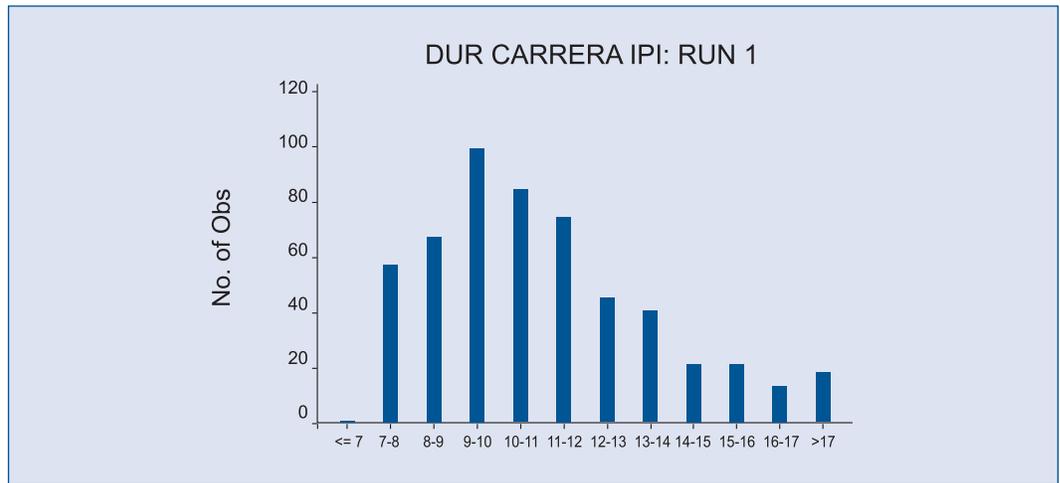


Figura 9. Duración estimada de la carrera de Ingeniería Producción Industrial.

... la simulación es una poderosa herramienta para apoyar el proceso de toma de decisiones...

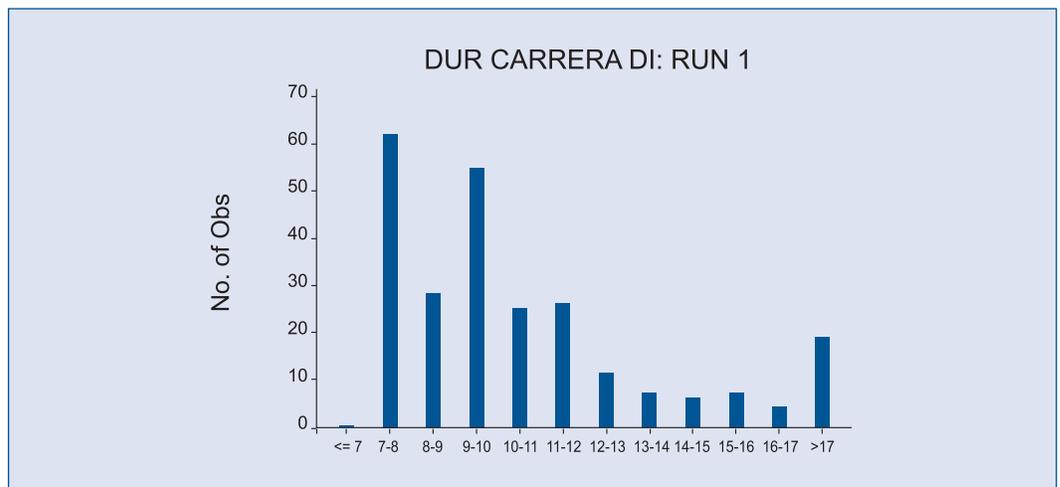


Figura 10. Duración estimada de la carrera de Diseño Industrial.

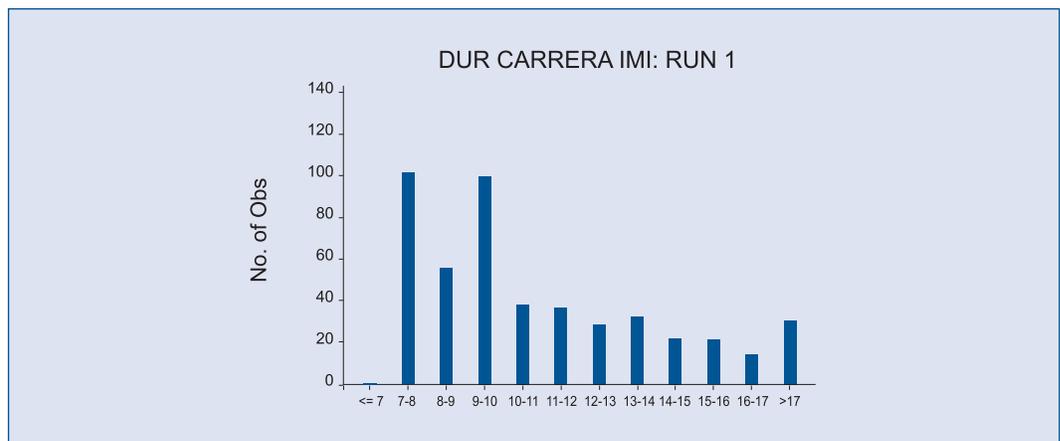


Figura 11. Duración estimada de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

con tres carreras y proporciona una visión de cómo una universidad puede ayudarse en los procesos de planificación de los recursos universitarios, con limitaciones de presupuesto.

Bibliografía

1. Azarang, Mohammad, Eduardo García. 1996. *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. McGraw Hill, México.
2. Banks, Jerry. 2004. *Discrete-event System Simulation*. Prentice Hall: New Jersey.
3. Banks, Jerry. 1998. *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. Prentice Hall.
4. Kelton, David; Sadowski, R; Sadowski, D. 2004. *Simulation with ARENA*. McGraw- Hill, New York.
5. Peden, Shanon; Sadowski, 1996. *Introduction to Simulation Using SIMAN*. McGraw Hill. New York.
6. Pritsker, A.A; O'Reilly, J.J; Laval, D.K. 1999. *Simulation with Visual SLAM and Awesim*. John Wiley & Sons.