

INVENTARIOS COLABORATIVOS EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS

COLLABORATIVE INVENTORY IN SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION

MARTIN DARIO ARANGO-SERNA

Doctor en Ingeniería Industrial, Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. mdarango@unal.edu.co

WILSON ADARME-JAIMES

Doctor en Ingeniería, profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. wadarme@unal.edu.co

JULIAN ANDRES ZAPATA-CORTES

Estudiante de Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Docente tiempo completo ESUMER. jzapata@esumer.edu.co

Recibido para revisar Abril 1 de 2013, aceptado Agosto 29 de 2013, versión final Agosto 30 de 2013

RESUMEN: La colaboración entre las partes de la cadena de suministro es una de las áreas de estudio más prometedoras, tanto para el entorno académico como para el empresarial, impulsada por los beneficios que las empresas y las cadenas de suministro pueden obtener a partir de esta. Este artículo presenta una revisión de la colaboración en el manejo de inventarios, la cual es una de las estrategias más importantes para intentar reducir costos, mejorar el nivel de servicio y satisfacer a los clientes. El artículo realiza una revisión de los modelos de inventario colaborativos encontrados en la literatura científica, analiza los obstáculos más frecuentes para su aplicación y propone algunas alternativas para eliminar dichos obstáculos.

PALABRAS CLAVE: Colaboración, Inventario colaborativo, Cadena de suministros, modelos colaborativos, Servicio al cliente.

ABSTRACT: Collaboration between supply-chain's partners is one of the most promising areas of study for both the academic and practitioners, since there are several benefits that can be achieved by companies and supply chains. This article presents an overview of collaborative inventory management, which is one of the most important strategies that seek to reduce costs and improve service level in order to satisfy customers. The article reviews the collaborative inventory models found in the scientific literature, discusses the most common barriers to its implementation and proposes some alternatives to remove these obstacles.

KEYWORDS: Collaboration, Collaborative inventory, Supply chain, Collaborative models, Customer service

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los inventarios es una de las áreas de la logística y la cadena de suministro (CS) más estudiadas por la administración de operaciones [1], ya que tiene un alto impacto en los costos operacionales de las empresas y es una de las medidas más importantes para evaluar la efectividad de las cadenas de suministros [2].

El entorno competitivo actual, el rápido cambio tecnológico, los cortos tiempos de ciclo de los productos, la necesidad por eliminar los desperdicios, las nuevas e impredecibles oportunidades de negocio, el interés por la sostenibilidad ambiental, entre otros [3] ha generado que las empresas se preocupen por encontrar medios para sobresalir con respecto a sus competidores. Se hace indispensable que las compañías presten interés

en la administración de los inventarios, de manera que permitan reducir los costos operacionales y aumentar la rentabilidad de las empresas, velando por la satisfacción de los clientes, ofrecimiento de mejores niveles de servicio y respondiendo a los requerimientos de posventa.

Desde el año 1990 se ha observado la consolidación de múltiples estrategias y modelos que buscan el mejoramiento de los sistemas de administración de inventario, como lo evidencia estudios sobre el inventario gestionado por el vendedor (VMI) y la respuesta eficiente al cliente (ECR) [3, 4].

La colaboración pretende encontrar una relación de “gana-gana” entre las partes [5]. Según Naesens, Gelders y Pintelon [5] la colaboración significa que

dos o mas compañías independientes trabajen de manera conjunta para planificar y ejecutar operaciones de la cadena de suministro, con lo cual se obtenga un éxito mayor que el producido por la suma del trabajo individual.

La administración de inventarios colaborativos es una de las áreas de mayor interés tanto para académicos como para empresarios, debido al efecto positivo que puede producirse en la reducción de costos y mejora del nivel de servicio en las cadenas de suministro (CS), tanto para proveedores como para los compradores [6]. Este artículo realiza una revisión sobre el manejo de inventarios colaborativos, resaltando los modelos y beneficios encontrados en la literatura científica al respecto.

2. COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS

De acuerdo con Holweg, Disney, Holmström y Smaros [7] la colaboración en la cadena de suministro (CS) ha sido estudiada por académicos y empresarios en los enfoques de Inventario Manejado por el Vendedor (VMI), Planeación, Pronósticos y Reabastecimiento Colaborativo (CPRF) y Reabastecimiento Continuo (CR).

