

# **Propuesta de una Política de Gestión de Inventarios Multi-eslabón (s, Q) en Hospitales**

**Silebis Aguirre**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [aguirre@uac.edu.co](mailto:aguirre@uac.edu.co)

**Lindsay Figueroa**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [Lindsay.Figueroa@uac.edu.co](mailto:Lindsay.Figueroa@uac.edu.co)

**Daniel H. Romero**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [daniel.romero37@uac.edu.co](mailto:daniel.romero37@uac.edu.co)

**Weimar A. Ardila**

Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [weimar.ardila@uac.edu.co](mailto:weimar.ardila@uac.edu.co)

**Daniela C. Landinez**

FCIMEC, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [investigacion@fcimec.org.co](mailto:investigacion@fcimec.org.co)

## **ABSTRACT**

This paper discussed the strategy implemented to solve the inventory control problem in a hospital in the city of Barranquilla, Colombia. This strategy is based on the evaluation of the performance of a Multi-echelon Inventory Policy (s, Q) versus traditional mechanisms. For that reason, the referred methodology consists on the selection of a pilot product, the analysis of its demand behavior and the formulation of inventory policies considering two scenarios, one cooperative and other uncooperative.

**Keywords:** Inventory Management, Inventory Classification, Forecasting, Multi-echelon Inventory Policies.

## **RESUMEN**

El presente documento expone la estrategia implementada para dar solución a la problemática de control de inventarios de un hospital de la ciudad de Barraquilla, Colombia. Esta estrategia esta basada en la evaluación del rendimiento de una Política de Inventario Multi-eslabón (s,Q), frente a mecanismos tradiciones de gestión de inventarios, y para ello se propone una metodología que consta de la selección de un producto piloto, el analisis del comportamiento de su demanda y la formulación de Políticas de inventario considerando dos escenarios, uno cooperativo y otro no cooperativo.

**Palabras claves:** Gestión de Inventarios, Clasificación de Inventarios, Pronósticos de la Demanda, Políticas de Inventarios Multi-eslabón.

## **1. INTRODUCCIÓN**

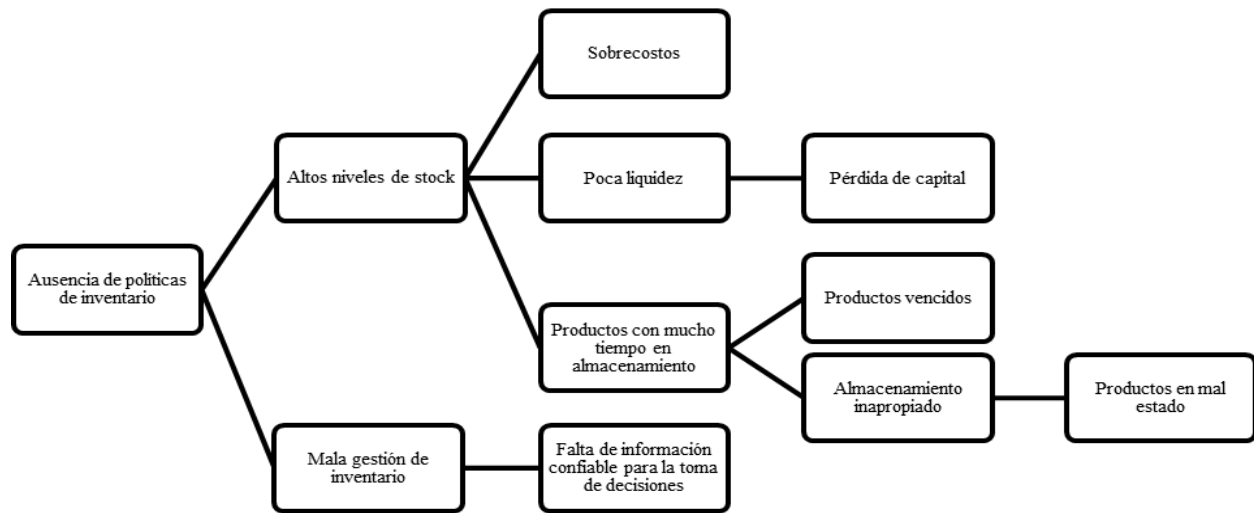
La gestión de inventarios es una labor crítica en toda organización, una mala planificación puede generar pérdidas económicas para la empresa. Por esta razón Clark y Scarf (1960) afirman que existe una cantidad considerable de papers enfocados a determinar las políticas para el problema de inventarios. Laniado y Cardona (2009) definen el problema de inventario como aquel que se presenta cuando es necesario guardar bienes físicos o mercancías con el propósito de satisfacer una demanda sobre un horizonte de tiempo determinado. Es necesario lidiar con el hecho de que al departamento de producción le conviene tener a su disposición todo el material necesario y por su parte, el departamento de tesorería en su objetivo de lograr mayores ganancias, desea que se mantengan niveles mínimos para favorecer la liquidez de la empresa, teniendo en cuenta que si se manejan niveles de inventario muy altos se podrían generar sobrecostos para la empresa y, en el caso contrario, manejar bajos niveles se traduce al incumplimiento de la demanda del cliente, donde entran a jugar los costos por faltantes, la insatisfacción y fidelidad del cliente, entre otros aspectos. Hoy en día, las cadenas de suministro de las grandes corporaciones poseen varios almacenes distribuidos a lo largo de extensos territorios. Esto con la finalidad de acercarse más a los clientes finales y brindarles un excelente servicio. Para lograrlo, es importante que cada almacén tenga los ítems disponibles en todo momento (Scheone, 2007). En situaciones como esta, en las que el inventario se encuentra repartido en distintas locaciones, la gestión de inventarios se hace un poco más compleja.

