

SIMULACIÓN: HERRAMIENTA PARA GESTIONAR CADENAS DE SUMINISTROS.

Villanueva, A.; Ramos, P. ; Jiménez, M.

Departamento de Investigación de Operaciones. Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Estado Carabobo. Venezuela.
email: alevll@hotmail.com, ramos.patricia18@gmail.com, mejb11@hotmail.com.

Resumen: En la presente investigación se ilustran diferentes usos de la simulación como herramienta para gestionar una cadena de suministros, específicamente en la toma de decisiones relacionadas con la adquisición de materia prima y algunos aspectos de la manufactura. El propósito fue construir un modelo que permita estudiar el desempeño de la cadena de suministros en donde los eslabones proveedor y manufactura se encuentran integrados en el mismo modelo. Se utilizó el programa ARENA®, el cual permitió la representación de actividades de estas dos etapas, y se desarrollaron experimentos para resolver problemas como determinación de políticas de inventario para la materia prima, secuenciación de la producción, fechas de entrega ofrecidas a los clientes, entre otros, midiendo el desempeño del sistema utilizando indicadores de interés como: velocidad de respuesta y cumplimiento con el cliente. Todo esto hace de la simulación una herramienta poderosa y flexible al momento de analizar sistemas complejos.

Palabras claves: Cadena de suministros, simulación, producción, proveedores.

SIMULATION: TOOL TO MANAGE SUPPLY CHAINS.

Abstract: This investigation illustrates different uses of simulation as a tool for supply chain management, specifically for making decisions related to raw material acquisition and manufacturing issues. The purpose was to build a model that allows studying a supply chain performance in which the supplier and manufacturer stages are integrated in the same model. The simulation program used was ARENA, which allowed the representation of the activities in every stage. Experiments were developed to solve problems such as determining raw material inventory policies, scheduling jobs, promise dates, and measuring the system performance in terms of lead time and customer fulfillment. This makes simulation a powerful and flexible tool for analysis when systems studies are very complex.

Key words: Supply chain, simulation, production, suppliers.

INTRODUCCIÓN

La creciente competencia a la que se están enfrentando las organizaciones hoy en día, ha tenido como consecuencia que éstas se encuentren en una lucha continua para permanecer en el mercado, lo que se ha traducido en una nueva tendencia en la que ya no es suficiente competir individualmente entre organizaciones, sino que la rivalidad ahora es en términos de cadenas de suministros. Según Jain et al. (2001), una cadena de suministros incluye la transición y transporte de materiales desde su forma bruta a través de varias estaciones de manufactura, ensamblaje y distribución del producto terminado hasta el cliente final; incluye también el flujo de información y finanzas en adición al flujo de materiales. Cada etapa de la transformación del material o de la distribución puede involucrar insumos provenientes de diferentes proveedores y salidas que van a diferentes clientes intermedios.

Los eslabones de una cadena de suministros son básicamente proveedores, manufactura, distribución y clientes. Los cambios que surjan en cada eslabón tienen influencia directa o indirecta a lo largo de toda la cadena de suministros, es por esto que es fundamental gerenciar la misma como un sistema globalizado, ya no es suficiente solo estudiar, analizar y proponer mejoras en cada eslabón de la cadena de suministros por separado, sino que lo ideal es visualizar en todo momento el impacto que tendrán determinadas propuestas de mejora en el resto de la cadena, integrando el flujo de información y materiales a través de todos sus eslabones.

La presente investigación es un paso adelante en la búsqueda de esta sincronización entre eslabones, en donde se propone una herramienta de apoyo en el proceso de toma de decisiones, en

ambientes de trabajo en los cuales se pueda medir el impacto de cambios realizados en algún eslabón sobre los restantes. La herramienta propuesta es la simulación, ya que esta permite trabajar con sistemas complejos y gran cantidad de variables, donde muchas de ellas son de carácter aleatorio.

En el trabajo realizado se demostraron posibles usos de la simulación como apoyo en el proceso de resolver distintos problemas; por ejemplo, estudiar el impacto de mejorar ciertas etapas en toda la cadena de suministros, escoger fechas de entrega apropiadas para poder cumplir con cierto nivel de servicio, comparar escenarios con la finalidad de detectar los mejores bajo los cuales puede operar dicha cadena de suministro, entre otros.

