

InCyTo: Herramienta para la enseñanza del inventario de ciclo en cursos de Gestión Logística

Carlos Alberto Castro Zuluaga, MSc en Ingeniería Industrial¹, Carolina Mendoza Vásquez, Estudiante de Ingeniería de Producción² y Laura Gallego Rocha, Estudiante de Ingeniería de Producción³

¹Universidad EAFIT, Colombia, ccastro@eafit.edu.co, ²Universidad EAFIT, cmendoz1@eafit.edu.co

³Universidad EAFIT, Colombia, lgalle13@eafit.edu.co

Resumen – Una de las áreas que requiere mayor atención al interior de una empresa, es la encargada de manejar y administrar los inventarios, ya que este es considerado un activo corriente que afectara positivamente o negativamente la competitividad de cualquier organización. Esta es entonces una de las razones por la que en los cursos de Gestión Logística la temática de gestión de inventarios es muy importante, ya que busca desarrollar en los estudiantes la capacidad de mejorar el proceso de toma de decisiones para definir la cantidad y la frecuencia de las ordenes de cada skus (stock keeping unit por sus siglas en inglés). Este artículo presenta InCyTo (Inventory Cycle Simulation Tool), una herramienta diseñada y desarrollada en Excel VBA® (Visual Basic for Applications), cuyo objetivo es el soportar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática de inventario de ciclo, en donde el estudiante podrá probar a partir de la experimentación como la cantidad y frecuencia de las ordenes afectan los costos y los niveles de servicio, así como lograr entender y poner en práctica los conceptos de la cantidad económica de pedido, todo mediante una enfoque de aprendizaje activo.

Palabras claves—Inventario de Ciclo, Cantidad Económica de Pedido, Gestión de Inventarios, Toma de decisiones.

Abstract – One of the areas that requires greater attention within a company, it is the one responsible for the management of inventories, which are considered as a current asset that will affect positively or negatively the competitiveness of any organization. This is one of the reasons why in the courses of Logistics Management the issue of inventory management is very important, since it seeks to develop in students the ability to improve the decision-making process to define the quantity and the frequency of the orders of every stock keeping unit (skus). This article presents InCyTo (Inventory Cycle Simulation Tool), a tool designed and developed in Excel VBA® (Visual Basic for Applications), whose objective is to support the teaching-learning process of the topic of cycle inventory where the student will be able to test from the experimentation how the quantity and frequency of the orders affect the costs and the service, levels as well as to be able to understand and put into practice the concepts of the economic order quantity of the order, all through an active learning approach.

Keywords—Cycle inventory, economic order quantity, inventory management, decision making.

I. INTRODUCCIÓN

El inventario de ciclo es aquel que se genera por ordenar o producir en batches o lotes en lugar de una unidad a la vez [1]. La cantidad de inventario a la mano en cualquier momento, resultado de ordenar en estos batches es llamado inventario de ciclo y su magnitud depende directamente de la cantidad que se ordene por vez y la frecuencia con que se coloquen estas órdenes. Este inventario afecta directamente el tiempo de flujo, el capital de trabajo requerido y la rotación, indicadores claves en la gestión de inventarios.

A nivel industrial, algunas razones por las cuales se reabastecen o fabrican productos por lotes son:

- Tomar ventajas de las economías de escala debido a altos costos de ordenar o de alistamiento (setup).
- Obtener descuentos en el precio de compra unitario o en el flete de transporte al solicitar mayores volúmenes.
- Unidades de empaques y/o lotes mínimos de compra o fabricación.
- Restricciones tecnológicas en el proceso de fabricación.

Por lo general en muchas compañías, las decisiones de reabastecimiento se toman de manera empírica, sin considerar los efectos que estas puedan tener en los costos y niveles de servicio de las mismas, lo cual afecta directamente su competitividad. Por una parte, ordenar lotes muy grandes requiere de mayores espacios para el almacenamiento, mayor manipulación, se aumentan la probabilidad de obsoletos y requieren mayores inversiones en capital de trabajo, lo cual directamente afecta los costos. Por otro lado, abastecer lotes muy pequeños hace que se aumenten los costos de ordenar y de transporte, se aumenta la probabilidad de agotados, lo cual afecta nuevamente los costos y los niveles de servicio[2].