El presente estudio, se basa en la solución de un problema de inventario que se presentó la Farmacia perteneciente a una Clínica en la ciudad de Barranquilla (Colombia). Para ello se hará un análisis del problema identificado, se revisarán algunos estudios realizados en esta área, se explicará y desarrollará la metodología utilizada para la obtención de la solución propuesta y se discutirán resultados, conclusiones e investigaciones futuras.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Clínica bajo estudio, trabaja con tres (3) proveedores, quienes suministran todos los productos requeridos. De manera mensual, se pasaba una requisición con todos los ítems que iban a necesitarse pero por problemas internos, sólo se adquirían los más urgentes o aquellos que tenían menos cantidad en existencias. Cuando surgía necesidad de algún producto, los auxiliares de bodega, escribían en una pizarra su nombre para que luego la persona encargada tomara nota de ellos y suministrara esta información al departamento de compras. Como no se hacían los pedidos completos, diariamente se emitían órdenes de compra y con esa misma frecuencia recibían pedidos. Este hecho generaba cierto desorden en la administración de inventarios y por esa misma razón, se presentaba comúnmente un exceso de inventario en la bodega de la Farmacia.

Todos estos inconvenientes se daban como consecuencia de un problema principal: la ausencia de políticas para la gestión de inventarios. Este tipo de problema merece especial atención, aún más en el sector farmacéutico donde muchos productos necesitan condiciones especiales de almacenamiento para conservarlos en buen estado y sobre todo, porque el suministro de un medicamento vencido o dañado pone en riesgo la salud y la vida de los pacientes de la Clínica o de todos aquellos que los consuman, siendo estas repercusiones aún más severas que cualquier pérdida económica que la incorrecta gestión de stocks pueda representar para la Clínica.



**Figura 1 Representación Gráfica del Problema**

Basados en la revisión de antecedentes y casos similares, y debido a lo sensible que puede ser la gestión de los inventarios para este tipo de organizaciones, el desarrollo de este proyecto pretendió evaluar la viabilidad de la futura implementación de una política de inventarios Multi-eslabón (s,Q), capaz de trabajar de manera coordinada con los proveedores, buscando una mejor respuesta frente a las fluctuaciones naturales del entorno. Para lo que se necesitó en una primera instancia, de la Clasificación ABC de los inventarios mantenidos por la Clínica, con el fin de seleccionar un ítem piloto que representa un elemento crítico para esta organización. Luego, mediante el análisis del comportamiento datos históricos de la demanda del producto piloto, se buscó determinar el mejor método para el pronóstico de dicha demanda. Por último se formularon dos Políticas, teniendo en cuenta dos escenarios, un tradicional y otro Multi-eslabón, con el fin evaluar el desempeño de ambos esquemas, y proponer un sistema de control de inventarios adecuado.