Se orientó la investigación para desarrollar un modelo de simulación en las dos primeras etapas de una cadena de suministros clásica, proveedor y manufactura, en el cual se pueda evaluar el desempeño de la misma, medida en términos de velocidad de respuesta, satisfacción del cliente y rentabilidad. Este modelo se puede completar en un futuro con los eslabones siguientes tales como almacén, distribución y clientes.

Este artículo está estructurado en tres partes, comenzando por una breve reseña histórica de cómo se ha relacionado la simulación con las cadenas de suministros. La segunda parte se concentra en dar a conocer el sistema en estudio y los aspectos relevantes de la construcción del modelo, donde el programa empleado es el ARENA® de la Rockwell Software. Luego se presentan algunos de los experimentos realizados, los cuales hacen referencia a situaciones reales en las que se puede aplicar la simulación para su resolución. Por último se muestran las conclusiones del estudio.

SIMULACIÓN EN CADENA DE SUMINISTROS

De acuerdo a García et al. (2006), la simulación es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema; el objetivo de la simulación consiste en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación del sistema.

Es una técnica que brinda apoyo al momento de tomar decisiones, ya que proporciona una aproximación de lo que sucedería bajo ciertas condiciones que afecten al sistema, reduciendo así riesgos y costos (en los que se incurriría) al no tomar la decisión adecuada.

La simulación facilita la gestión de una cadena de suministros ya que además de construir un modelo de un sistema complejo (el segmento de la cadena de suministros a estudiar) incluyendo variables aleatorias, su mayor ventaja radica en las distintas aplicaciones que se le puede dar, principalmente permite estudiar como se ve afectado todo el sistema ante pequeños y grandes cambios sin tener que implementarlos realmente.

Kelton et al. (2008) mencionan otra ventaja de utilizar la simulación es que proporciona un mejor entendimiento del porque éste se comporta de cierta forma bajo determinadas condiciones, a su vez Vieira (2004) señala que problemas que normalmente se resuelven por reglas intuitivas pueden ser resueltos y probados formalmente y es posible realizar análisis de periodos a largo plazo ejecutados en poco tiempo; demostrando así que con el uso de la simulación se ahorra costo de implementación, tiempo y trabajo, aspectos importantes en las organizaciones.

La simulación generalmente se ha utilizado para estudiar problemas o situaciones puntuales tales como decidir políticas de secuenciación, políticas de inventario, entre otros. Son pocas las investigaciones que soportan la idea de simular todos los aspectos involucrados en una cadena de suministros.

Viera (2004) es uno de los autores que vincula cadena de suministros y simulación. En su investigación presenta las primeras ideas de cómo simular ciertos segmentos de la cadena de suministros, sin embargo, concluye que esto no se ha tratado con mucha frecuencia debido a la complejidad de dichos sistemas.

Calderon y Lario (2007) hicieron una recopilación de 40 artículos de expertos enfocados en la simulación de cadenas de suministros, en donde se pudo percibir que los mismos no han presentado un estudio o un modelo que abarque toda la cadena de suministros con un buen nivel de detalle.

CASO DE ESTUDIO

El Sistema

El sistema a estudiar es una planta que trabaja contra pedidos, en donde se cuenta con un portafolio de 4 tipos de productos (A, B, C y D), existen 5 tipos de clientes diferentes (C1, C2, C3, C4, C5), cuyos pedidos varían en cuanto a cantidades demandadas de cada producto. Las órdenes son procesadas para luego ser producidas tomando en cuenta la disponibilidad de materia prima para la elaboración de cada producto, de cada orden y éstas no son entregadas al cliente hasta estar completadas en su totalidad.

El área de manufactura cuenta con 3 tipos de máquinas (M1, M2 y M3), donde cada producto tiene una ruta de fabricación diferente como se muestra en la Figura 1.

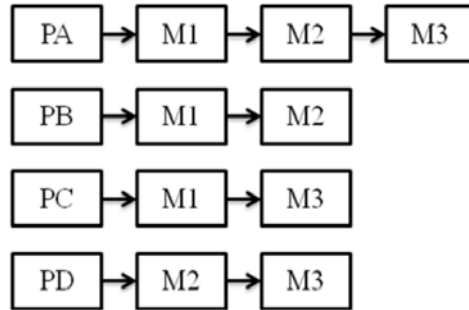


Figura 1. Ruta de trabajo para los diferentes productos.