Derroiche, Neubert y Bouras [4] establecen que la colaboración en la CS se ha evidenciado en múltiples conceptos, tales como la Respuesta Rápida (QR), Respuesta eficiente al Cliente (ECR), Política de Reabastecimiento Continuo (CPR), Inventario Manejado por el Vendedor (VMI), Planeación, Pronósticos y Reabastecimiento Colaborativo (CPRF), Respuesta sincronizada al Cliente (SCR), Reabastecimiento Rápido (RR) y Administración del Inventario Centralizado.

Simatupang y Sridharan [8] definen la Colaboración en la CS como el trabajo conjunto de dos o más empresas, para crear ventaja competitiva y altas ganancias que no pueden lograrse si actúan independientemente. Derroiche et al., [4] definen la colaboración en la CS como la cooperación cercana entre compañías autónomas, comprometidas con unir esfuerzos para efectivamente cumplir con las necesidades de los clientes finales al menor costo. Zhang, Liu y Li [9] definen la colaboración en la CS como la

coordinación y los esfuerzos mutuos de cada agente en la cadena de suministros, con el objetivo de mejorar la competitividad global de las partes. Chan y Prakash [10], a partir de múltiples conceptos [11-15], definen la colaboración en la CS, como el proceso de asociación a largo plazo en donde las partes trabajan juntas para alcanzar ventajas mutuas, que son mayores que aquellas obtenidas individualmente por cada una de ellas.

La colaboración involucra la relación inter-empresarial, donde las partes trabajan más cerca y acuerdan compartir información, recursos, recompensas, riesgos y responsabilidades, así como realizar procesos de planificación, tomar decisiones y resolución de problemas de manera conjunta [10, 14 - 20].

Barrat [21] y Naesens et al., [5] establecen que la colaboración en la CS puede clasificarse como colaboración vertical y colaboración horizontal. La primera se refiere a la colaboración con proveedores, interna (entre funciones logísticas) y con clientes, mientras la segunda se refiere a la colaboración con competidores y con empresas no competidoras. Por su parte Hsu y Hsu [22] y Chan y Prakash [10] agregan un componente más a la clasificación hecha por Barrat [21], incluyendo la colaboración lateral. Es importante resaltar en este sentido que en la colaboración vertical las empresas comparten responsabilidades, recursos e información del desempeño para servir los clientes finales. La colaboración horizontal ocurre entre compañías al mismo nivel de la CS; mientras la colaboración lateral es la combinación de los beneficios y las capacidades de las colaboraciones vertical y horizontal [10].

Satir, Savasanelil y Serin [23] argumentan que aunque la colaboración vertical ha sido implementada por empresas desde 1980, la colaboración horizontal no ha tenido el mismo proceso de aplicación, debido a la resistencia a compartir información entre empresas en el mismo eslabón de la cadena de suministros, los cuales fundamentalmente son competidores entre si.

En la literatura es posible encontrar trabajos que revelan los beneficios de la colaboración en la cadena de suministros, resaltando la reducción de costos operativos y la posibilidad de mejora de los niveles de servicio al cliente [7, 10]. La tabla 1 presenta los beneficios reportados por varios trabajos evaluados.

Tabla 1. Beneficios de colaboración en SC.

Autores	Beneficios
Bommer, O'Neil y Treat [24]	Incremento de ganancias, reducción de costos, flexibilidad operacional
Malhotra, Gosain y El Sawy [25]	Mejor procesamiento de la información y creación de conocimiento en la compañía.
Yang y Wee [26]	Aumento de las ganancias y disminución de pérdidas en empresas que ofrecen productos con ciclos de vida cortos.
Smáros et al., [27]; Cannella y Ciancimino [28]	Disminución del efecto látigo (Bullwhip effect)
Chan & Prakash [10]	Reducción en costos transaccionales, incremento en intercambio de recursos, aprendizaje, intercambio de conocimiento, reducción y control del riesgo de suministro, reducción de costos administrativos, mejora de la comunicación.
Holweg et al [7]	Mejor visibilidad, reducción de incertidumbre de demanda, mejora en niveles de servicio, reducción del inventario, reducción de racionamientos.
Disney y Towill [29]	Reducción de inventarios y mejor utilización de la capacidad de producción y flexibilidad en la CS.
Le Blanc et al., [30]	Mejor utilización de los recursos de transporte.
Zhang et al., [31]	Mejora en la eficiencia de la operación y optimización del inventario.
Fawcett et al., [2]	Reducción de inventarios, costos, tiempos de aprovisionamiento, aumento en calidad, mayor velocidad de innovación, flexibilidad, rápida resolución de problemas, eficiencia en la transferencia tecnología, aumento en la satisfacción de clientes y mayor rentabilidad.
Shen et al., [32]	Mejora simultanea de la satisfacción de los clientes, costos y las ganancias.

