



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



### SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MASIVO: CASO CHELA S.A.

Ronny Ricardo Aguirre Carranza, Oswaldo Daniel Carrión Maldonado, José Manuel Merchán Borja,  
Jorge Fernando Abad Moran  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador  
raguirre@espol.edu.ec, jmerchan@espol.edu.ec, ocarrion@espol.edu.ec, jabad@espol.edu.ec  
Abril 2009 – Mayo 2010 GUAYAQUIL – ECUADOR

#### Resumen

*El presente artículo trata acerca del desarrollo de un caso de estudio basado en el famoso juego de logística llamado “El Juego de la cerveza”. Fue creado para ser aplicado en clases de pregrado y postgrado con propósitos académicos, brindando al estudiante la experiencia de un ambiente de negocios real, en el cual puede tomar sus propias decisiones y observar las consecuencias de las mismas. Se concentra en tratar de demostrar el Efecto Látigo, desarrollando una simulación de la administración de una cadena de suministro, donde cada estudiante puede tomar sus propias decisiones y observar su impacto directo dentro de la cadena en tiempo real. El resultado obtenido es una experiencia académica única, donde los participantes pueden reflexionar y sacar conclusiones sobre los diversos factores y problemas que aparecen y afectan sus decisiones y como consecuencia de esto, toda la cadena de abastecimiento.*

**Palabras Claves:** Chela Game, Efecto Forrester, Efecto Bullwhip, Cadena Logística, Inventario, Simulación, Efecto Látigo.

#### Abstract

*This article is about the development of a case study based in Logistics famous game called: “The Beer Game”. It was created to be applied in Universities and Masters Degrees for academic purposes, bringing the students the experience of a real business environment, where they can take their own decisions and see the consequences of them. It focuses on trying to demonstrate the Bullwhip Effect by making an entire supply chain management simulation, where each student can make their own choices and observe the impact and direct influence of them into the supply chain in real time. The result obtained is a unique academic experience where the participants can analyze, reflect and make conclusions about the many factors and problems that appear and affect their decisions, and from consequence of that the whole supply chain.*



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



### 1. Introducción

Este proyecto de graduación fue desarrollado para la Escuela Superior Politécnica del Litoral especialmente para las clases de logística de pregrado y postgrado, con la finalidad de desarrollar un caso de estudio o simulación de negocios en el cual se demuestre el efecto Forrester y que los participantes puedan desarrollar su pensamiento sistémico. Para aquello se recolectó información sobre el efecto Forrester sus causas y el tratamiento que se le emplea actualmente para reducir su impacto, después de lo cual se comenzó la etapa del diseño de la simulación de negocios o caso de estudio. Una vez establecidos los diseños, éstos fueron puestos a prueba con la finalidad de medir su desempeño y la factibilidad del mismo a la hora de la interacción de los grupos de trabajo, los resultados generaron pautas con las cuales se establecieron los parámetros de la simulación. El resultado que se presenta es el caso de estudio final con todas las herramientas necesarias para el estudiante. Es de mencionar que la simulación es una variación del "Juego de la cerveza". Al final de este proyecto se encontrarán las recomendaciones necesarias para el instructor al momento de la implementación en la clase.

### 2. Planteamiento del problema

Dentro de la formación de los administradores, se requiere que se realicen simulaciones de negocio, para que los estudiantes tengan la oportunidad de contextualizar situaciones reales en las cuales puedan equivocarse, enfrentar situaciones inesperadas, reflexionar sobre las acciones tomadas y corregir sus errores para que así puedan interiorizar la experiencia, aprender lecciones o desarrollar estrategias aplicables en el entorno en el que se desenvuelven.

Es por esto que el presente proyecto desea plantear un caso de estudio para los cursos de Logística de Pregrado y Postgrado donde se pueda brindar a los estudiantes la experiencia de una simulación de negocios en la que puedan tomar decisiones y vivir una experiencia que permita replantear y desarrollar ideas.

El principal problema a enfrentar dentro del caso de estudio es ¿Cómo minimizar los costos totales de la cadena de distribución sin afectar

significativamente el nivel de servicio?, es decir, sin generar casos de desabastecimientos (back orders) y casos de ventas perdidas. Se debe plantear este problema a los participantes del caso CHELA S.A.

La descoordinación y poca alineación dentro de las estrategias de los diferentes agentes que participan dentro de la cadena logística o de suministros de un negocio van originando que se acumulen niveles de inventario innecesarios, generando ineficiencias dentro de la misma, haciendo que el negocio se vuelva menos rentable, por otra parte también se pueden generar casos de desabastecimiento, lo cual disminuye el nivel de servicio.