### 3. ESTADO DEL ARTE

Las fluctuaciones en el comportamiento de la demanda y la variabilidad en los tiempos de reaprovisionamiento, son las principales razones para el mantenimiento de los inventarios en cualquier organización, creando la necesidad de diseñar e implementar sistemas para la gestión óptima de inventarios.

De acuerdo con Vidal (2005), la eficacia de estos sistemas depende de factores como la medición adecuada de los tiempos de reabastecimiento, el diseño de indicadores de eficiencia globales capaces de considerar todas las variables implícitas para el control de inventarios, y en especial de la implementación de métodos de pronóstico de demanda, que permitan una estimación precisa de la tendencia y variabilidad de la demanda de cada uno de los productos que se mantengan en inventario, y minimizando el error propio en la naturaleza de estos métodos, al tener en cuenta datos realistas sobre la demanda, la exclusión de datos atípicos y la selección adecuada del período base para el cálculo de pronósticos.

Mientras, Song y Zepkip (1993) proponen un enfoque markoviano para la modelación y desarrollo de estos sistemas de control de inventario, debido a la inhabilidad de que tienen los modelos tradicionales de entender a la

demanda y su comportamiento fluctuante como resultado de la interacción de diferentes variables socio-económicas, y su inminente variación en el tiempo. Partiendo de este mismo enfoque en el trabajo realizado por Sethi y Cheng (1997) se plantean modelos control basados en la política de revisión continua (s, S), que consideran demandas estocásticas dependientes a una cadena de Markov de estado finito, y permiten garantizar un funcionamiento óptimo de esta política. Poco después, Chen et al (1999) se fundamenta en problema de control de inventarios expuesto por Sethi y Cheng (1997) para la formulación de políticas de inventario multi-eslabón bajo el mismo enfoque markoviano.

Frente a la problemática de los inventarios, Ballou, R (2004) manifiesta que el manejo de la cadena de suministros ha animado a los gerentes a pensar en incluir cada vez más partes del canal de suministros en sus procesos de planeación, por esta razón, los inventarios que se extienden en más de un nivel (o eslabón) del canal llegan a ser el foco principal. Pues más que planear inventarios en cada ubicación por separado, planear sus niveles en conjunto puede llevar a cantidades de inventario más bajas. Pero esta gestión de inventarios en múltiples instalaciones dentro de una cadena suministros, es quizás uno de los temas más complejos a tratar en la Logística.

Muchos autores han afirmado que la determinación de políticas óptimas de este tipo de sistemas es muy compleja o incluso imposible. Esto se debe a que una decisión de inventarios en un lugar de la cadena está relacionada con el inventario existente en toda la red. Estas decisiones, por lo tanto, dependen del grado de centralización de la cadena. Muchas veces lo que se hace entonces es utilizar sistemas de control simples, tratando de coordinar las decisiones particulares entre los diversos lugares de la cadena. Pero realizar una gestión eficaz de inventarios se vuelve prácticamente imposible, si en cada nodo que compone una cadena de suministro no existe una conciencia de sistema. Por esta razón diversos investigadores se han encargado de desarrollo de modelos que busquen la optimización de los niveles de stock de toda la cadena suministro.

Es así como se pueden encontrar casos como el de los autores como Clark y Scarf (1986) que pudieron establecer políticas subóptimas de inventario como solución al problema de los sistemas de inventario multi-eslabón e introducir el concepto de inventario en el eslabón (echelon stock), el cual se define como “el número de unidades que están dentro del sistema, o que han pasado a través del eslabón, pero que han sido comprometidas a un cliente externo”. Bajo esta premisa, y un esquema de gestión global de las existencias de producto en la cadena de suministro, se riga la dinámica del funcionamiento de una política de inventario multi-eslabón.