Simatupang y Sridharan [33] establecen que un enfoque de colaboración en la CS debe incluir los siguientes 5 factores que determinan su éxito:

- Un sistema de desempeño colaborativo.
- Intercambio de información.
- Sincronización de las decisiones.
- Incentivos para las alianzas.
- Concentración de los procesos de la CS.

Por su parte Coates [34] establece que los elementos que debe tener un sistema de colaboración son coherencia, comunicación, administración de tareas, administración de los recursos, administración de las programaciones y soporte en tiempo real.

2. COLABORACIÓN EN INVENTARIOS

Fawcett et al [2] establecen que los motivadores externos para la colaboración de inventarios en las empresas son la intensificación de la competencia, los rápidos cambios en la demanda (ocasionado por la variación en el gusto de los clientes y la velocidad de los cambios en las tecnologías), la globalización, los riesgos de la obsolescencia tecnológica y las presiones financieras que buscan incrementar el retorno de las inversiones y los tiempos de puesta del producto en el mercado.

Las empresas deben estructurar relaciones en la cadena de suministro y construir la infraestructura, capaz de configurar recursos complementarios que permitan construir capacidades diferenciadoras e inimitables que conlleven a producir beneficios superior a los normales [2].

Según Díaz-Batista y Pérez-Armador [1] la colaboración de inventarios entre diferentes partes de la cadena de suministro, produce un costo total anual inferior al costo sumado en que incurrirían todas las partes de manera individual. Sin embargo, este óptimo global puede ocasionar que alguna de las partes se vea perjudicada, por lo cual se requiere un proceso de negociación para acordar las cantidades de pedidos y de materiales a ordenar.

Uno de los beneficios relevantes con respecto a la colaboración es la reducción de los inventarios, lo

cual incide directamente la disminución de costos operativos en el sistema y ayuda a la flexibilidad de la empresa. Para Danese [35] los beneficios producidos por la colaboración en inventarios son la reducción de los niveles de productos, disminución del número y frecuencia de agotados, y el incremento en la disponibilidad de los inventarios a los clientes, lo cual incrementa el nivel de servicio. Singer y Donoso [36] mencionan que la colaboración en la CS produce mayor rotación del inventario generando una rotación más alta del capital invertido y aumenta la predictibilidad de la demanda, llevando a procesos de aprovisionamiento más precisos.

Danese [35] argumenta que la razón por la que se generan estos beneficios, se debe a que la colaboración ayuda a minimizar la distorsión de la información (conocida como efecto látigo) que se transmite desde miembros inferiores de la cadena de suministros. Song y Song [37], establecen que el mayor impacto de la colaboración en inventarios es la flexibilidad que las organizaciones obtienen para compartir productos. Para esto se requiere el intercambio de información, la implementación de prácticas operacionales entre las empresas y la generación de procesos de alineamiento de las acciones para las partes.

Zhang et al., [31] establece que los estudios sobre inventario colaborativo se han centrado en problemas de dos escalones, haciendo todavía insuficiente el conocimiento en la dinámica de colaboración de múltiples niveles.

Según Fawcett et al., [2], la colaboración de inventarios requiere un excelente sistema de trazabilidad, comunicación clara y frecuente, esfuerzos direccionados al acercamiento de las partes para la realización de coordinaciones, y estar abierto a discusiones y a compartir los planes estratégicos empresariales.