Este efecto se debe a la incertidumbre que se genera cuando varios agentes buscan su beneficio individual, creando ruido dentro de la cadena y obteniendo como resultado un bajo nivel de servicio, el impacto de este efecto se va ampliando dentro de la cadena a medida que existen más participantes entre el punto de consumo y el punto de fábrica, la incertidumbre crece, los tiempos de suministros se vuelven mayores, y la comunicación e información se vuelve escasa o nula.

Dicho efecto es llamado "Efecto Forrester", el cual puede echar abajo la eficiencia operativa y tener efectos perjudiciales, como tiempos de producción más largos, retrasos en los pedidos y una imprevisión general. El efecto Forrester hace que la variación de la demanda en los negocios se amplifique significativamente hacia atrás en la cadena logística.

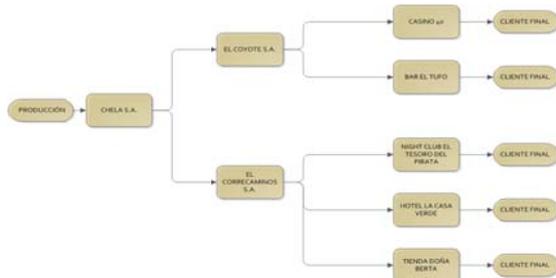
### 3. Caso de estudio CHELA S.A.

Es necesario desarrollar un sistema de simulación cuyos elementos capten la atención del participante, y que le permitan experimentar la dinámica de un negocio real.

Con el fin de que el participante, conozca la situación actual del mercado donde se va a desarrollar la simulación, se va a elaborar un CASO DE ESTUDIO, donde se detalla el escenario al que está expuesto cada uno de los eslabones de la cadena. El caso debe ser presentado a los participantes antes de la simulación y es obligación del participante presentarse a la simulación con la lectura previa del material.

### 3.1. Roles de los participantes

A cada participante se le va a asignar un rol, donde se presenta el nombre de la empresa con un perfil agradable, llamativo y gracioso. Además se va a agregar información de la tendencia del mercado, desenvolvimiento del negocio, costos involucrados, reglas de la distribución y de la solicitud de pedidos. La creación de cada uno de los roles se basa en los lugares donde normalmente se realiza el mayor consumo de cerveza. Los roles dentro de la cadena de distribución del caso de estudio CHELA S.A. se pueden observar en la figura 1.



**FIGURA 1: DISTRIBUCION FINAL**

### 3.2. Tarjetas de demanda

La tarjeta de demanda es una pequeña libreta, que va a mostrar al participante la demanda por turno.

Las tarjetas poseen un diseño práctico y divertido, con información relacionada al producto. Cada tarjeta posee una pequeña leyenda que indica la cantidad de jabs que solicita el cliente. Las tarjetas de demanda se observan en la figura 2. Cada minorista debe manejar su libreta de demanda.



**FIGURA 2: TARJETAS DE DEMANDA**

### 3.3. Ordenes de pedido

Una de las herramientas operativas durante el desarrollo de la simulación es el sistema de registro: “órdenes de pedido”. Las órdenes de pedido van a brindar la facilidad de llevar un control eficiente de los pedidos solicitados y entregados, en la relación proveedor-cliente, y el seguimiento de la rotación de inventario. Las órdenes de pedido deben circular constantemente entre los participantes, durante la simulación.

Las órdenes de pedido deben de tener las siguientes características:

- Robusto
- Reutilizable
- Práctica manipulación
- Sistema sencillo y fácil de asimilar.

Se seleccionó al acrílico como material para las órdenes de pedido, este se asentó sobre madera de 5mm de grosor, y con mimbretes adhesivos se colocó el rol al que pertenece, como se observa en la figura 3.



**FIGURA 3: ÓRDENES DE PEDIDO**

Cada rol, a excepción de Producción va a contar con cuatro órdenes de pedido, para la simulación.

### 3.4. Hojas de registro

Uno de los objetivos durante la simulación es presentar a los participantes el impacto de las decisiones administrativas que toman durante el proceso, en base a los resultados obtenidos. Para cumplir este objetivo es necesario recoger, almacenar y procesar los datos generados por los participantes, en el menor tiempo posible. Esto va a ser realizado por medio de hojas de registro.

Las hojas de registro deben tener un formato claro y sencillo, que ayude al participante a ingresar los datos en el orden en que se van generando durante la simulación. La información va a variar según el eslabón que representa, es decir, minorista, distribuidor, o fábrica.