Por otro lado, Cachon y Fisher (2000) realizaron un estudio del valor de la información compartida y, por medio de la simulación lograron establecer un límite inferior de todas las políticas posibles. Mitra y Chatterjee (2004) examinaron el efecto de usar información de la demanda en sistemas de inventario multi-eslabón. Chen y Lee (2004) investigan la optimización simultánea de múltiples objetivos y el problema de la incertidumbre en los precios de una red de la cadena de suministro típica con incertidumbre en la demanda del mercado. Un año más tarde, Köchel y Nieländer (2005) describen cómo utilizar un enfoque de simulación basado en la optimización para resolver problemas de control muy complejos; este enfoque se aplicó a sistemas de inventario de varios eslabones que difieren de los investigados habitualmente en cuanto a presupuestos muy generales con respecto a la estructura de los sistemas, los procesos de demanda y las funciones de costo y ganancia. En el año 2010, You y Grossmann presentaron un modelo MIMLP que determina la estructura óptima de la red, el transporte y los niveles de inventario de una cadena de suministro multi-eslabón, con la presencia de incertidumbre en la demanda de los clientes; modelando un sistema de inventario estocástico.

#### **4. METODOLOGÍA**

Como se menciona con anterioridad, el principal objetivo de este proyecto fue lograr evaluar la viabilidad de una futura implementación de una política de inventarios multi-eslabón. Por tal motivo, se formuló la siguiente metodología de investigación:

#### 4.1. CLASIFICACIÓN ABC DEL INVENTARIO.

Con la aplicación de esta herramienta se pretendía identificar aquellos ítems que necesitan ser controlados de manera mucho más estricta por la Clínica, debido a los costos que implica su mantenimiento y consecución, así como también la frecuencia con la que rotan.

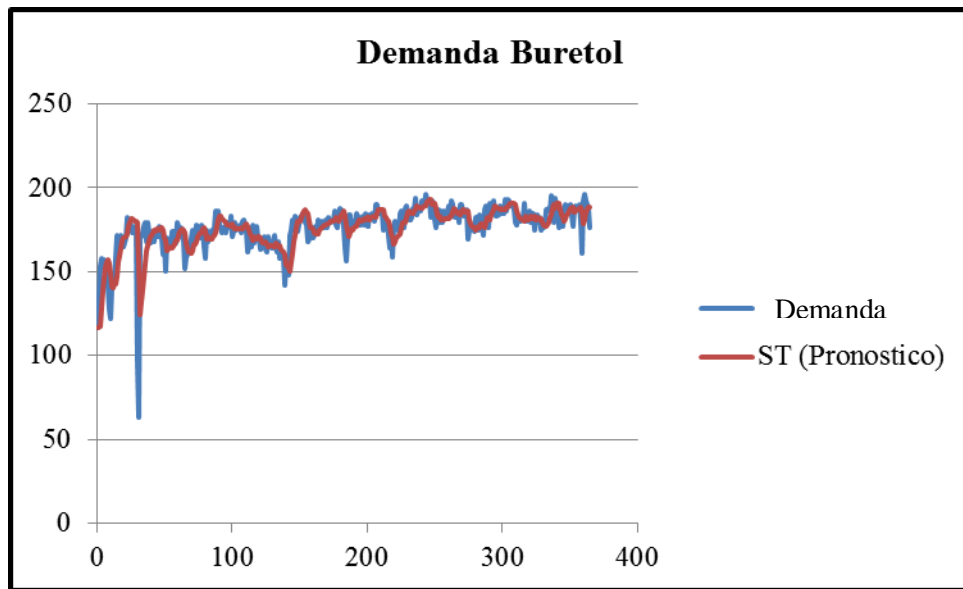
**Tabla 1 Clasificación de Inventarios**