En este artículo se muestra InCyTo (Inventory Cycle Tool), una herramienta desarrollada en Excel VBA® (Visual Basic for Applications) la cual es utilizada en diversos cursos de pregrado, posgrado y de educación continua, para que el estudiante aprenda, comprenda y aplique los conceptos que se abarcan en el inventario de ciclo, como son los costos involucrados, los niveles de servicio y tamaños de lote.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.309>
ISBN: 978-0-9993443-0-9
ISSN: 2414-6390

Igualmente, la herramienta puede utilizarse para explicar y entender de manera práctica aspectos relacionados con la sensibilidad del modelo *EOQ* (Economic Order Quantity por sus siglas en inglés) frente a los parámetros utilizados en su cálculo.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: la introducción es seguida de la sección II donde se hace una revisión de literatura sobre la enseñanza de gestión de inventarios. En la sección III se muestran las generalidades del inventario de ciclo, las cuales son fundamentales para la utilización de la herramienta. En la sección IV se hace una descripción general de la herramienta, así como el paso a paso para el uso de la misma. Finalmente, en la sección V se hace una sinopsis del trabajo realizado y se presenta el trabajo futuro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En muchas empresas se tienen que gestionar los inventarios de cientos e incluso miles de artículos individuales o skus (stock keeping units por sus siglas en inglés) y contestar para cada uno de ellos tres preguntas clave[3]:

- i. Con qué frecuencia se debe revisar el estado del inventario.
- ii. Cuándo se debe liberar una orden de compra o de producción
- iii. Qué cantidad o lote se debe pedir

En la actualidad en la mayoría de las empresas estas decisiones se toman de forma intuitiva y de forma empírica por personas con bajas cualificaciones en la gestión de inventarios, lo que ha afectado su competitividad ya sea por el aumento en los costos logísticos y/o por los bajos niveles de servicio.

Esta situación ha llevado a las empresas a prestar mayor atención al inventario, ya que se ha convertido en una de las principales palancas que soporta la estrategia competitiva de la cadena de suministro. Es por esta razón que es indispensable que la gestión de los inventarios en las empresas sea responsabilidad de profesionales capaces de tomar decisiones acertadas y administrar los inventarios de forma efectiva y eficiente. Para ello es necesario incluir en algunos programas de pregrado, posgrado y educación continua materias o módulos en los que los estudiantes puedan adquirir las competencias y habilidades necesarias para abordar con éxito los desafíos que enfrenta la industria en esta materia.

Existen varias propuestas metodológicas que se han desarrollado para la enseñanza de la gestión de inventarios. En [4] se propone la utilización de Edublogs, sitio web en el que los usuarios pueden construir y actualizar a través de la publicación de contenido multimedia, herramientas para la enseñanza en administración de inventarios en cursos de posgrado. Por su parte [5] presenta la utilización de hojas de

cálculo para la enseñanza del modelo (s,Q) con minimización de costos en un curso de administración de operaciones. Asimismo [6] propone la utilización de hojas de cálculo para la enseñanza del modelo (s,Q) en un curso de posgrado, usando como regla de decisión el porcentaje de la demanda satisfecho con el inventario. Por su parte [7] muestra un juego para la enseñanza de diversos tópicos involucrados en la gestión de cadena de suministro, incluido el inventarios, cuando existe una alta fluctuación en la demanda. Finalmente, [8] utiliza hojas de cálculo para mostrar los efectos de las variaciones entre los costos de ordenar y de mantener.

A nivel universitario se observa que cada vez más se desarrollan herramientas interactivas para la explicación de temas relacionados con la gestión de inventarios, tal como sucede en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), quienes son pioneros en el desarrollo de juegos para la explicación del funcionamiento de la cadena de abastecimiento, con el objetivo de que los estudiantes comprendan a través de este tipo de juegos, las consecuencias en tiempo y espacio que tienen las decisiones a largo plazo. Un ejemplo de este tipo de juego es el conocido juego de la cerveza desarrollado por John Sterman [9].

Otra universidad que ha apuntado a la enseñanza a través de herramientas interactivas es la Universidad de Harvard; a través de su portal Harvard Business Publishing [10], en donde encuentra material para abordar diferentes temas sobre la administración de operaciones. El objetivo de ellos es brindar a los docentes herramientas para que complementen sus clases con algún paquete sea de su interés. Por lo general este material y las herramientas tienen un costo, lo que en algunas oportunidades dificulta su constante utilización.

En particular la determinación de la cantidad a ordenar es por lo general una de las primeras temáticas que se abordan en los cursos de gestión logística, ya que su entendimiento, comprensión y aplicación permite obtener las bases para temas más complejos de la gestión de inventarios. Por esta razón nació la idea de crear una herramienta que pueda ser utilizada por los profesores y estudiantes como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la temática de inventario de ciclo, de manera que se logren tener los conocimientos adecuados para mejorar las competencias de los estudiantes en relación al proceso de toma de decisiones en este campo a nivel profesional.

A continuación, se hace una breve reseña de las generalidades más importantes para la gestión del inventario de ciclo, las cuales son fundamentales para la utilización de la herramienta desarrollada.

III. GENERALIDADES DE LA GESTIÓN DEL INVENTARIO DE CICLO

En relación con el inventario de ciclo, la principal decisión que debe enfrentar es la de pedir lotes pequeños más frecuentemente, lo que afecta los costos de ordenar y aumentan la probabilidad de agotados versus la de pedir menos veces lotes grandes que disminuyen la probabilidad de agotados pero que aumentan los costos de mantenimiento y se incrementa la posibilidad de generar obsoletos.

