



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

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

ENSEÑANDO DINÁMICA DE SISTEMAS Y CADENA DE SUMINISTRO A PARTIR DEL BEER GAME

Ana María Aguirre Henao, Gloria Stefanny Cardona Mafla, Juan Felipe Cuéllar Quintero, César Jaramillo Naranjo, Andrés Steven Osorio Vergara, Lina Marcela Vargas Zapata

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

Durante los últimos quince años GEIO ha investigado y desarrollado técnicas constructivistas de transmisión de conocimiento y con ellas ha llegado a 25 universidades del territorio nacional, logrando una innovadora revolución de las metodologías de la enseñanza de Ingeniería Industrial. Dentro de las líneas de investigación del grupo, una de éstas se encarga de temas relacionados con los Sistemas Dinámicos y uno de las propuestas lúdicas más investigadas y desarrolladas es el llamado Beer Game el cual es un juego proveniente de Sloan School of Management, del MIT desarrollado por Sterman, a partir de profundizaciones del trabajo de Jarman. Con el Beer Game se pueden ver, analizar y gestionar todos los conocimientos relacionados con el trasegar de la cerveza desde una fábrica hasta un consumidor final.

Por otra parte, en las tres últimas visitas a las universidades: Nacional, ICESI y Militar Nueva Granada se identificó la necesidad de proveer herramientas didácticas para gestionar el conocimiento relacionado con la Logística y Supply Chain. Es en este momento cuando surge la intersección entre estas dos temáticas y el equipo está convencido de que el uso del Beer Game y sus variantes es muy útil para enseñar conceptos como: logística como función de Supply Chain, nivel estratégico, (indicadores), nivel táctico, nivel operativo, (material requirement planing MRP II y Collaborative Planning Forecasting and Replenishment CPFR), enfoque lean, enfoque Kanban, warehouse management system WMS, distribución y canales, indicadores sistémicos, bullwhip, riskpool, competencia versus cooperación, servicio al cliente y almacenamiento.

En la actualidad el mercado necesita profesionales conocedores del tema y para eso se diseñó un curso que contiene esas temáticas solicitadas por la demanda, el cual está a disposición de todas las universidades donde se enseña conocimientos administrativos relacionados con la gestión de la cadena de suministro. Este se fundamenta en el Beer Game y sus variantes; dentro de ellas se puede mencionar el Beer Game de una sola demora, el sincronizado, el estacionario, la reducción del Bullwhip, Cross Docking, el Riskpool y cuentos sobre dinámica de sistemas como la Queja de Gecko y las Semillas Mágicas de Anno. Cada variante va acompañada de su respectivo kit de materiales: tablero, órdenes, cuadrículas para gráficas, manual, entre otros.

Palabras Clave: cadena de suministro; dinámica de sistemas; metodología lúdica

Abstract

During the last fifteen years, GEIO has researched and developed constructivist techniques and knowledge transfer. With them, GEIO has reached 25 universities nationwide, achieving a revolutionary innovative teaching methodology in Industrial Engineering. Within the research branches of the group, one of these is responsible for issues related to Dynamical Systems and one of the most researched and developed game is called the Beer Game from Sloan School of Management, MIT Stermann developed and based in the work of Jarmain. Playing Beer Game you can view, analyze and manage all the knowledge related to decant the beer from a factory to a final consumer.

Moreover, in the last three visits to universities: Universidad Nacional, Universidad Militar, Nueva Granada and ICESI it has been identified the need to provide educational tools for managing knowledge related to Logistics and Supply Chain. It is at this time when there is the intersection of these two issues and the team is convinced that the use of the Beer Game and its variants is useful to teach concepts such as: Logistics and Supply Chain function, strategic level indicators, Level tactical, operational level (MRP II and CPFR), Focus Lean, Kanban approach, WMS, Distribution and channels, systemic indicators, Bullwhip, Riskpool, cooperation versus competition, customer service and storage.

Currently the market needs professionals who know the subject and for that you designed a course that contains these topics requested by the application, which is available to all universities which teach management skills related to the management of the supply chain. This is based on the Beer Game and variants within them we can mention the Beer Game one delay, the synchronized, the steady reduction Bullwhip, Cross Docking, Riskpool and stories about the system dynamics as the Complaint Gecko and Anno's Magic Seeds. Each variant is accompanied by its respective kit of materials: Board, orders, grids for graphics, manual, among others.