3. MODELOS DE COLABORACIÓN DE INVENTARIOS

Los modelos más relevantes encontrados en la literatura sobre el manejo de inventarios colaborativo son revisados a continuación:

Fu et al., [38] desarrollaron un marco de referencia para la administración de los procesos de

colaboración de inventarios, que se fundamenta en tres etapas: Pronóstico Colaborativo de la demanda, Planificación Colaborativa del inventario y Proceso de reabastecimiento colaborativo.

Kelle et al., [39] elaboraron un modelo de coordinación de inventario que permite calcular la cantidad óptima para el reabastecimiento y número de envíos requeridos, bajo una política de Justo a Tiempo. Este modelo permite considerar el poder de negociación de las partes (empresas que colaboran), lo cual modifica los resultados con respecto a las cantidades y envíos, dependiendo de la parte dominante.

Zhang et al., [40] proponen un modelo en el cual se realiza la distribución de un punto a cuatro compradores. Este modelo se fundamenta en diferentes políticas de transporte, se obtienen reducciones en los niveles de inventario.

Kwak et al., [41] desarrollaron un modelo de colaboración de inventario para VMI, que se basa en un sistema de recompensas basado en los resultados de los procesos de reaprovisionamiento de los periodos anteriores (“Actions-rewards Learning”).

Zhao y Cheng [42] proponen dos modelos de decisión para la colaboración en los procesos de reaprovisionamiento entre un centro de distribución y un minorista. En el primer modelo la cantidad de reabastecimiento que debe enviarse al cliente se toma en una simple etapa, mientras en el segundo modelo se separa la decisión de cuánto enviar y el momento del envío. Ambos modelos producen mejoras con respecto al manejo del inventario de forma independiente por parte del distribuidor y el minorista.

Zavanella y Zanoni [43] presentan un modelo de colaboración de inventario en consignación, en el cual los costos de almacenamiento del proveedor se ven reducidos y ofrece mejores costos de manejo de inventarios para el sistema global Proveedor-comprador.

Du et al., [44] desarrollaron un modelo de abastecimiento para productos agrícolas basándose en el enfoque de Planeación, Pronósticos y Reabastecimiento Colaborativo CPFR. [32] desarrollaron un modelo matemático que permite determinar la política de

reabastecimiento óptimo de productos perecederos para retailers; este modelo permite disminuir los faltantes y los excesos de inventarios en esta industria.

Yu [45] elaboró un modelo de colaboración de inventarios de un único vendedor y un único comprador, en el cual se logró alcanzar que ambas partes se favorecieran. Este modelo se realizó para productos deteriorables y considera el incumplimiento de órdenes por condiciones de calidad imperfecta del producto.

Hsieh y Laio [46] propusieron un modelo de optimización multi-objetivo para resolver conjuntamente el problema de la localización y el inventario, bajo el enfoque de VMI. Este modelo fue resuelto mediante la utilización del algoritmo Genético NSGAI.

Chan y Prakash [10] realizaron la simulación de tres modelos de colaboración (Vertical, horizontal y lateral), demostrando un impacto positivo con respecto a los costos de mantener inventario, órdenes atrasadas y los costos de realizar pedidos.

Ozen et al., [47] desarrollaron un modelo de colaboración de inventario en un sistema de distribución descentralizado compuesto por una empresa manufacturera, un almacén de distribución y n retailers. La colaboración en este modelo se basa en compartir los pronósticos de la demanda y en elaborarlos de manera conjunta, encontrando resultados positivos en el aumento de las ganancias de la cadena si se realizan los pronósticos de manera conjunta, o cuando en el proceso de compartir los pronósticos se cuenta con capacidades similares para realizar los pronósticos.

Díaz-Batista y Pérez-Armador [1] presentaron un modelo de lote económico de pedido (EOQ), en el que se consideran los costos de ordenar y almacenar de manera colaborativa por el comprador y el vendedor, encontrando reducciones en los costos totales anuales de mantener el inventario. Estos autores también encontraron que el óptimo global obtenido de manera colaborativa puede llevar a afectar el óptimo de alguna de las partes, lo cual hace necesario realizar procesos de negociación que consideren alternativas para aliviar los efectos locales negativos en la organización que se afecte.

Los modelos colaborativos estudiados anteriormente, generan resultados diferentes en el manejo de inventario, que se ven reflejados en la reducción de costos, mejora de servicio y aumento de la visibilidad del inventario a lo largo de la cadena suministro.