El objetivo de esta herramienta es minimizar el tiempo que el participante deba dedicar a la operación de proveer información al instructor.

### 3.5. Tableros

El diseño del tablero ha evolucionado durante el desarrollo del proyecto. Inicialmente era un solo tablero, donde se identificaba las líneas de flujo de materiales y flujos de información, y podían participar directamente todos los involucrados, no obstante este diseño presentó ciertos inconvenientes, tal como su embalaje, traslado e instalación, todos estos ligados directamente a su tamaño de 274 \* 180 cm.

Posteriormente, se creó tableros individuales, que permitan a cada jugador ubicarse según lo crea conveniente, sin necesidad de estar físicamente atado o restringido, el tamaño se redefinió en 40 \* 50 cm.

El diseño final de los tableros, se basa en un ambiente urbano, referencial a lugares conocidos de la ciudad de Guayaquil, con el fin de presentar algo gracioso y llamativo que capte en un inicio la atención del participante, como se observa en la Figura 4. El material de la base del tablero es de plumón de 10 mm. de grosor, con una lámina de acrílico adhesivo brillante en la parte superior. Posee una impresión acerca de cada negocio, con el propósito de tener un producto final atractivo y duradero.



FIGURA 4: TABLEROS FINALES

### 3.6. Fichas

Para desarrollar la simulación de manera práctica, el producto cerveza “CHELA” se representa por medio de fichas circulares plásticas de fácil manipulación. Tienen diferentes colores con un valor específico de cantidad de producto (jabas de cerveza):

- Blanco: Equivale una jaba de cerveza “CHELA”
- Azul: Equivale cinco jabas de cerveza “CHELA”
- Amarillo: Equivale diez jabas de cerveza “CHELA”



FIGURA 5: FICHAS DE LA SIMULACIÓN

Las fichas permiten a los participantes, llevar un control visual del inventario, y tener claro el flujo de materiales que debe seguir durante la simulación.



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



### 3.7. Tiempo de simulación

La simulación tiene 3 etapas: Inicial, Intermedia y final.

La primera consiste en una simulación empírica, que permite a los participantes determinar según su criterio, su propio sistema de administración de inventario.

La segunda etapa consiste en realizar un sistema de administración de inventario, para lo cual cada participante puede calcular su Cantidad Económica de Pedido, Punto de reorden, Inventario de Seguridad, etc., el objetivo es que cada participante busque su óptimo local.

La tercera etapa consiste en obtener un sistema de distribución logístico que permita reducir costos de inventario y elevar el nivel de servicio en toda la cadena, es decir buscar el óptimo global.

El tiempo total diseñado para la simulación es de 2 horas. Incluye tiempos de introducción y presentación inicial, tiempos entre simulaciones, tiempos de carga de tableros y tiempos de las simulaciones. Los tiempos propuestos pueden ser adaptados y/o modificados dependiendo de las necesidades y estrategias del instructor.

### 3.8. Indicadores de desempeño

Para medir los resultados de cada etapa de la simulación, es necesario definir los indicadores de desempeño y de nivel de servicio. Los indicadores a ser utilizados son:

- Otif
- Costo de venta perdida
- Costo de back order
- Costo de posesión de inventario
- Costo de transporte
- Costo de pedido
- Costos totales

### 3.9. Sistema de control

Se va a desarrollar un sistema de control para procesar la información generada en la simulación de manera ágil y segura.

Se va a registrar y calcular los costos, indicadores de desempeño y nivel de servicio de cada participante. El ingreso de datos al sistema se debe efectuar manualmente y dicha información puede ser consultada en cualquier periodo de tiempo. Los datos a ser ingresados son:

- Ordenes de pedido realizadas
- Back orders
- Ventas perdidas
- Cantidades despachadas por periodo

El sistema de control sirve para proyectar un ranking basado en la minimización de costos, proyecta la curva de unidades en bodega por periodo y si el usuario lo requiere puede crear una comparación de desempeño de cada jugador por periodo y por etapa de la simulación e incluso por línea, en el caso que hubiese más de una línea de distribución trabajando al mismo tiempo.

Como se observa en la figura 6, el sistema de control consta de los siguientes módulos:



FIGURA 6. SISTEMA DE CONTROL



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



### 3.10. Análisis de resultados

Los resultados de las replicas que van a ser realizadas son analizados con la finalidad de comprobar la generación del efecto Forrester en la simulación y que las mejoras que se implementen dentro del paquete de soluciones muestren avances satisfactorios tanto en el nivel de servicio como en la minimización de costos de la cadena logística. Todas las gráficas mostradas a continuación son generadas por medio del sistema de control.