Para la manufactura de los productos se dispone de 4 insumos (X, Y, Z, W), los cuales son suministrados por 4 proveedores (P1, P2, P3, P4) respectivamente. La materia prima se adquiere siguiendo una política de inventario de revisión continua, es

decir cuando el nivel de inventario llegue al punto de reorden (s) se emite un pedido de tamaño Q.

En la Figura 2 se especifica la lista de materiales de cada producto:

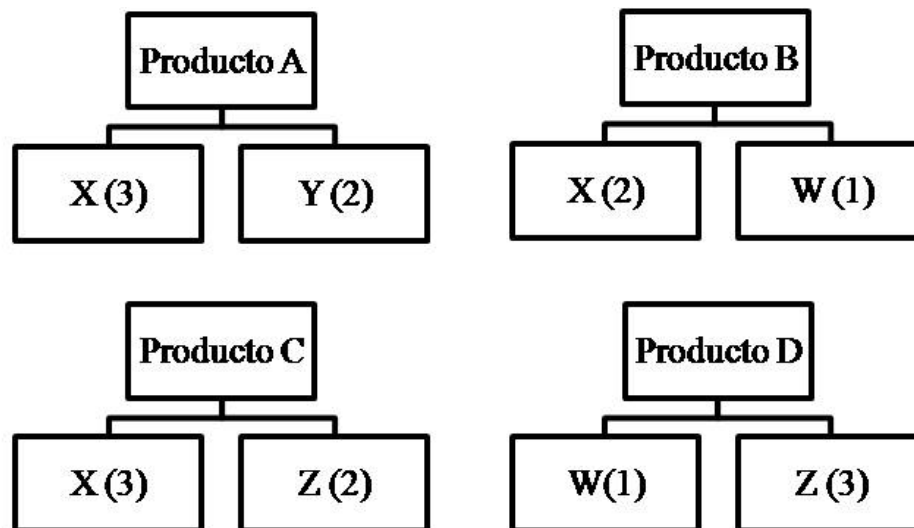


Figura 2. Lista de materiales de cada producto.

El Modelo

El modelo de simulación comienza generando la llegada del cliente, como se observa en la Figura 3. A este se le asigna el Tipo de Cliente y en función de esto su fecha de entrega y su pedido. Para cada producto se verifica si existe materia prima suficiente en el inventario para procesarlo, de ser así, se actualiza el inventario, de lo contrario, se espera hasta que llegue la

materia prima necesaria. A la vez se verifica si el nivel de inventario de la materia prima alcanza el punto de reorden, de ocurrir, se le ordena al proveedor la cantidad correspondiente.

A continuación se procede con la manufactura de los pedidos, ver Figura 4, donde para cada tipo de producto se le asigna un tiempo de procesamiento para

cada máquina según su ruta de trabajo, en caso de que la máquina haya procesado un producto diferente, se simula la puesta a punto.

Una vez completado el pedido se verifica si se cumplió con la fecha ofrecida al cliente para estimar así el nivel de servicio que presta el sistema.

