

Uso de ambientes virtuales para la toma de decisiones en problemas de Administración de la cadena de Suministros

Eleazar Puente Rivera, Karla M. Gámez Pérez, Germán Soto Aguirre
Tecnológico de Monterrey
Campus León, Guanajuato, México

eleazar.puente@itesm.mx, Karla.gamez@itesm.mx, german.soto@itesm.mx

Resumen

Actualmente las organizaciones han identificado que el desarrollo de una cadena de suministros integral otorga una gran cantidad de ventajas competitivas, no solo a la empresa, sino a la sociedad en general; es por ello que las diferentes instituciones educativas en conjunto con las empresas y organismos gubernamentales, han puesto especial énfasis en el diseño y fortalecimiento de programas de estudio que desarrollen competencias en dicho ámbito. Derivado de esta necesidad se buscó, a través de la realización de este proyecto, el desarrollo de ambientes virtuales o simulados para facilitar el aprendizaje de conceptos en logística y cadena de suministros, que significaron una experiencia innovadora y relevante en el desarrollo de nuestros alumnos.

Palabras clave: Simulación, Any Logic, Efecto látigo, Cadena de suministros

1. Introducción

La complejidad de la administración de las cadenas de suministros ha crecido de una manera exponencial, imponiendo grandes retos a los profesionales responsables de la toma de decisiones. Es necesario que los estudiantes que cursan materias en el ámbito de la Logística y Cadenas de Suministros desarrollen las competencias necesarias para tomar decisiones efectivas en esos ámbitos. Para desarrollar dichas competencias los estudiantes deben entender de una forma sistémica la naturaleza de los problemas implicados en la administración de las cadenas de suministro, y sobre todo entender los problemas estructurales subyacentes que generan obstáculos de comunicación y coordinación en las redes logísticas.

Los profesores que imparten cursos en estas áreas también enfrentan el reto de proveer herramientas de aprendizaje que faciliten la comprensión de la complejidad por parte de los estudiantes, y que estos desarrollen las competencias necesarias para la toma de decisiones efectivas [1].

Actualmente existen diferentes modelos de simulación interactivos que son útiles para poner en contexto y enfrentar a los estudiantes a los retos y frustraciones asociados con un manejo ineficiente de la cadena de suministros. Existen modelos simulados disponibles para los docentes, tanto en forma computarizada como manual, como la del Juego de la Cerveza [3], que ayudan a entender los conceptos clave y los factores que afectan el desempeño en general de las cadenas de suministros que se simulan, sin embargo tienen características que limitan su utilidad como herramientas de aprendizaje. Una de las limitaciones proviene del hecho de que los modelos representan sistemas muy particulares, que si bien permiten visualizar elementos importantes de una cadena de suministros en general, no necesariamente describen la problemática relevante en otros contextos, como pueden ser por ejemplo una cadena de suministros para productos de ciclo de vida corta (moda), productos perecederos, entre otros. Otra limitación se origina del hecho de que los estudiantes interactúan con el modelo simulado, es decir, utilizan un modelo funcionando, y muchas veces a partir del comportamiento del sistema simulado no llegan realmente a entender las estructuras

subyacentes que determinan el comportamiento del sistema.

El trabajo que se reporta en este documento pretende atender a las dos limitaciones que se mencionan en el párrafo anterior. Se propone por un lado construir modelos de simulación de diversos sistemas logísticos, relevantes en el contexto actual que han sido identificados a partir de la literatura. De esta manera se podrá contar con diversos modelos que en conjunto integran un ambiente virtual de aprendizaje. Los modelos simulados representan sistemas complejos en diferentes ámbitos, de manera que el estudiante se enfrente a problemáticas distintas, complementando aquellas que se analizan en El Juego de la Cerveza.

Por otro lado proponemos que para que realmente se entienda la complejidad del sistema y se identifiquen las relaciones causales implicadas en el sistema logístico, al menos algunos estudiantes de ciertas áreas deben ser constructores de los modelos y no solamente usuarios de los mismos. En este trabajo se propone que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial construyan con una herramienta de simulación genérica, algunos de los modelos que se incorporen al ambiente virtual de aprendizaje, y que no solamente utilicen los modelos existentes como herramientas de aprendizaje.