Keywords: methodology playful; supply chain; systems dynamics

1. Introducción

Dentro de la línea de Dinámica de Sistemas, GEIO ha gestionado el ejercicio llamado Beer Game. Pero ese juego se ha convertido en el punto inicial de un fuerte desarrollo. Se ha complementado esta actividad a partir de elementos y conceptos extraídos de otros ejercicios, agregando variantes y fundamentos científicos, hasta llegar a un exquisito conjunto de ejercicios muy útiles para la transmisión de conocimientos relacionados con la logística y la cadena de Suministro (SC). Ese conjunto de ejercicios satisface la necesidad de los integrantes del grupo de estar produciendo cosas nuevas todos los días, de jugar a hibridar y especializar conocimiento, y de ofrecer un nuevo producto, solicitado por varios miembros de la red de investigación, desarrollo y divulgación de los procesos de enseñanza a través de la lúdica IDDEAL. A veces se sigue la filosofía del alpinista: ¿Por qué subir a la cima de la montaña? Fácil, porque allí está esperando, tal como ocurre con esos profesores usuarios actuales del BG, los cuales están esperando por nuevos desarrollos, para poder disfrutar más del BG, ampliar sus horizontes y crecer intelectualmente.

El uso de estos ejercicios permitirá que los estudiantes aumenten considerablemente sus competencias relacionadas con la SC.

2. Contextualización

Como consecuencia del acelerado desarrollo de las comunicaciones, nacen las cadenas de suministro o en inglés supply chain (SC), donde todos los eslabones desde el productor de la materia prima hasta el minorista final, se pueden encadenar. Mirando holísticamente, forman una sola unidad dinámica, la SC. Y como en todos los eslabones de esa cadena participan seres humanos, en GEIO se tiene la convicción de que se convierten en un sistema dinámico. Hoy por hoy no compiten las empresas entre sí, son las cadenas las que compiten por dominar los mercados, por sobrevivir, por devorarse entre sí.

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción del pedido de un cliente. La SC incluye al fabricante, al proveedor, a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos clientes.

Por su parte el Beer Game es un juego de simulación creado por un grupo de profesores del MIT Sloan School of Management en los años 60's para demostrar los principios de la administración de la cadena de suministro. Es una competencia en la cual los participantes representan cuatro de los seis eslabones o agentes que intervienen en la distribución de la cerveza. Se hace recepción y despacho de pedidos cada semana, siendo éstas las decisiones que se deben tomar previendo la demanda del cliente y al final se genera un espacio para la socialización y las conclusiones a las cuales el facilitador desee llegar con los jugadores.

3. Justificación

La cadena de suministro, como cotidianamente es enseñada en la aulas de clase tiende a ser un tema complejo y aburrido para los estudiantes, sin tener en cuenta que ellos requieren de estos conocimientos para convertirse en profesionales con amplia capacidad de ejecución. Cuando se comprende la dinámica actual del mercado, en el cual se cuenta cada vez con un cliente más exigente, dispuesto a no pasar por alto pequeños detalles, surge la intersección de sistemas dinámicos con la cadena de suministro, permitiendo crear un curso académico en estas temáticas con factores que lo diferencian de la forma actual de enseñanza. Cabe resaltar que estos conceptos estudiados a profundidad requieren tener estrechas relaciones, tanto en la escuela como en el mundo real para que el estudiante observe la aplicabilidad de los mismos.

GEIO, buscando expandir su metodología en el país y en el mundo, dicta cursos de acuerdo al interés del cliente. Ésto, crea la necesidad en el equipo de tener a su disposición procesos innovadores, permitiendo enseñar de manera constructivista al estudiante. Por este motivo, los cursos dictados en la Universidad ICESI y de la Universidad Militar Nueva Granada, han generado la orden de producción pidiendo hacer un curso de Supply Chain con enfoque en Dynamic System, lo que ha permitido desarrollar actividades sistémicas que permitirán en los estudiantes apropiarse y potencializar sus conocimientos en estas áreas.

El factor motivante para realizar constantes investigaciones, aplicando una metodología innovadora que permite en los estudiantes la motivación a aprender, es tener el reconocimiento de los clientes, así como observar el gusto con el que estos compran los nuevos avances, tanto los propuestos por ellos como los

generados autónomamente por el equipo. Estos desarrollos permitirán llegar a más universidades y estudiantes, puesto que son metodologías apropiadas, pensadas en el comportamiento y exigencias de los jóvenes, los cuales son dinámicos y están dispuestos a aprender de formas diferentes y divertidas, que los hagan recordar por siempre los conceptos.

4. Metodología

Este trabajo está fundamentado en la metodología constructivista, la cual busca que a partir de los diferentes ejercicios que fueron generados por el equipo de trabajo, las personas a las cuales se les va a llegar generen un conocimiento propio basado en las herramientas suministradas y de esta forma se dé un proceso dinámico e interactivo.