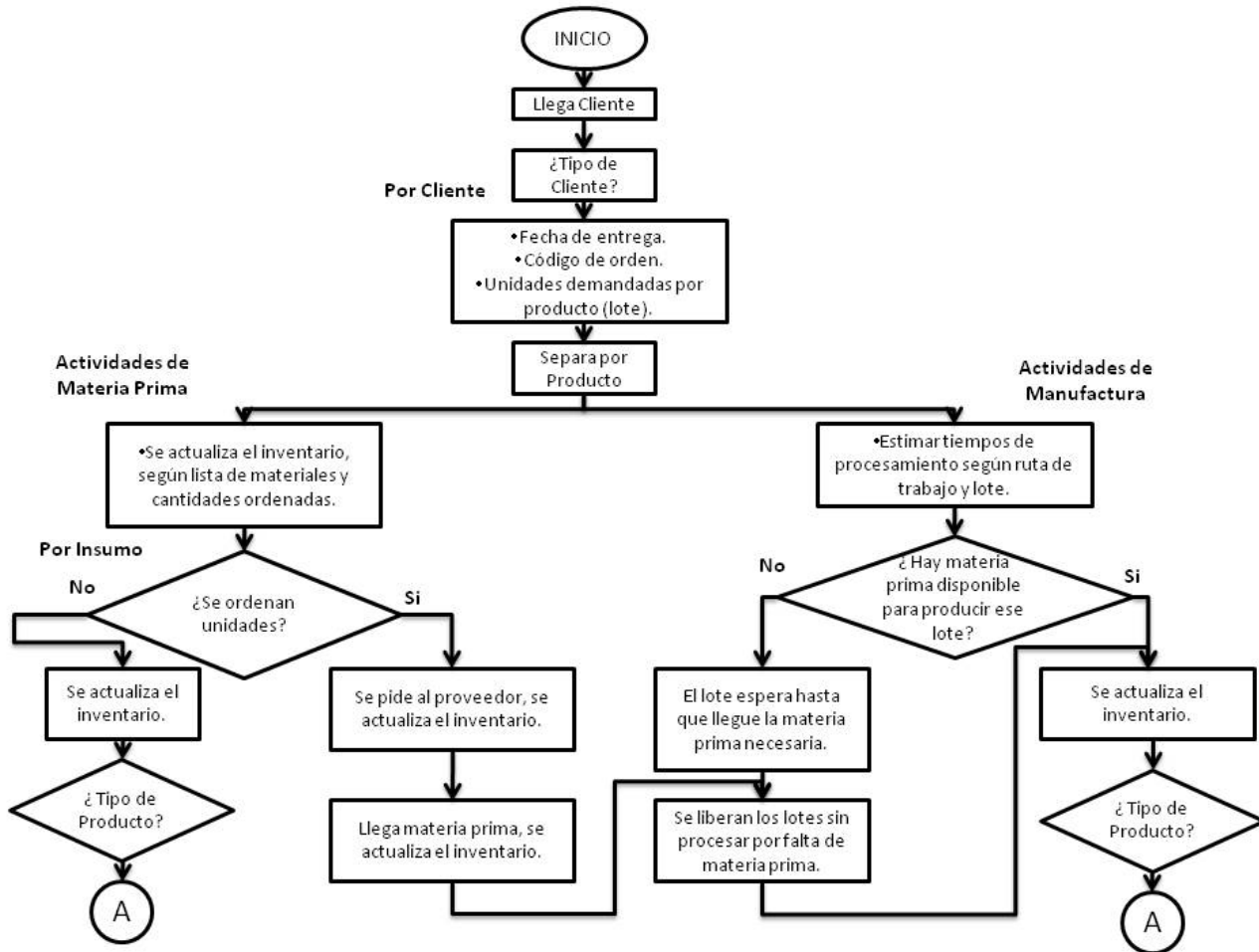


Figura 3. Diagrama de Flujo del Modelo Parte 1.

Para la construcción del modelo se consideraron las siguientes variables de entrada:

- Tiempo entre llegada del cliente.
- Porcentaje de clientes tipo j.
- Cantidades demandadas del producto k por el cliente j.
- Fecha de entrega acordada con cliente j.
- Punto de reorden para insumo i.
- Cantidad a ordenar del insumo i.

- Tiempo que se tarda el proveedor en entregar un pedido del insumo i.
- Tiempo en producir una unidad del producto k en la maquina l.
- Tiempos de puesta punto por cada cambio de producto en la maquina l.

Donde: i: X, Y, Z y W.
j: 1, 2, 3, 4 y 5.
k: A, B, C y D.
l: 1, 2 y 3.