Por lo anterior, es necesario incluir en esta sección información que se encuentra en muchos textos y artículos que abarcan la temática de la gestión de inventarios, pero que son fundamentales para la utilización de la herramienta descrita este artículo, como son los principales costos involucrados en la gestión del inventario y los niveles de servicio.

Básicamente existen tres categorías de costos relevantes que afectan las decisiones sobre el inventario de ciclo: i) costos de ordenar, ii) costo de mantener y iii) costo de agotados, los cuales son definidos brevemente a continuación:

a) *Costo de ordenar (Order Cost).*

Estos son los costos en que se incurre cada vez que un pedido es ordenado. Es importante resaltar que el costo de ordenar (algunas veces llamado costo de alistamiento o setup) es fijo y no depende de la cantidad de unidades ordenadas.

b) *Costos de mantener (Holding Cost).*

Al tener artículos en inventario se incurren en varios costos, entre los que se incluye: el costo de oportunidad o del capital invertido, el costo de operación del almacén o centro de distribución, el costo de los seguros; impuestos, el costo de los obsoletos y el costo de los robos. Al dividir estos costos de forma anual entre el costo del inventario, se obtiene lo que se conoce como el cargo por mantener (*h*) el cual es expresado como un porcentaje anual.

Finalmente, el costo de mantener unitario se calcula como el costo unitario del producto (*C*) multiplicado por el cargo por mantener (*h*), el cual se expresa en \$/unidad-año

c) *Costo de los agotados (Shortage Cost).*

Es el costo en que se incurre por no tener producto para suplir un pedido u orden efectuada por el cliente. A nivel de empresa, este costo puede ser implícito o explícito, y puede ser un costo variable dependiendo del volumen agotado o fijo en caso que exista una penalidad independiente del volumen[1]. En la herramienta desarrollada propuesta en este artículo se utiliza la segunda alternativa como se explica en la sección IV.

En relación a los niveles de servicio, existen diferentes indicadores de gestión que se utilizan a nivel industrial para

medirlos[2], dentro de los cuales los más conocidos son los siguientes:

a) *Nivel de Servicio en el Ciclo (Cycle Service Level).*

En este indicador, el nivel de servicio depende de la cantidad de ciclos de abastecimiento que la demanda se logró satisfacer completamente. Esto quiere decir que existe una penalidad cada vez que la demanda no sea satisfecha, independiente de la cantidad desabastecida, esto es un indicador de 1 o 0 en cada ciclo de suministro.

b) *Tasa de Cumplimiento o de llenado (Fill Rate).*

En este indicador, el nivel de servicio es una relación de las unidades entregadas versus las demandas durante cada ciclo de suministro.

Aunque existen una gran cantidad de funciones objetivo que podrían ser utilizadas para tomar las decisiones en la cadena de suministro, como son la maximización de utilidades, maximización en la tasa de retorno del inventario o la minimización de los costos[3], es esta última la que principalmente se emplea cuando se aborda la temática del inventario de ciclo.

Los costos relevantes esperados cuando se ordena una cantidad *Q*, *CR(Q)* son:

$$CR(Q) = SD/Q + QhC/2 \quad (1)$$

Dónde:

- Q* es el tamaño de lote a pedir en unidades.
- D* es la demanda promedio en unidades/t.
- S* costo fijo incurrido por orden en \$/orden.
- h* es el cargo por mantener en % anual
- C* es el costo unitario en \$/unidad.

La primera parte de la expresión (1) es el costo de ordenar (*Co*) calculado para un periodo de tiempo *t*, mientras que la segunda expresión representa el costo de mantener (*Cc*), el cual se calcula multiplicando el inventario promedio *Q/2* por el costo de mantener una unidad durante un periodo de tiempo *t*. El costo de mantenimiento unitario (*H*) se puede entonces expresar como:

$$H = hC \quad (2)$$

La cantidad económica de pedido, comúnmente llamada *EOQ*, hace referencia al tamaño de lote óptimo que se debe ordenar para garantizar que los costos relevantes, que son los costos de ordenar y de mantener sean los más mínimos. Por lo tanto, la expresión (1) se minimiza si se ordena una cantidad:

$$EOQ = \sqrt{(2SD/hC)} \quad (3)$$

El modelo *EOQ* definido anteriormente supone que no hay agotados. Dada la robustez del modelo y los supuestos de estabilidad en la demanda, este supuesto puede mantenerse como verdadero cuando se ordena esta cantidad. Ahora, dado que la herramienta desarrollada pretende valorar diferentes escenarios posibles, se incluye un costo por desabastecimiento o por agotados. El costo esperado por agotados (C_s) para el caso de penalidad por ocasión de agotados se calcula como [1]:

$$C_s = \frac{D}{Q} p_u \geq (z) B \quad (4)$$

Dónde:

B es un costo fijo por cada ocasión que la demanda no sea satisfecha en el cada ciclo.