|          | <b>CODIGO</b> | <b>PRODUCTO</b>                                  | <b>UNDIDADES</b> | <b>COSTO</b> | <b>UND X COST</b> |
|----------|---------------|--|------------------|--------------|-------------------|
| <b>1</b> | DM0114        | Buretrol   | 10212            | \$ 1.716     | \$ 17.523.792     |
| <b>2</b> | M0106         | Enoxaparina sódica 40mg sol iny (clexane) sanofi | 223              | \$ 10.340    | \$ 2.305.856      |
| <b>3</b> | DM0868        | Catéter epicutaneo cava n°28 neonato             | 8                | \$ 268.000   | \$ 2.144.000      |
| <b>4</b> | M0198         | Meropenem polvo iny 500mg (sumimed)              | 74               | \$ 20.290    | \$ 1.501.424      |
| <b>5</b> | M0314         | Trimetoprim+sulfametoxazol 80+400mg/5ml (ryan)   | 93               | \$ 16.000    | \$ 1.488.000      |

La **Tabla 1** muestra los ítems en inventarios, priorizados en terminos de costos y unidades promedios almacenadas durante el año. Para el análisis que pretendía realizar este proyecto, se escogió el Buretrol, al ser elemento bastante crítico para la Clínica.

#### 4.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA.

Una vez identificados aquellos ítems críticos para una adecuada gestión de los inventarios de la Clínica, se procedió a realizar un análisis de los datos históricos sobre la demanda de cada uno estos productos. Esto con el fin de determinar el método pronóstico más apropiado para el caso seleccionado, y poder estimar el comportamiento a futuro de la demanda.



**Figura 2 Demanda Buterol**

En la **Figura 2** se puede observar el comportamiento de la demanda del Buterol durante el 2012, además es posible analizar la calidad del método de pronóstico escogido. En este caso, se logra contemplar una tendencia creciente en la demanda durante este período de tiempo, dejando a la Suavización Exponencial Doble como una buena candidata para la estimación de los pronósticos.

#### 4.3 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO.

Mediante este análisis, se buscaba hacer una evaluación del rendimiento y beneficios generados tras la implementación de Política de Inventario Multi-eslabón, a través de la comparación con este tipo de sistema de control con un esquema de gestión inventarios tradicional.

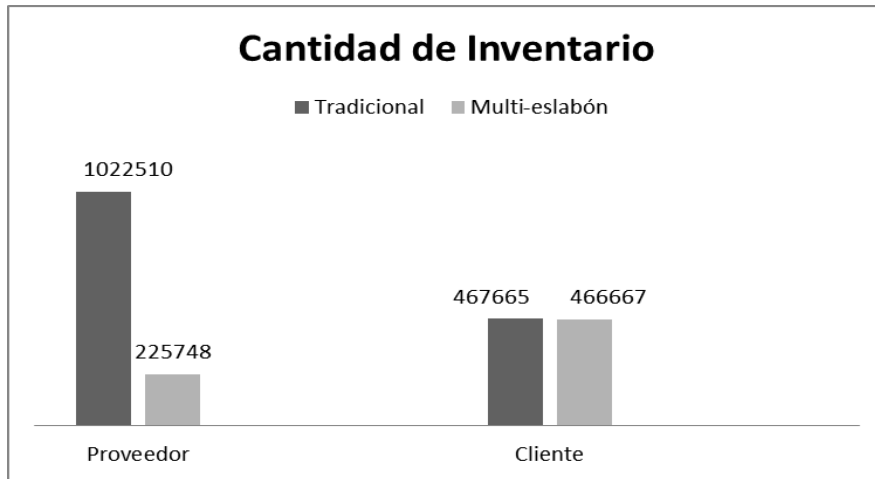
**Tabla 2 Políticas de Inventario**

|                      |                  | <b>Pedido (Q)</b> | <b>Punto de Reorden (S)</b> |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Tradicional</b>   | <b>Proveedor</b> | 2170 unds         | 752 unds                    |
|                      | <b>Farmacia</b>  | 2170 unds         | 1754 unds                   |
| <b>Multi-eslabón</b> | <b>Proveedor</b> | 2801 unds         | 752 unds                    |
|                      | <b>Farmacia</b>  | 2801 unds         | 1112 unds                   |