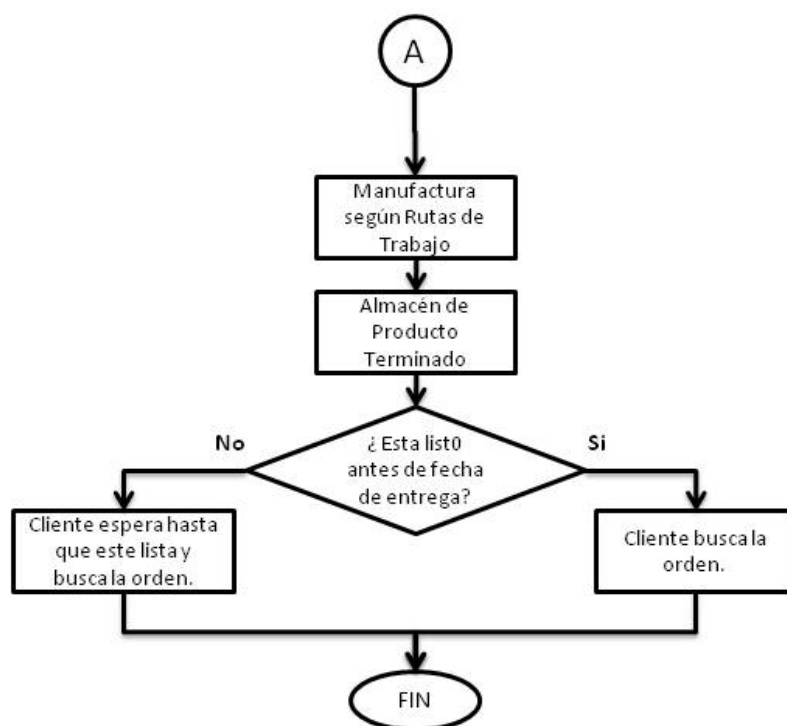


Figura 4. Diagrama de Flujo del Modelo Parte 2.

Salidas de Interés

Para medir el desempeño de este sistema se utilizaron los indicadores de: tiempo de respuesta de la planta, beneficio obtenido y nivel de servicio, definiéndose este último como el porcentaje de clientes a los que se les entrega su pedido a tiempo.

Experimentación

El primer experimento consistió en conseguir una combinación entre política de inventario para la adquisición de cada uno de los insumos y el criterio de secuenciación para la producción (FIFO y fecha de entrega más próxima). Se probaron 250 combinaciones

de políticas para la compra de materia prima para cada uno de los criterios de secuenciación; se eligió la política que en cada caso proporcionó mayor beneficio, y estos datos se introdujeron en el modelo de simulación para analizar las otras salidas de interés obteniendo que trabajar con la fecha de entrega más próxima genera un mayor nivel de servicio para este caso.

El segundo experimento consistió en determinar la fecha de entrega que se le debe ofrecer a cada cliente de forma tal de garantizar un nivel de servicio de al menos el 95 %. En la Tabla N° 1 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla N° 1. Resultados de las fechas de entrega para el experimento 2.

Cliente	1	2	3	4	5
Fecha de Entrega (días)	17	18	19	18	18
Nivel de Servicio (%)	95.66	96.28	98.25	97.35	96.2

A continuación se determinaron diferentes niveles de servicio que se obtienen para diferentes fechas de entrega, con el fin de

establecer una fecha de entrega para el nivel de servicio que se desee garantizar, ver Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Niveles de Servicio obtenidos para diferentes fechas de entrega.

Cliente 1		Cliente 2		Cliente 3		Cliente 4		Cliente 5	
Día	NS (%)	Día	NS (%)	Día	NS (%)	Día	NS (%)	Día	NS (%)
19	99.56	20	99.78	20	98.25	19	99.34	19	98.1
18	97.38	19	99.12	19	98.25	18	97.35	18	96.2
17	95.66	18	96.28	18	94.76	17	94.53	17	92.41
16	94.5	17	94.97	17	94.32	16	92.7	16	91.6
15	91.47	16	93	16	91.26	15	89.39	15	88.89

El tercer experimento consistió en determinar el impacto que se tiene sobre el desempeño de la planta, al realizar mejoras en los tiempos de procesamiento de las maquinas cuello de botella, lo cual se representó disminuyendo la variabilidad un 50% o la media un 15% de los mismos. Para este caso, las mejoras no afectaron significativamente el desempeño de la planta por lo que se probó con la adquisición de una maquina obteniéndose un incremento del nivel de servicio de aproximadamente 18%.

Adicionalmente se aprovechó el modelo para medir el rendimiento del sistema ante una

disminución de los tiempos de entrega de los proveedores, obteniendo como resultado una mejora en el nivel de servicio de 68.59% a casi 90%, por lo que el desempeño del sistema es sensible a la disminución de los tiempos de entrega.