- **Demanda**

De los resultados obtenidos en la primera etapa de la simulación, la variación de la demanda generada con respecto a la demanda real de cada eslabón de la cadena, se la puede observar en el siguiente ejemplo en la figura 7, donde se logra evidenciar como se crea el efecto Bullwhip para un minorista específico.



FIGURA 7: DEMANDA REAL CLIENTE VS DEMANDA GENERADA POR EL MINORISTA

- **Costos**

Los costos incurridos por parte de los involucrados en la cadena de abastecimiento se presentan en los siguientes ejemplos (obtenidos del programa sistema de control) en las figuras 8 - 12; en las cuales se observa una comparación del caso propuesto, los mejores resultados y los peores resultados obtenidos de todos los procesos de simulación realizados. El impacto de las decisiones administrativas tomadas por los participantes, se evidencia claramente en el detalle de los costos y nivel de servicio.

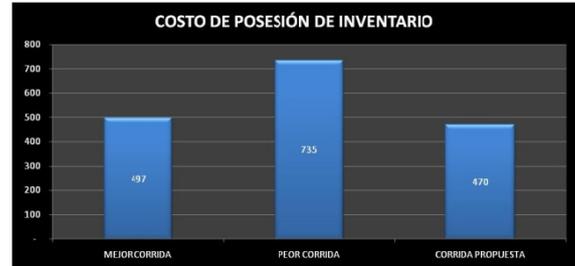


FIGURA 8: COSTO DE POSESIÓN DE INVENTARIO

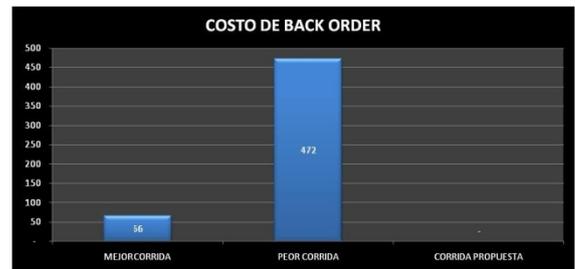


FIGURA 9: COSTO DE BACK ORDER



FIGURA 10: COSTO DE VENTA PERDIDA

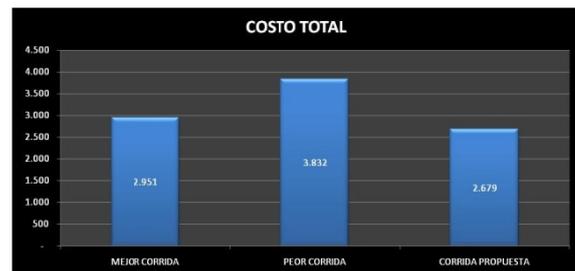


FIGURA 11: COSTO TOTAL



FIGURA 12: ON TIME IN FULL



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



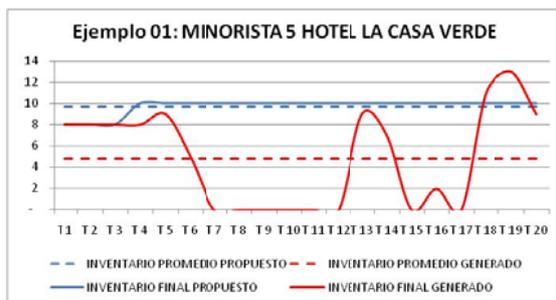
### • Estrategias en el manejo de inventario

De las múltiples estrategias que se notaron en las réplicas de la simulación, se destaca que los participantes asumen un comportamiento similar, ya que plantean dos tipos de estrategias:

**Inventarios Promedios Bajos.-** Se aprecia que se mantiene por debajo del promedio de inventario propuesto, lo cual va a generar desabastecimientos de inventario.

**Inventarios Promedio Altos.-** En esta estrategia se generan costos elevados innecesarios ya que mantienen producto en la bodega que no va a ser requerido por el consumidor, creando una demanda interna generada por la falta de estrategia de la cadena logística, muchas veces justificada por la famosa incertidumbre del mercado.