$p_u \geq (z)$ es la probabilidad de agotados en cada ciclo de suministro.

Finalmente, los costos totales (CT) esperados incluidos en la gestión del inventario de ciclo se pueden calcular como la suma de los costos de ordenar, mantener y agotados para cuando se ordena una cantidad Q , así:

$$CT(Q) = C_o + C_c + C_s$$

La finalidad de la herramienta desarrollada en que el estudiante logre validar los conceptos de costos y niveles de servicio en la que deben tomar decisiones de cuanto ordenar, inicialmente utilizando la intuición y posteriormente empleando los conceptos teóricos estudiados. En la siguiente

sección se muestra en detalle la herramienta desarrollada y las posibilidades de uso dentro y fuera del salón de clase, como elemento activo de aprendizaje.

IV. UNA VISIÓN GENERAL A INCYTO

Como se mencionó anteriormente, la idea con InCyTo es proporcionar a estudiantes y profesores una herramienta que le permitan mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje del inventario de ciclo, de manera que por una parte se logre utilizar el tiempo de clase de manera más efectiva y por otra, los estudiantes realmente puedan desarrollar sus habilidades para mejorar el proceso de toma de decisiones en un área que ha mostrado ser crucial para la competitividad de una empresa.

La herramienta fue desarrollada con fines educativos para la materia de logística industrial y cursos de extensión ofrecidos por el programa de Ingeniería de Producción de la Universidad Eafit en Medellín, Colombia. La idea es que los estudiantes se enfrenten a una situación real, en la cual deban tomar decisiones sobre el abastecimiento de un artículo en particular.

La herramienta se hizo en Visual Basic for Applications (VBA) de Microsoft Excel®, en idioma inglés, en la cual se debe tomar la decisión de la cantidad a abastecer por semana durante un periodo de quince (15) semanas para un ítem en particular, el cual tiene una demanda que se genera aleatoriamente con una distribución normal. La figura 1 muestra la pantalla inicial de InCyTo.

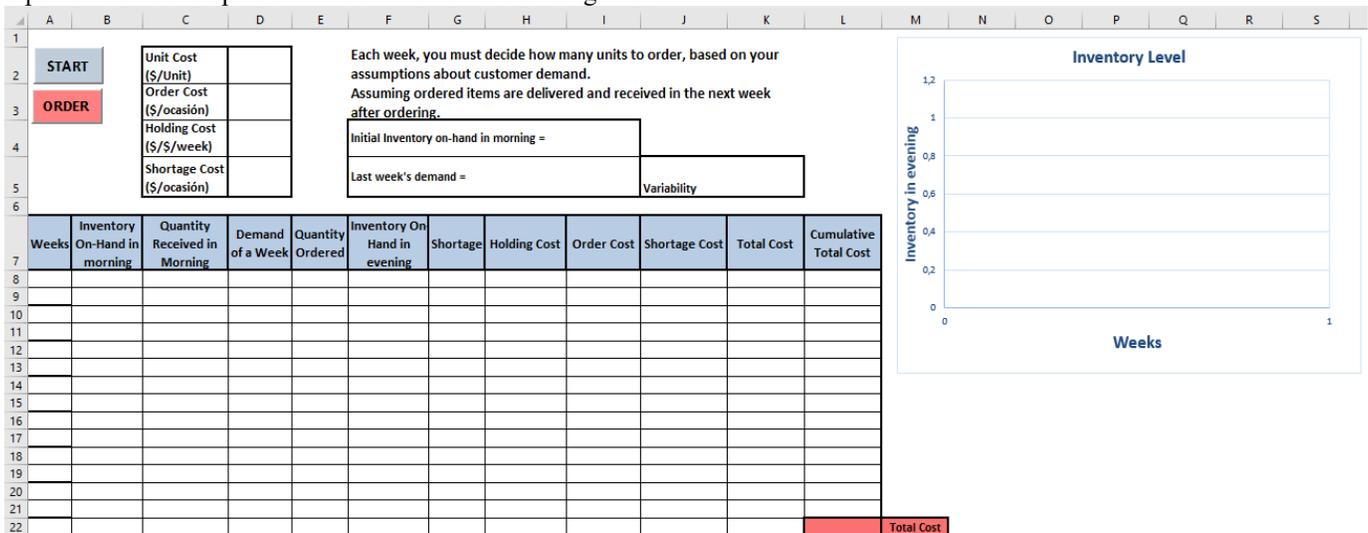


Figura 1. Pantalla Inicial InCyTo

A continuación, se muestra el paso a paso para la utilización de la herramienta.