En la **Tabla 2**, se puede observar las Políticas de Inventario formuladas considerando dos escenarios. El primero ellos, hace referencia a un esquema tradicional de manejo y control de los inventarios, en donde el tamaño de pedido fue estimado a partir del conocido planeamiento del EOQ (Economic Order Quantity), mientras que el punto reorden fue calculado teniendo en cuenta elementos como la Demanda promedio del item seleccionado, el tiempo de abastecimiento y la desviación estandar de los errores del pronóstico de la demanda. Por otro lado, la

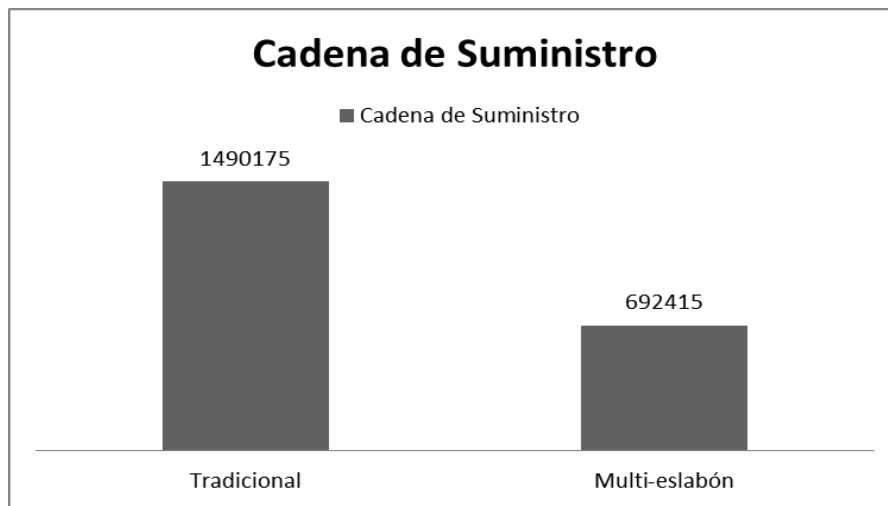
formulación de las Políticas de Inventario Multi-eslabón, fue realizada a partir de la metodología propuesta por Silver (1998). Cabe destacar que ambas Políticas fueron estimadas considerando un nivel de servicio del 95%.

Una vez simulado el desempeño de ambas Políticas, se logró evidenciar que el esquema cooperativo Multi-eslabón ofrece un mejor rendimiento frente a los mecanismos de control tradicionales, al ser notable una reducción de aproximadamente el 80% de las cantidades de Buterol mantenidas en el almacén del proveedor de la Clínica.



**Figura 3 Comparación de los Niveles de Inventario**

Dicha reducción, también tiene una enorme influencia en la cantidad de inventario de todo el sistema considerado.



**Figura 4 Niveles de Inventario Globales**

Cabe destacar que menores niveles de inventario a mantener, implica que los costos relacionados con el reabastecimiento y mantenimiento tendrán una reducción. En la **Tabla 3** se hace una exposición de los costos totales relevantes estimados para ambos escenarios.

**Tabla 3 Costo Total Relevante**

|                      | <i>Proveedor</i> | <i>Minorista</i> | <i>TRC</i>   |
|----------------------|------------------|------------------|--------------|
| <i>Multi-eslabón</i> | \$ 599.002       | \$ 422.508       | \$ 1.021.510 |
| <i>Tradicional</i>   | \$ 672.695       | \$ 793.950       | \$ 1.466.644 |

Los distintos datos obtenidos a partir del rendimiento de las políticas implementadas en ambos escenarios, permiten concluir que un sistema de control de inventario multi-eslabón ofrece una innegable minimización de los costos asociados en la gestión de inventarios, gracias su percepción global de las existencias de producto en la cadena, que también les permite garantizar niveles elevados de servicio.