2. Justificación

Como se mencionó en la introducción, la complejidad de las cadenas de suministro se ha incrementado en los últimos años, este incremento en la complejidad ocasiona que la toma de decisiones se torne a su vez más compleja, y para atender esta complejidad es necesario desarrollar el capital humano que posea los conocimientos y las competencias para desempeñarse adecuadamente en este campo. Una de las fuerzas principales que han impulsado el incremento de la complejidad tiene que ver con la apertura comercial de muchos países, la globalización de la producción, el crecimiento poblacional y la intensificación del intercambio global de mercancías. La intensificación del comercio mundial genera fuertes presiones sobre los sistemas de transporte y sobre la infraestructura logística necesaria para manejar los elevados volúmenes de mercancías y otros bienes necesarios para la producción y el consumo. La Organización Mundial del Comercio prevé que en 2014 el valor de las mercancías intercambiadas llegará a

los 21.6 billones de dólares, lo que representa un crecimiento anual 11.5% desde el 2009, año de la última crisis mundial. [2]

La complejidad de los sistemas logísticos en la actualidad es tal que los enfoques tradicionales de aprendizaje son insuficientes para desarrollar el capital humano que se requiere para administrar dicha complejidad. Los modelos tradicionales analíticos y de optimización se vuelven excesivamente complicados si se trata de modelar la complejidad de los sistemas logísticos actuales. El enfoque sistémico que se puede lograr mediante la simulación, facilita la modelación de la complejidad y al mismo tiempo tanto el desarrollo de los modelos, como la utilización de los mismos, permitirá que los estudiantes asimilen la complejidad de los modelos y desarrollen las capacidades necesarias para tomar decisiones efectivas en relación con el diseño y operación de las cadenas de suministros.

3. Descripción del desarrollo del proyecto

3.1 Proceso

En el área de Ingeniería los estudiantes cursan algunas materias relacionadas con las cadenas de abastecimiento, la última materia que deben cursar es la de Sistemas Logísticos. El enfoque de la materia es tradicional con un fuerte énfasis en la optimización. Sin embargo, los modelos de optimización que se estudian carecen del enfoque sistémico que se requiere en los sistemas logísticos actuales. Como sabemos, la mayoría de los modelos de optimización que se estudian en este ámbito buscan optimizar un único objetivo, mientras que en las cadenas de suministro se requiere más bien el balance de diversos objetivos, incluso algunos de ellos en conflicto. Por otro lado, los modelos de optimización frecuentemente encuentran soluciones óptimas locales, que no toman en consideración la fuerte dependencia que existe entre los diversos eslabones de la cadena de suministros. Existen muchas otras limitaciones de los modelos de optimización tradicionales, principalmente relacionadas con la necesaria aceptación de supuestos que muchas veces sobre-simplifican la complejidad, dejando fuera factores como son la limitada disponibilidad de información a lo largo de los eslabones de la cadena, los elementos de riesgo e incertidumbre, las barreras para la coordinación entre los actores de las cadenas de suministros, entre otros.

Sin pretender modificar el programa analítico oficial de la materia, se propone poner un mayor énfasis en el estudio del enfoque de Ingeniería de Sistemas para el diseño y mejoramiento de las cadenas de suministros. El enfoque de sistemas puede aportar elementos valiosos para la comprensión de la complejidad de las cadenas de suministros, permitiendo modelar características relevantes de los sistemas logísticos que escapan del alcance de los modelos de optimización.

De acuerdo a lo anterior se procedió a rediseñar el contenido y las actividades de aprendizaje dentro del tema de Dinámica de Sistemas que ya estaba presente en el curso de Sistemas Logísticos. Se identificaron en la literatura reportes de investigación relacionados con la modelación dinámica de sistemas logísticos complejos, y se analizaron para seleccionar una serie de sistemas susceptibles de ser modelados utilizando una herramienta de simulación dinámica. [4] [5] [6] [7].