A. INGRESO DE DATOS INICIALES

Lo ideal al utilizar la herramienta es contextualizar a estudiante a través de una situación empresarial, que le permita entender el problema y las decisiones que debe enfrentar, resaltando la importancia de los costos y los niveles de servicio, aunque es decisión netamente del instructor si lo utiliza bajo la modalidad de caso o de ejercicio. En ambos casos es necesario

que el estudiante especifique la siguiente información inicial (la cual debe ser suministrada por el instructor antes de dar comienzo a la simulación):

- *Inventory on hand in morning*: Es el inventario a la mano disponible en la mañana al inicio de la semana 1. Este inventario puede tomar la magnitud que se desee, incluso valores negativos, lo que representaría una demanda no satisfecha o stockout en la forma de venta perdida. Es importante entender que si el inventario es inferior a la demanda promedio de consumo semanal (información de entrada también solicitada) se generaran agotados debido a que por defecto se tiene un tiempo de suministro de una semana. Finalmente, todo agotado se considera una venta perdida y no se repone en el periodo siguiente.
- *Demand*: Es la demanda promedio semanal del ítem o sku en cuestión, la cual puede ser continua o discreta según sea el caso.
- *Variability*: Este dato es una información que se utiliza para definir la desviación de la demanda. Se debe ingresar en la forma del coeficiente de variación (*CV*) de los datos de la demanda, en donde este valor se calcula como $CV = D/\sigma$. Así por ejemplo si se ingresa un *CV* de 0,15, y la demanda promedio semanal es 200 unidades, se estaría definiendo una desviación estándar de 30 unidades. Este dato es entonces utilizado para generar de manera aleatoria la demanda que se presenta en cada una de las 15 semanas. Finalmente, definir un coeficiente de variación de 0, implicaría determinar que la demanda es conocida, supuesto que debe asumirse para la explicación y comprensión del modelo *EOQ* básico.

La figura 2 muestra el cuadro de dialogo que se despliega al hacer click en el botón STAR mostrado en la Figura 1, para ingresar la información inicial definida anteriormente. Una vez ingresada la información, se debe hacer click en el botón SUBMIT.

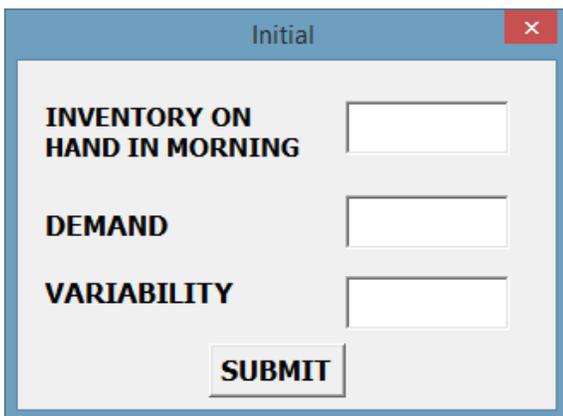


Figura. 2 Cuadro de dialogo ingreso de datos iniciales

Una vez cargada la información inicial al hacer click en el botón SUBMIT mostrado en la Figura 2, se despliega un segundo cuadro de dialogo para ingresar la información requerida para el cálculo de los diferentes costos definidos en la sección III, como son los costos unitarios del artículo (Unit Cost), el costo de emitir una orden o pedido (Order Cost), el cargo por mantenimiento (Holding Cost) y el costo o penalización por ocasión de agotados (Shortage Cost). Es importante señalar que el cargo por mantenimiento debe ingresarse como un porcentaje semanal y que la penalización por ocasión de agotado debe ser un valor fijo (por lo general debe ser un valor alto) que no dependerá de la cantidad de unidades agotadas. La Figura 3 muestra la pantalla de ingreso de los costos.

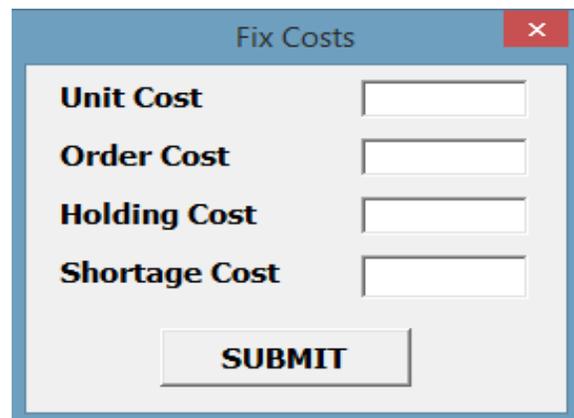


Figura 3. Pantalla de ingreso de los costos

Después de ser ingresados los datos de costos, estos se deben cargar mediante la utilización del botón SUBMIT, momento en el cual comienza la simulación. A continuación se explica la manera en que inicia y se ejecuta la simulación.