Gran parte del trabajo ocupó las reuniones semanales del grupo. En cada reunión no faltaban: A) estudio de un cuento de Sabiduría Conectada, profundizando en cualidades sistémicas fundamentales, por ejemplo: conectividad, interdependencia, integridad, etc. B) Estudio de teoría en una obra famosa sobre SC, como el libro Administración de la Cadena de Suministro, Estrategia, Planeación y Operación, por Sunil Chopra y Peter Meindl, C) Ensayo de una lúdica parte del curso. D) Revisión de las tareas dejadas en la reunión anterior y puesta de las nuevas.

Buscando así la construcción de nuevos saberes por parte del equipo de trabajo, basados en la labor de GEIO, cuyos objetivos han sido: aprender a aprender, aprender a trabajar en equipo, producir productos de calidad, crecer y versen realizados, especializar e hibridar conocimiento.

5. Resultados

El resultado final del ejercicio se puede resumir en una cartilla que sirve como guía a 17 lúdicas muy útiles para gestionar conocimientos relacionados con la SC y siempre fundamentados sobre el BG. La lista siguiente presenta algunos de ellas:

5.1. La queja de Gecko. A través de la lectura de un cuento, creado por Linda Booth Sweeney, se busca que el participante comprenda conceptos básicos de la dinámica de sistemas como bucles de realimentación, sistemas anidados e interdependencia.

5.2. Las semillas mágicas de Anno desde los flujos y los niveles. Siguiendo una historia, creada por Mitsumasa Anno, se le muestra al participante de una forma sencilla el funcionamiento de un diagrama de flujos y niveles como también se presentan algunas herramientas del pensamiento sistémico entre las que se encuentran los diagramas causales y el arquetipo sistémico de límites de crecimiento.

5.3. Sistema producción-distribución. Es el antecesor del BG, diseñado por Jarmain. En ésta actividad se muestra la interacción entre dos eslabones de una SC, un minorista y su proveedor, desde el punto de vista del primero.

5.4. Realimentación negativa, primer orden. Se le muestra al participante la forma como opera un bucle de realimentación negativa de primer orden; es decir, ciclos en los que un aumento en una variable causa una

disminución en otra y viceversa; en el tiempo, donde se grafica el BOT (Behavior Over time) de las variables inventario y tasa de órdenes.

5.5. Realimentación negativa, segundo orden. Se muestra el funcionamiento de un bucle de realimentación negativa de segundo orden donde al igual que para el numeral anterior, se grafica el BOT de la variable inventario y se comparan las diferencias entre los dos sistemas.

5.6. Estilos de conducta según el coaching. Se le hace un breve cuestionario a cada uno de los participantes para clasificarlos en 4 categorías, y con ello asignar los equipos de trabajo que asumen la gestión de cada eslabón de la SC en el BG.

5.7. La SC en los clasificados. Se muestran ejemplos de avisos clasificados extraídos del periódico donde se solicitan personas para encargarse del área de logística y SC. Se observan allí los conocimientos que deben tener los profesionales de la SC para desempeñarse en el campo laboral.

5.8. Diseño de la SC de la porcicultura. En colaboración con los participantes, se hace un diseño de la SC para la porcicultura, iniciando desde la crianza hasta llegar a los minoristas locales y a los mayoristas internacionales (exportación).

5.9. El día cuando discutieron las partes de la casa. Se hace una reflexión a través de la lectura de un cuento, creado por Linda Booth Sweeney, donde se introduce al participante a conceptos básicos del pensamiento sistémico como la integridad de los sistemas.

5.10. Las 7 reglas de Plossl. Variante del BG clásico donde se hace una simulación aplicando las 7 reglas de Plossl para la gestión de la SC, con lo que el participante ve la diferencia con el original.

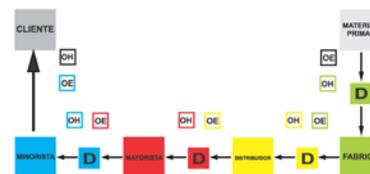
5.11. El BG clásico, doble demora. Es el más difundido por el grupo GEIO. En ésta actividad, se muestra el funcionamiento de la SC de la cerveza pasando por 6 eslabones de la cadena: materias primas, fábrica, distribuidor, mayorista, minorista y cliente. El primer y el último eslabón son manejados por los facilitadores del ejercicio mientras que los 4 restantes estarán a cargo de los participantes quienes deberán tomar semanalmente la decisión de qué cantidad de canastas de cerveza pedir a su proveedor inmediato teniendo en cuenta que el producto pedido hoy demora dos semanas en llegar a las respectivas bodegas y el objetivo de cada eslabón es minimizar los costos totales incurridos por conceptos de inventario y pendientes. Se muestra con ésta actividad los problemas que ocurren en una mala gestión de la SC como por ejemplo el efecto Bullwhip.