Por último se realizó un análisis de sensibilidad, en donde se evaluó cómo se comporta el sistema ante variaciones de la demanda, demostrando cómo el aumento de la demanda disminuye el nivel de servicio, además se pudo determinar que ya con un incremento superior al 20% la capacidad de la planta no es suficiente, como se puede apreciar en la Figura 5:

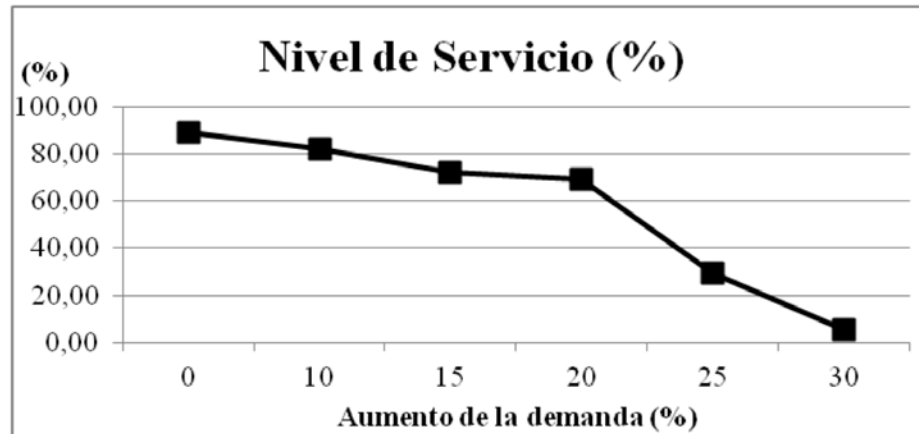


Figura 5. Análisis de sensibilidad para el nivel de servicio.

CONCLUSIONES

Lo más difícil en un estudio de simulación, además de la comprensión del lenguaje de programación que se utiliza, es el entendimiento del sistema para realizar un modelo acorde, pero una vez que se logra entender tanto el sistema como el programa, y se construye un modelo apegado a la realidad, experimentar con el mismo es un procedimiento más práctico y eficiente, lo que convierte a la simulación en una herramienta muy flexible y poderosa para la toma de decisiones.

Se construyó un modelo con el que se lograron fusionar las etapas de proveedor y manufactura, normalmente estudiadas de forma aislada, lo que proporciona una herramienta que permite evaluar el desempeño de una cadena de suministros en donde estos eslabones mencionados están conectados y dependen uno del otro.

Por medio de los experimentos realizados se pudo evaluar el comportamiento de las etapas de la cadena de suministros estudiada ante ciertos cambios, ya que los experimentos realizados representan algunos de los problemas que se pueden presentar en una empresa, proporcionando métodos para la resolución de los mismos.

Entre los problemas estudiados está la determinación de políticas de inventario, mejoras en el proceso de producción representadas como disminución de tiempos de procesamiento y adquisición de máquinas, disminución en los tiempos de entrega de los proveedores, determinación de fechas de entrega, entre otros.

El nivel de servicio que presta la planta no es sensible a mejoras en los tiempos de procesamiento, sin embargo si lo es a la disminución de los tiempos de entrega de los proveedores ya que se incrementaría en un 22%, también la adquisición de una máquina lo aumentaría en un 18%.

La planta está en capacidad de hacer frente a un incremento de la demanda de hasta un 20% sin afectar considerablemente el nivel de servicio prestado, pero un incremento mayor de la demanda ocasionaría un nivel de servicio inferior al 50%.

Se demostró que el modelo de simulación construido es una herramienta que ofrece un soporte a la gerencia en el momento de tomar decisiones para resolver un problema determinado, de forma eficaz y práctica, sin incurrir en costos de experimentación con el sistema real.

REFERENCIAS

Calderón, J.; Lario, F. (2007). Simulación de Cadenas de Suministro: Nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia.

García, E.; García, H. y Cárdenas, L. (2006). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Pearson Prentice Hall.

Jain, S.; Workman, R.; Collins, L.; Ervin, E.; Larthrop. (2001). Development of a high-level supply chain simulation model. Winter Simulation Conference.

Kelton, W.D.; Sadowski, R.; Sturrock, D. (2008). Simulación con software Arena. México: Mc Graw-Hill Interamericana.

Vieira, G. (2004). Ideas for modeling and simulation of supply chains with Arena. Winter Simulation Conference.

Fecha de recepción: 28 de junio de 2011
Fecha de aceptación: 01 de noviembre de 2011