B. INICIO DE LA SIMULACION

La simulación inicia después de ingresar y cargar los datos iniciales y los costos, momento en el cual se genera una demanda en el periodo 1, como se muestra en la Figura 4.

Para la primer semana, la demanda generada se cubre con el inventario inicial que se encuentra disponible en la mañana de la primera semana (Columna Inventory on Hand in Morning), siempre y cuando el inventario disponible sea mayor a la demanda de ese periodo. En este caso se genera un costo de mantenimiento de inventario (Columna Holding Cost) que se calcula como la cantidad de unidades que quedan en inventario por el costo de mantenimiento unitario (*H*). Por otra parte, si la demanda supera el inventario inicial disponible, se tendrán una cantidad de unidades agotadas (Columna Shortage), en cuyo caso se generara una penalización única por el valor ingresado el costo por ocasión de agotados, que se visualiza en la Columna Shortage Cost, el cual será independiente de la cantidad de unidades que se hayan agotado.

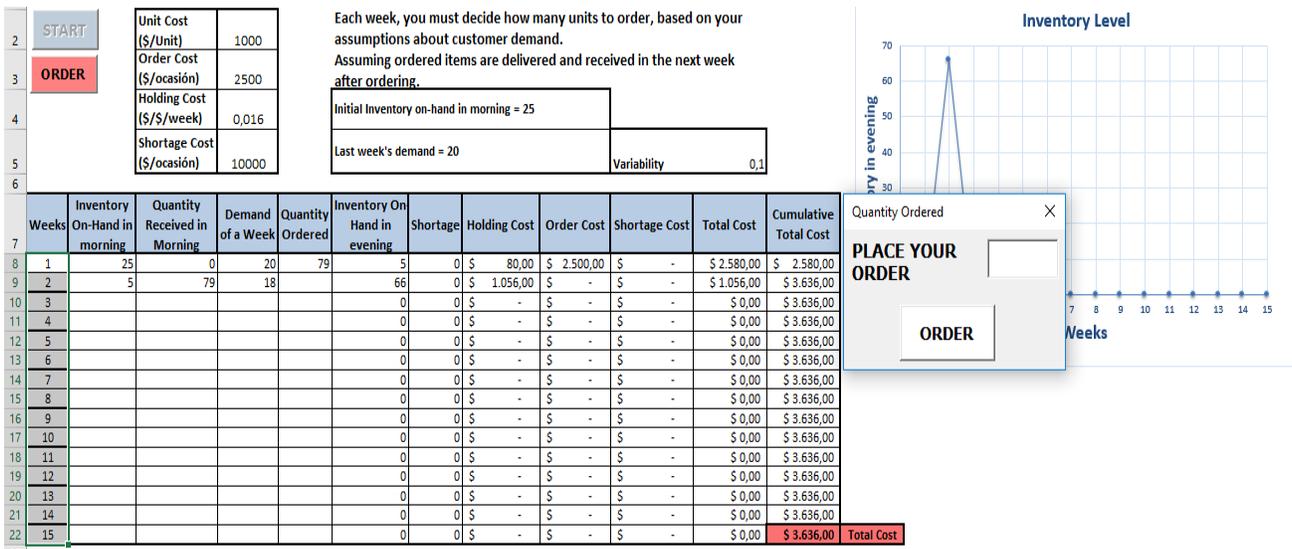


Figura 4. Inicio de la Simulación

Una vez se haya generado los resultados de la primera semana y con base en la información obtenida, cada estudiante debe tomar la decisión de realizar o no una orden por la cantidad que se considere conveniente, información que se debe digitar en cuadro que se muestra en la Figura 5. Dicho cuadro de dialogo aparecerá 15 veces, que son las semanas que abarca la simulación en la herramienta InCyTo.

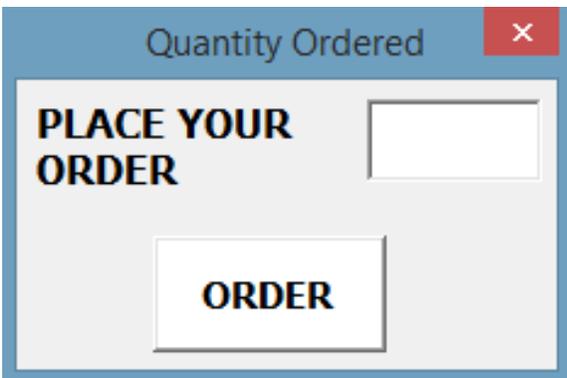


Figura 5. Ingreso de las cantidades a ordenar por semana

En el caso de no querer hacer una orden en un periodo determinado, se debe digitar cero (0) en todas aquellas semanas que no se quiere emitir una orden y dar click en el botón ORDER. El costo de ordenar (Columna Order Cost) se genera en aquellos periodos en los que se hace una orden, y este es independiente de la cantidad que fue ordenada.