BEER GAME DOBLE DEMORA



Producción: C. Jaramilla

BEER GAME DEMORA SENCILLA



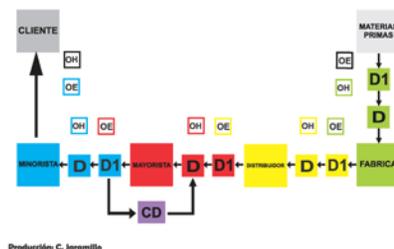
Producción: C. Jaramilla

5.12. El BG clásico, demora sencilla. Muy similar al BG clásico doble demora, en ésta actividad se busca hacer que el participante visualice el efecto de las demoras en los inventarios y pendientes, y en las ordenes de pedido comparando los resultados acá obtenidos con los del ejercicio anterior.

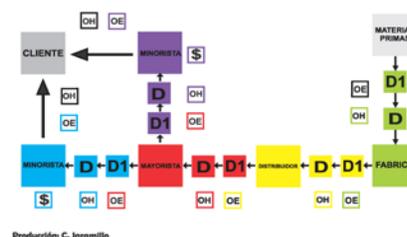
5.13. El BG estacionario. En éste caso, la demanda sigue una distribución normal. Además, los costos de mantenimiento del inventario van disminuyendo a medida que el eslabón está más alejado del cliente y sólo se castiga al minorista con costos de faltantes por ser ellos los directamente afectados. Se pretende con ésta variante del BG mostrar un ejemplo de una SC aproximado a lo que sucede en la realidad.

5.14. Crossdocking en el BG. Se muestra al participante éste concepto introduciendo una plataforma de crossdocking en el eslabón del mayorista.

BEER GAME CROSS DOCKING



BEER GAME RISK POOL



5.15. Risk Pool en el BG. Se introduce un segundo minorista con lo que el cliente podrá pedir a cualquiera por lo que se hace competencia por precio. Ambos deberán ser abastecidos por el mayorista.

5.16. El BG sincronizado. Muy similar al BG clásico doble demora, donde se tiene una línea de comunicación entre el minorista y la fábrica. Se induce al participante a la importancia de la comunicación en la gestión de la SC y se introduce al concepto del CPFR (Colaborative Planning, Forecasting and Replenishment) como una filosofía exitosa en éste campo.

5.17. Hábitos del pensador sistémico. Se hace una reflexión acerca de los hábitos del pensador sistémico con ayuda de una lectura, donde se introduce al participante a éstos conceptos básicos y fundamentales del pensamiento sistémico.

6. Análisis de resultados

La aplicación de las lúdicas creadas para fortalecer los conocimientos relacionados con la SC permitió a los estudiantes retroalimentar su aprendizaje al experimentar los conceptos a partir de la práctica, participando de manera dinámica en la realización de cada uno de los ejercicios y contextualizando lo vivido en situaciones reales, como en el caso del diseño de la SC en la porcicultura.

En general con los ejercicios desarrollados a partir del BG los estudiantes tuvieron la posibilidad de experimentar la interacción entre los diferentes eslabones de la cadena de Suministro al asumir diferentes roles que les permitió tomar decisiones que se asemejan a las de la vida real y apreciar problemas que podrían presentarse como el efecto Bullwhip o a comprender la importancia de la comunicación en la gestión de la SC.

Con el desarrollo de las actividades en torno a los cuentos los estudiantes pudieron comprender conceptos básicos de dinámica de sistemas al identificar en estos bucles de realimentación, sistemas anidados, interdependencia, integridad de los sistemas, diagramas causales y arquetipos sistémicos, esto con el objetivo que al finalizar el proceso además de incrementar sus competencias relacionadas con la Cadena de Suministros, la comprenden como un sistema dinámico en el que se pueden analizar diversos factores desde el punto de vista de un pensador sistémico.