Una vez identificados los sistemas a modelar se procedió a seleccionar una herramienta de simulación adecuada, que facilitara el proceso de construcción del ambiente virtual de aprendizaje.

Con la colaboración entre los profesores participantes en el proyecto y los alumnos de la clase de Sistemas Logísticos se procedió a la construcción de los primeros modelos durante el semestre agosto-diciembre de 2013. La construcción de los modelos requirió de la adquisición de las licencias del software de simulación y de la capacitación de dos de los profesores para la explotación de la herramienta. Modelos adicionales fueron construidos durante el semestre enero-mayo de 2014.

3.2 Justificación Any Logic y sus Principales aplicaciones

La modelación y simulación de sistemas logísticos puede requerir la utilización de diferentes paradigmas de simulación además del enfoque de Simulación Dinámica de Sistemas (Systems Dynamics). Cuando se trata de simular el comportamiento de la cadena de suministros interna de una planta puede ser adecuado utilizar el paradigma de Simulación de Eventos Discretos. Si se trata de simular el comportamiento de los flujos de productos y de fondos a lo largo de los diversos eslabones de las redes de suministro puede ser más adecuado el paradigma de Simulación Dinámica.

Si se pretende simular el comportamiento de los consumidores como generadores de la demanda de un producto puede ser más adecuada la aplicación del paradigma de Simulación Basada en Agentes.

Aunque el principal paradigma que se busca aplicar por parte de los alumnos es el de Dinámica de Sistemas, algunos modelos requieren de la aplicación de los otros paradigmas. Debido a lo anterior se buscó una herramienta de simulación que permita la utilización e incluso la integración de los diferentes paradigmas de simulación en un solo ambiente. La herramienta que mejor cumple con este requerimiento es AnyLogic. [8]

Además de la gran ventaja que provee AnyLogic al permitir la integración de múltiples paradigmas de simulación, tanto la construcción de los modelos como la utilización interactiva de los mismos se facilita gracias a su amigable interfaz gráfica. El diseño de los modelos es intuitivo y visual. Los componentes más simples de un modelo se utilizan fácilmente tal y como vienen pre-construidos en el programa, la modelación de estructuras más complejas no es tan simple, pero la herramienta provee la capacidad de modelar aún dichas estructuras mediante el desarrollo de código en Java dentro de la misma interfaz de AnyLogic. El comportamiento dinámico de las cadenas de suministro es modelado con la ayuda de elementos de animación visuales, que permiten observar tanto el movimiento físico de materiales como el comportamiento de variables relevantes a través del tiempo, como pueden ser los valores de demanda, inventarios, transferencias de materiales, etc. Para observar el efecto de las decisiones en la cadena de suministros, AnyLogic provee elementos para el control interactivo de parámetros del sistema, de manera que a través de elementos como botones y deslizadores, el usuario del modelo puede alterar los valores de los parámetros y observar así el efecto de sus decisiones sobre otras variables del sistema.

4. Experiencia de Aprendizaje

4.1 Profesor

Se realizó la combinación de espacios y experiencias de aprendizaje entre estudiantes del área de Negocios y de Ingeniería, en un mismo ecosistema y adicionando el uso y análisis de las mismas herramientas, como fue el uso del simulador Any Logic.

Los estudiantes de Ingeniería se involucraron y participaron en el desarrollo y programación de los diferentes modelos, mientras que los estudiantes del área de negocios participaron como usuarios de los mismos. Mediante estas actividades de aprendizaje se logró una vinculación no solamente entre temas de negocios e ingeniería, sino una vinculación entre los estudiantes de ambas áreas, pudiendo compartir experiencias de aprendizaje entre ellos y sobre todo conociendo nuevas áreas que se relacionan entre sí dentro del ambiente logístico.