Es importante recordar que el tiempo de suministro definido por defecto es de 1 semana. Es por esto que la cantidad ordenada en la semana 1 (Columna Quantity Ordered) será la

cantidad recibida (Quantity Received in Morning) en la semana 2 y así sucesivamente.

El costo total (Columna Total Cost) es el costo de ordenar, mantener y agotados que se tiene en cada periodo y el costo total acumulado (Columna Cumulative Total Cost) es el costo de periodo actual más el acumulado de los periodos anteriores. Estos costos al igual que el inventario al final de la semana (Columna Inventory On Hand in evening) se actualizan periodo a periodo cada vez que se ingrese una orden (cualquiera sea su valor). De esta manera, a medida que se avanzan las semanas se puede observar como es el comportamiento del inventario y de los costos, lo cual se visualiza a través de las 15 semanas de duración de la simulación. Esto se puede observar en las Figuras.6 y 7.



Figura 6 Gráfica de Comportamiento del Inventario

START
ORDER

Unit Cost (\$/Unit)	1000
Order Cost (\$/ocasión)	2500
Holding Cost (\$/\$/week)	0,016
Shortage Cost (\$/ocasión)	10000

Each week, you must decide how many units to order, based on your assumptions about customer demand.
Assuming ordered items are delivered and received in the next week after ordering.
Initial Inventory on-hand in morning = 25
Last week's demand = 20
Variability 0,1



Weeks	Inventory On-Hand in morning	Quantity Received in Morning	Demand of a Week	Quantity Ordered	Inventory On Hand in evening	Shortage	Holding Cost	Order Cost	Shortage Cost	Total Cost	Cumulative Total Cost
1	25	0	20	79	5	0	\$ 80,00	\$ 2,500,00	\$ -	\$ 2,580,00	\$ 2,580,00
2	5	79	20	0	64	0	\$ 1,024,00	\$ -	\$ -	\$ 1,024,00	\$ 3,604,00
3	64	0	18	0	46	0	\$ 736,00	\$ -	\$ -	\$ 736,00	\$ 4,340,00
4	46	0	20	0	26	0	\$ 416,00	\$ -	\$ -	\$ 416,00	\$ 4,756,00
5	26	0	19	79	7	0	\$ 112,00	\$ 2,500,00	\$ -	\$ 2,612,00	\$ 7,368,00
6	7	79	20	0	66	0	\$ 1,056,00	\$ -	\$ -	\$ 1,056,00	\$ 8,424,00
7	66	0	20	0	46	0	\$ 736,00	\$ -	\$ -	\$ 736,00	\$ 9,160,00
8	46	0	18	0	28	0	\$ 448,00	\$ -	\$ -	\$ 448,00	\$ 9,608,00
9	28	0	21	79	7	0	\$ 112,00	\$ 2,500,00	\$ -	\$ 2,612,00	\$ 12,220,00
10	7	79	18	0	68	0	\$ 1,088,00	\$ -	\$ -	\$ 1,088,00	\$ 13,308,00
11	68	0	21	0	47	0	\$ 752,00	\$ -	\$ -	\$ 752,00	\$ 14,060,00
12	47	0	20	0	27	0	\$ 432,00	\$ -	\$ -	\$ 432,00	\$ 14,492,00
13	27	0	19	79	8	0	\$ 128,00	\$ 2,500,00	\$ -	\$ 2,628,00	\$ 17,120,00
14	8	79	18	0	69	0	\$ 1,104,00	\$ -	\$ -	\$ 1,104,00	\$ 18,224,00
15	69	0	21	0	48	0	\$ 768,00	\$ -	\$ -	\$ 768,00	\$ 18,992,00
										\$ 18,992,00	Total Cost

Figura 7. Resultados Finales de una Simulación

C. ANALISIS DE RESULTADOS

Cada corrida de la simulación se extiende durante 15 semanas, la cual debe completarse para obtener la totalidad de la información que se muestra en la Figura 7. El objetivo es que el estudiante evalúe diferentes estrategias de abastecimiento de manera intuitiva y aplique técnicas de lotificación como el *EOQ*, de manera que logre confrontar la teoría (valores esperados) con la práctica (resultados reales) utilizando para ello algunas medidas de desempeño, haciendo énfasis en las mostradas en la sección III y los indicadores de gestión que se obtienen de cada simulación y que se especifican en la Tabla 1

Tabla 1. Indicadores de gestión

Indicador	Simulado
Inventario de Ciclo	Promedio Columna Inventory On Hand Evening
Numero de Ordenes	Contar. Si Columna Quantity Order, >0
Costo de Ordenar	Suma Columna Order Cost
Costo de Mantener	Suma Columna Holding Cost
Ocasión de Agotados	Contar. Si Columna Shortage, >0
Unidades Agotadas	Sumar Columna Shortage
Nivel de Servicio en el Ciclo	$1 - \frac{\text{Ocasión de Agotados}}{\text{Numero de Ordene}}$
Tasa de Cumplimiento	$1 - \frac{\text{Unidades Agotadas}}{\text{Suma Columna Demand of week}}$