Esto se puede observar en los siguientes ejemplos de dos minoristas específicos en las figuras 13 y 14:



**FIGURA 13: INVENTARIO PROMEDIO PROPUESTO VS INVENTARIO PROMEDIO GENERADO POR EL MINORISTA 5**



**FIGURA 14: INVENTARIO PROMEDIO PROPUESTO VS INVENTARIO PROMEDIO GENERADO POR EL MINORISTA 4**

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

Las principales conclusiones son:

- El desarrollo del caso: CHELA S.A., promueve una dinámica de aprendizaje, que impulsa la investigación y el pensamiento crítico del participante, ofrece las pautas adecuadas para una correcta toma de decisiones.
- CHELA S.A. sumerge a los participantes en un sistema de producción/distribución, brinda una experiencia académica productiva y enriquecedora, que permite al participante analizar los problemas y sus causas con mayor nitidez, debido a que se trata de una réplica de una situación real.
- CHELA S.A. genera en el estudiante un enfoque sistémico, es decir brinda al estudiante la conceptualización teórica del pensamiento sistémico explorando sus diversas tendencias.
- CHELA S.A. plantea alternativas basadas en El Juego de la Cerveza que potencian significativamente el proceso de aprendizaje del pensamiento dinámico sistémico, expandiendo las posibilidades del juego como instrumento didáctico
- Establece un escenario de simulación del fenómeno descrito por Forrester, en el cual, se brinda la oportunidad de “pilotear” una organización a cualquier persona. Para esto, deberá tomar decisiones operativas y además, manejar las consecuencias, en gran medida sorprendentes, ocasionadas por decisiones del pasado.



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



- De acuerdo al análisis de resultados y costos se concluye que aún en la mejor corrida se obtienen (aunque en menor cantidad) casos de desabastecimiento al cliente, esto puede darse debido a varias razones; entre ellas una mala planificación de reabastecimiento por parte del minorista, fallas en la entrega de producto de parte del proveedor, etc. Esto se evidencia aún más en la peor corrida, la cual ocurre por lo general en la primera fase de la simulación, donde los participantes todavía se encuentran aprendiendo la dinámica de la simulación, reglas, no poseen información de demanda futura ni realizan intercambio de información con sus proveedores y clientes finales, se concentran solo en satisfacer sus clientes, inflando la demanda y aumentando la especulación y varianza de la misma.
- En caso de querer llevar a cabo un proceso de simulación del Caso CHELA S.A., se recomienda leer el documento GUÍA DEL INSTRUCTOR, para conocer los lineamientos para el moderador.
- Si se desea añadir a las simulaciones el enfoque de rentabilidad sobre la cadena, se recomienda añadir restricciones de liquidez, y flujos de caja o dinero para que se pueda dar un efecto más real y controlado. Si no se considera el flujo de caja se puede generar una cadena logística que aparentemente ha generado utilidades pero que no se encuentra financiada debido a que no ha ingresado liquidez a la misma porque el consumo externo no se ha dado.
- Si el instructor desea agregar mayor complejidad a la simulación Caso de estudio: CHELA S.A., puede añadir restricciones de capacidad de transporte, almacenamiento y de producción.
- Se recomienda al utilizar más de una cadena de suministro al mismo tiempo para la simulación, replicar la misma cadena logística, con el fin de poder realizar un análisis comparativo entre cadenas de los resultados obtenidos al final de la simulación.

### 4.2. Recomendaciones

Con el fin de lograr resultados positivos de la simulación, se recomienda:

- CHELA S.A. debe ser realizado siguiendo el concepto de una clase evaluativa para los participantes, de esta manera se genera compromiso por parte de todos los involucrados, logrando desarrollar una experiencia académica enriquecedora.
- Es necesario que el moderador/instructor, no de previo aviso a los participantes acerca de la cantidad de turnos que se van a desarrollar en cada ronda, con el fin de evitar estrategias preparadas por parte del estudiante, donde su objetivo será el de cerrar con el menor inventario posible en los últimos turnos.
- Que el moderador/instructor tenga sólidos conocimientos sobre el efecto látigo, y sistemas de distribución, con el fin de poder guiar a los participantes de manera satisfactoria a lo largo del proceso.

### 5. Referencias

- Chase Aquilano Jacobs, Administración De Producción Y Operaciones 8va Edición Mc Graw Hill
- Goldratt Eliyahu, La Meta, 1998.
- Zandin Kjell, Maynard Manual del Ingeniero Industrial Tomo II, Mc Graw Hill, 2005.
- <http://beergame.mit.edu/>
- <http://www.beergame.lim.ethz.ch/>
- <http://www.iberfora2000.org/beergame/>
- Jose Antonio Dominguez Machuca, Dirección de Operaciones, Mc Graw Hill.