Para el profesor los principales retos fueron la elección de los sistemas a modelar, capacitarse para el uso de AnyLogic, y transmitir a los estudiantes de Ingeniería la intención y objetivos del proyecto. Se requirió también del acompañamiento constante a los alumnos para mantener la motivación y para ayudarles a resolver los problemas técnicos. El reto para el profesor de los alumnos de Negocios fue mayor, ya que se buscaba la utilización de los modelos para ayudarles a entender conceptos complejos de cadena de suministros, pero para lograrlo se tuvo que trabajar en el convencimiento de los estudiantes sobre el valor y la utilidad del uso de modelos de simulación como herramientas de aprendizaje. El uso interactivo de los modelos como herramienta de aprendizaje fue rápidamente asimilado por los estudiantes, el involucramiento de los alumnos a través de la interacción, modificando los parámetros del modelo y analizando el efecto de sus acciones, fue una experiencia nueva para ellos que enriqueció el desarrollo de la clase. Los alumnos tanto de Ingeniería como de Negocios asumieron un papel más activo en su aprendizaje, generándose así una experiencia valiosa de aprendizaje. El desarrollo del proyecto no contemplaba la evaluación comparativa con otras estrategias de aprendizaje, esta es una actividad que será realizada posteriormente como parte de otro proyecto.

Adicionalmente, un elemento importante utilizado por los profesores durante el desarrollo del proyecto fueron los dispositivos móviles, como las tabletas y celulares que permitieron enriquecer la interacción con los alumnos, facilitaron al profesor la exposición del tema e involucraron el uso de diferentes dispositivos que cambiaban el estímulo al alumno y permitían generar una dinámica de aprendizaje más interactiva e incluyente.

4.2 Alumno

Los alumnos del área de Negocios fueron expuestos a una herramienta de aprendizaje que era nueva para la mayoría de ellos. En semestres anteriores los temas de coordinación entre los eslabones de las cadenas de suministros, distorsiones de la información, efecto látigo, entre otros, eran presentados mediante materiales tradicionales de enseñanza-aprendizaje, logrando una comprensión limitada de las estructuras de la cadena de suministros que determinan su comportamiento. Con los modelos de simulación se logró que los alumnos participaran más proactivamente en su aprendizaje, interactuando con los modelos y observando inmediatamente el efecto de sus decisiones sobre el desempeño del sistema.

Los estudiantes de Ingeniería, además de utilizar los modelos como herramientas de aprendizaje de conceptos complejos de cadena de suministros al igual que los de Negocios, lograron los siguientes beneficios: aplicar en modelos reales los conceptos aprendidos en la materia de Modelación Dinámica de Sistemas, aprendieron a construir modelos de simulación con una herramienta nueva con integración de paradigmas, aprendieron los rudimentos de la programación en Java para modelar algunas propiedades muy específicas de los sistemas. Al ser responsables de la construcción de los modelos, los estudiantes de Ingeniería alcanzaron una comprensión más profunda de las estructuras subyacentes de los sistemas estudiados.

5. Resultados

Como resultados tangibles del desarrollo de este proyecto se cuenta con lo siguiente:

- 4 modelos construidos en AnyLogic por parte de los alumnos
- Una serie de modelos proveídos por AnyLogic y que son aplicables en los cursos de Logística
- El diseño de actividades de aprendizaje tanto para alumnos de Ingeniería como de Negocios

Además de los resultados tangibles del proyecto, se logró lo siguiente:

- 2 profesores capacitados que seguirán enriqueciendo la plataforma de aprendizaje.
- La asimilación de un modelo de aprendizaje que utiliza tecnología actualizada.

- Una forma innovadora de enseñanza-aprendizaje de los conceptos de cadenas de suministros mediante la creación de modelos de simulación para los alumnos de Ingeniería.
- El aprendizaje de los conceptos de cadenas de suministros por parte de estudiantes de Negocios mediante la aplicación innovadora de modelos interactivos de simulación.
- El trabajo colaborativo entre estudiantes de Negocios e Ingeniería.
- La vinculación con el entorno al modelar sistemas logísticos reales, relevantes en el contexto de los estudiantes y que se encuentran reportados en la literatura.