La idea es finalmente que los estudiantes logren entender los principios fundamentales y los efectos que tiene el

inventario de ciclo sobre los costos y los niveles de servicio de manera que logren: i) entender los diferentes conceptos asociados a la gestión de inventarios ii) disminuir la brecha que existe entre teoría y práctica y iii) poder mejorar el proceso de toma de decisiones en lo referente a una situación administrativa típica de la industria como es la administración y la gestión de los inventarios

RESUMEN Y TRABAJO FUTURO

Dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje en cursos de gestión logística se analizan y estudian los factores que afectan el nivel de inventario de ciclo dentro de la cadena de suministro, porque es responsabilidad de los profesionales que llegan a estas áreas, mantener los niveles adecuados de inventario sin aumentar excesivamente los costos.

La necesidad de preparar profesionales adecuadamente capacitados en la gestión de inventarios, es una necesidad inminente, más cuando el inventario es actualmente considerado como un controlador que lograra apalancar o no la estrategia competitiva de la empresa.

En este trabajo se muestra InCyTo (Inventory Cycle Simulation Tool), herramienta desarrollada en Excel VBA® (Visual Basic for Applications), encaminada a apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje activo de los estudiantes tanto de pregrado, posgrado y educación continua en lo referente al inventario de ciclo, mediante la utilización de indicadores clave como son los costos asociados a la gestión de inventarios y los niveles de servicio de manera que se logren desarrollar y mejorar las competencias en relación a la toma de decisiones en este tema, buscando formar profesionales idóneos que logren mejorar a nivel profesional los indicadores de las empresas. Por lo tanto, InCyTo se convierte en una alternativa para estudiantes, profesores y profesionales para ser utilizada

en diferentes formas y contextos para temas relacionados con la gestión de inventarios y que podrá extenderse hacia temas más complejos.

En relación al trabajo futuro, se están desarrollando casos de estudio encaminados a contextualizar situaciones problemáticas relacionadas con el inventario de ciclo, las cuales puedan ser resueltas utilizando la herramienta propuesta. Adicionalmente, se está evaluando el efecto que tienen la herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje y validando las hipótesis que se han planteado en relación al aprendizaje activo y las aulas invertidas. Finalmente, se espera desarrollar herramientas que incluyan temáticas más complejas que aborden problemáticas relacionadas con los inventarios de seguridad y que incluyan múltiples artículos, haciendo que la experiencia sea mucho más real, de manera que se logre disminuir aún más la brecha existente entre los aspectos teóricos que se tocan en el aula de clase con la práctica

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad EAFIT por apoyo y soporte económico brindado para la realización de este artículo. También se agradece a todas aquellas personas que directa o indirectamente con sus comentarios y sugerencias ayudaron a mejorar sustancialmente la versión final de este manuscrito.

REFERENCIAS

- [1] E. Silver, D. F. Pyke, and R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, Third Edit. New York: Wiley, 1998.
- [2] S. Chopra and P. Meindl, *Administración de la cadena de suministro.* Estrategia, planeación y operación, Quinta Ed. México, 2013.
- [3] E. A. Silver, "Inventory Management : An Overview , Canadian Publications , Practical Application and Suggestions for Future Research," *INFOR Inf. Syst. Oper. Res.*, vol. 46, no. 1, pp. 15–28, 2008.
- [4] J. J. Garcia-Sabater, P. I. Vidal-Carreras, C. Santandreu, and R. Perello-Marin, "Practical experience in teaching inventory management with Edublogs," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 1, pp. 103–122, 2011.
- [5] B. R. Cobb, "Spreadsheet modeling of (Q, R) inventory policies," *Decis. Sci. J. Innov. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 175–184, 2013.
- [6] C. A. Castro Zuluaga, "Spreadsheets to teach the (RP , Q) model in an Inventory Management Course," *24th Annu. POM Conf.*, pp. 1–10, 2013.
- [7] U. Dhumal, P. Sundararaghavan, P. S. Nandkeolyar, "Coca Cola Game: An Innovative Approach to Teaching Inventory Management in a Supply Chain," *Decis. Sci. J. Innov. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 265–285, 2008.
- [8] J. K. Strakos, "Using Spreadsheet Modeling to Teach Exchange Curves (Optimal Policy Curves) in Inventory Management," *Decis. Sci. J. Innov. Educ.*, vol. 14, no. 1, pp. 51–66, 2016.
- [9] J. D. Sterman, "The beer distribution game," *Games Exerc. Oper. Manag.*, vol. 112, 1995.
- [10] Harvard Business School Publishing, "<https://cb.hbsp.harvard.edu/cbmp/pages/home>," 2016. .