## 5. CONCLUSIÓN

A grandes rasgos, gracias a la metodología propuesta y los resultados obtenidos, es posible concluir que las principales ventajas de la implementación de las políticas de inventario multi-eslabón, son:

- **Reducción en los niveles de inventario.** La cantidad de producto en el almacén del proveedor disminuye notoriamente frente a las manejadas bajo mecanismo tradicionales de control, esto también permite, una reducción de las existencias en el sistema global.
- **Reducción en los costos asociados al inventario.** Menor inventario a manejar, se traduce en la disminución de los costos incurridos destinados a este tipo de gestión, garantizando la viabilidad económica de la implementación del VMI para el proveedor.
- **Altos Niveles de Servicio.** La calidad del servicio prestado es un factor crítico para la competitividad de las empresas implicadas en este tipo de prácticas, la integración VMI y muti-eslabón permite la reducción de costos, sin arriesgar niveles de altos servicio, asegurando la confiabilidad del sistema global.

## 6. REFERENCIAS

- Arango, M., Adarme, W., And Contreras, P., (2010). Vendor Managed Inventory In Micro, Small And Medium Enterprises – Plantain Agricultural Chain. Revista De La Facultad De Ingeniería De La Universidad De Antioquia.
- Arango, M., Zapata, J., And Adarme, J. (2011). Aplicación Del Modelo De Inventario Manejado Por El Vendedor En Una Empresa Del Sector Alimentario Colombiano. Revista Eia, 21-32.
- Borade, A., And Bansod S., (2009). Vnedor Managed Inventory In A Two Level Supply Chain: A Case Study Of Small Indian Enterprise. International Journal Of Management Science And Engineering Management. Vol. 4, No.4.
- Cachon, Gerard And Netessine, Sergei. Game Theory In Supply Chain Analysis, University Of Pennsylvania, Ch2, 46p.



- Ellegaard, C., And Freytag, P., (2010). The Effects Of Unsuccessful Vmi On Customer Attractiveness.
- Hayes, Robert. Cooperative Games Theoretic Models For Decision-Making In Contexts Of Library Cooperation, Library Trend; Winter 2003; 51,3; Proquest.
- Holmstrom, J., (1998). Implementing Vendor-Managed Inventory The Efficient Way: A Case Study Of Partnership In The Supply Chain. Production And Inventory Management Journal.
- Zheng, S., (2007). Simulation Based Meta-Optimization In Vendor Managed Inventory Systems.
- Chen, F., & Song, J.-S. (1999). Optimal Policies For Multi-Echelon Inventory Problemas With Markov-Modulated Demand.
- Sethi, S., & Cheng, F. (1997). Optimality Of (S, S) Policies In Inventory Models With Markovian Demand. Operations Research.
- Song, J.-S., & Zipkin, P. (1993). Inventory Control In A Fluctuating Demand Environment. Operations Research.
- Vidal, C. J. (2005). Fundamentos De Gestión De Inventarios. Cali: Universidad Del Valle.
- Ballou, R. (2004). Logística. Administración De La Cadena De Suministro. Pearson.
- Clark, A., And Scarf, H., (1960). Optimal Policies For A Multi-Echelon Inventory Problem. Management Science, Vol. 6, No. 4.
- Cachon, G., And Fisher, M., (2000). Supply Chain Inventory Management And The Value Of Shared Information.
- Mitra, S. And A. K. Chatterjee (2004). 'Leveraging Information In Multi-Echelon Inventory Systems' European Journal Of Operational Research. Vol. 152 Pp 263-280.
- Chen, C., And Lee, W., (2004). Multi-Objective Optimization Of Multi-Echelon Supply Chain Networks With Uncertain Product Demands And Prices.
- Köchel P., And Nieländer U., (2005). Simulation-Based Optimization Of Multi-Echelon Inventory Systems.
- You, F., And Grossmann E., (2010). Integrated Multi-Echelon Supply Chain Design With Inventories Under Uncertainty: Minlp Models, Computational Strategies. Silver, Edward A., David F. Pyke And Rein Peterson. Inventory Management And Production, Planning And Scheduling, 3ª Edición, John Wiley & Sons, New

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*