6. Conclusiones

El uso de simuladores como herramientas de aprendizaje no es algo nuevo en los sistemas de educación universitaria [9] y en otros sistemas de entrenamiento, sin embargo la aplicación de los simuladores en el ámbito específico de Logística y Cadenas de Suministros cobra especial relevancia en esta segunda década del siglo XXI. La complejidad de las cadenas de suministros ha crecido de manera extraordinaria debido principalmente a la intensificación del comercio mundial, pero también debido a la globalización de la producción y del consumo. Aunado a lo anterior, hay otros temas que complican aún más la administración de las cadenas de suministros como son la incidencia de desastres naturales que incrementan los riesgos logísticos, la preocupación por la conservación del medio ambiente, la sofisticación de los consumidores y de los mercados entre otros factores. Esta creciente complejidad exige que el capital humano involucrado en la administración de los sistemas logísticos actuales desarrolle habilidades diferentes a las que se requerían hace apenas unos años. Se requiere la comprensión integral de sistemas complejos y la capacidad de tomar decisiones bajo un ambiente de incertidumbre.

El ambiente virtual de aprendizaje desarrollado en este proyecto contribuye a desarrollar las competencias necesarias para la toma de decisiones efectivas en el ámbito de las cadenas de suministros. Los modelos desarrollados reproducen parte de la complejidad de los sistemas logísticos actuales y permiten la toma de decisiones que afectarán el desempeño del sistema simulado. De esta manera el estudiante puede tomar decisiones en un ambiente seguro, observar las consecuencias de sus decisiones, y

entender el comportamiento del sistema que se está modelando. Los estudiantes aprenden a tomar decisiones con información limitada, a establecer y probar hipótesis lógicas, y a reaccionar de manera ágil ante los cambios que ocurren en el ambiente.

En el futuro previsible la complejidad de las organizaciones en cualquier ámbito del quehacer humano seguirá incrementándose, complicando por lo tanto la toma de decisiones. El perfil de los egresados en el futuro deberá incluir la capacidad de entender el comportamiento de sistemas complejos y tomar decisiones bajo un ambiente de incertidumbre. Para desarrollar dichas competencias, los ambientes virtuales de aprendizaje que involucren la simulación de sistemas complejos tendrán gran relevancia.

Entre las oportunidades que surgen para extender este proyecto se encuentra el estudio comparativo con otros modelos tradicionales de aprendizaje.

7. Referencias

- [1] Sparling D. Simulations and supply chains: Strategies for teaching supply chain management. *Supply Chain Management* 2002; 7(5):334-342.
- [2] José Elías Jiménez Sánchez, Marisol Barón Bastida y Jocelyn Jiménez Castillo. ¿Qué estudian los logísticos hoy?. *Énfasis Logístico*. Junio 2014.
- [3] Spagnoletti, Paolo and Edoardo, D'Atri and Alessandro , D'Atri (2013) *Managing Decision Making in Supply Chains and Value Networks: the Beer Game Evolution*. *International Journal of Electronic Commerce Studies*, 4 (1). p. 63-78. ISSN 2073-9729.
- [4] Anderson, Edward G, Jr; Fine, Charles H; Parker, Geoffrey G. Upstream volatility in the supply chain: The machine tool industry as a case study *Production and Operations Management*; Fall 2000; 9, 3; ABI/INFORM Complete pg. 239
- [5] Banafsheh Behzad, m.s. Exploring the bullwhip effect in a healthcare service Supply chain. Department of Industrial and Systems Engineering . Northern Illinois University, 2008 Reinaldo J. Moraga, Shi-Jie (Gary) Chen, Directors (Masters Thesis).
- [6] Matloub Hussain , Paul R. Drake. Analysis of the bullwhip effect with order batching in multi-echelon supply chains. *International*

Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol. 41 No. 10, 2011 pp. 972-990.

- [7] Toru Higuchi;Marvin D. Troutt. Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product—Lessons from the Tamagotchi case. Computers & Operations Research 31 (2004) 1097–1114.

- [8] Borshchev, Andrei. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6. Copyright 2013. AnyLogic North America. ISBN-13: 978-0989573177

- [9] Damassa, David A.; Sitko, Toby D. Simulation Technologies in Higher Education: Uses, Trends, and Implications. ECAR Research Bulletin 3, 2010. Boulder, Co. USA.