7. Conclusiones

- Las SC están compuestos por empresas que hacen de eslabones en los cuales fluyen materiales, información y fondos que producen diferentes interacciones entre ellas y el entorno. Lo anterior muestra indicios claros del comportamiento de sistemas complejos cuya apropiada gestión ha creado ventajas competitivas a líderes de mercado. Desde que el objetivo principal en la gestión de la SC es maximizar el valor agregado al producto o servicio a lo largo de la misma logrando satisfacción del cliente, es necesario que los gerentes de ellas sean pensadores sistémicos.
- El enfoque constructivista en la enseñanza de la ingeniería industrial ha sido exitoso tanto para los miembros del grupo GEIO como para los investigadores y los participantes. Con el diseño de éste curso se ha logrado bajo éste enfoque, el cual es diferente de los modelos de enseñanza convencionales, resultados interesantes en las competencias técnicas en la gestión de la SC y el pensamiento sistémico.
- La motivación por la adquisición de conceptos fundamentales que permitan desarrollar el intelecto del participante de una forma dinámica, consistente haciendo hincapié en temas tan fundamentales como los son la SC con base en el BG y la motivación al conocimiento es un factor determinante en el proceso de investigación, puesto que si no se estimula constantemente hace que el participante pierda interés sobre los aspectos tratados en contextos tan definitivos.
- A través del desarrollo de las diferentes lúdicas planteadas en la cartilla que fundamenta nuestro trabajo de investigación se evidenció que el participante indagó, gestionó, se vió inmerso en un contexto operativo, argumentativo y de trabajo en equipo, de manera que se logró modificar de una manera efectiva la abulia que en principio los participantes sienten sobre temas que les resultan en primera instancia como aburridos o incluso desconocidos
- Se logró que el participante asumiera papeles dentro de las diferentes lúdicas (Role Play), lo que permitió la inclusión de posiciones argumentativas con base en experiencias personales o según su formación académica para tomar decisiones con respecto al caso concreto que se estaba tratando en el desarrollo de la lúdica.
- A través de los cuentos, se logró construir un espacio de retroalimentación de ideas, experiencias, conceptos y temas relacionados con la dinámica de sistemas de manera que el participante sintió la necesidad de estimular cada vez más sus conocimientos así como de ponerlos en práctica, logrando modificar su accionar dentro de la sociedad y su posición crítica en temas actuales analizando de manera holística estos.

8. Referencias

- Lawrence D. Fredenthal. Ed Hill. (2001). BASIC OF Supply Chain Management. APICS series on Resource Management.USA.
- M. Eric Johnson, (2000). Supply Chain Management: Innovations for Education. POMS. U.S.A.
- Kevin P. McCormack. (2003). SUPPLY CHAIN NETWORKS AND BUSINESS PROCESS ORIENTATION. CRC Press. London.
- David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi (2000). DESINGNING AND MANAGING THE SUPPLY CHAIN. Irwin McGraw-Hill. Boston.
- W. Edwin Jarmain (1969). PROBLEMS IN INDUSTRIAL DYNAMICS. The MIT Press. Cambridge.
- Linda Booth Sweeney.(2008) CONNECTED WISDOM.SEED. U.S.A.
- Jay W. Forrester, (1972). PRINCIPLES OF SYSTEMS. Wright-Allen Press, Inc. U.S.A.
- Sunil Chopra, Peter Meindl, (2008). ADMINISTRACION DE LA CADENA DE SUMINISTRO, ESTRATEGIA, PLANEACION Y OPERACIÓN. Prentice Hall. México.
- Guillermo Michel, (1996). APRENDE A
- APRENDER. Trillas. México.
- Jac A. M. Vennix. (1996) GROUP MODEL BUILDING. Facilitating Team Learning Using Systems Dynamics. Wiley.U.S.A.
- Carlos Scheel Mayenberger (2008). DINAMICA DE ECOSISTEMAS INDUSTRIALES. Trillas. México.
- John D. Sterman (2000). BUSINESS DYNAMICS. SYSTEMS THINLING AND MODELING FOR A COMPLEX WORLD. McGraw Hill. Boston.
- Linda Booth Sweeney, (1963) WHEN A BUTTERFLY SNEEZES. Pegasus. USA

Sobre los autores

- **Ana María Aguirre Henao:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira e investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones. anita05agui@hotmail.com
- **Gloria Stefanny Cardona Mafla:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira e investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones. tefacardonamafla@hotmail.com
- **Juan Felipe Cuéllar Quintero:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira e investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones. jfelipecq@gmail.com
- **César Jaramillo Naranjo:** Ingeniero Mecánico, Mater en Ingeniería, Asesor Científico grupo GEIO. Grupo en la enseñanza de la Investigación de Operaciones. Profesor jubilado. cejana@utp.edu.co
- **Andrés Steven Osorio Vergara:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira e investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones. ste0095@hotmail.com
- **Lina Marcela Vargas Zapata:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira e investigadora Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones. linav_17@hotmail.com

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)