4. OBSTACULOS EN LA COLABORACIÓN

muchas empresas han fallado en alcanzar el desempeño deseado al aplicar procesos de colaboración en la CS, a pesar de los beneficios que esto conlleva [48, 49].

Según Fawcett et al., [2], aquellas iniciativas de colaboración de inventarios que requieren alterar el comportamiento, roles, responsabilidades o la aceptación de riesgos, son difíciles de implementar. Por otro lado, si las compañías no son capaces de cambiar al ritmo del entorno, o son incapaces de colaborar de manera más efectiva que los rivales, el éxito de las estrategias de colaboración se ve afectado [2].

La adopción, adecuación o incorporación de tecnologías de forma inapropiada, es uno de los principales elementos que generan fracasos en la ejecución de estrategias colaborativas, llevando a realizar procesos de reabastecimiento con información inadecuada, y por ende destruyendo los beneficios de dicha colaboración [21, 50]. Además, no basta solo con tecnología, ya que existen otros factores igualmente importantes, como son la cultura y la estructura empresarial [2, 51].

Uno de los obstáculos más notables radica en el intercambio de la información estratégica de la organización, lo cual define claramente los intereses de las compañías, pero que muchas empresas no comparten por asuntos de celos profesionales y por proteger su integridad. Esto detiene el dinamismo de la colaboración de inventarios, llevando al fracaso a este tipo de iniciativas [2].

Otro obstáculo radica en la asimetría de poder que se da entre las diferentes partes que colaboran: esta asimetría genera que la parte que posee más poder imponga las reglas, generando que el proceso de colaboración no represente una ganancia equitativa para todas las partes, sino para una en particular [2]. Los comportamientos presentados por esta disparidad de poder generan transferencia de costos a la parte menos poderosa, entorpeciendo los procesos de colaboración [2]. Según

Fawcett et al., [2] los comportamientos mas comunes relacionado con la disparidad de poder son:

- Insuficiente intercambio de información.
- Políticas abusivas de consignación de mercancía.
- Periodos de pago extensivos.
- Manejo de las deducciones.
- Imposición de riesgos.
- Procesos de pedidos poco coordinados.

Los comportamientos derivados del abuso de poder son la principal barrera cultural, ya que las empresas de menor poder se ven en desventaja y por ende no realizan las actividades de colaboración de la mejor manera posible [2].

Otro impedimento para la realización de procesos de colaboración, son las barreras estructurales en las empresas, lo que hace que sea difícil ser flexible y modificar los intereses unilaterales, lo que lleva a buscar beneficios individuales.

Por su parte Marquès et al., [52] mencionan que las barreras no son exclusivas de los impedimentos internos de la empresa, sino que existen variables externas, como es el caso de la variabilidad de la demanda. Según los autores, cuando la demanda es volátil e impredecible es difícil desarrollar planes de colaboración, ya que no se logra la reducción de la incertidumbre, por lo cual se afectan los resultados del proceso de planeación y manejo del inventario colaborativo, dilapidando los interés de colaboración.

Marquès et al., [52] mencionan que las características de la CS también pueden ser uno de los impedimentos de la colaboración, dado la dificultad para desarrollar eficientemente los flujos logísticos y a la complejidad de los canales de distribución. Estos autores precisan que una de las principales razones para el fallo de las iniciativas de colaboración radica en la falta de entendimiento de los actores sobre el proceso de colaboración, el desconocimiento de los sistemas, el uso de tecnologías inadecuadas para el intercambio de la información y la falta de confiabilidad en el intercambio de la misma [52].

5. POSIBLES SOLUCIONES A LOS OBSTACULOS EN LA COLABORACIÓN

Después de analizar los obstáculos encontrados en la ejecución y desarrollo de las iniciativas de colaboración de inventarios, es conveniente presentar las principales acciones y recomendaciones para mitigar dichos impactos. Aunque muchos autores mencionan los inconvenientes, pocos presentan opciones para su solución, generando una gran oportunidad de investigación en esta temática. A continuación se presentan las recomendaciones más relevantes encontradas en la literatura científica y aquellas adicionales propuestas.

5.1. Recomendaciones encontradas en la literatura

Según Fawcett et al., [2], es fundamental que exista un cambio en la filosofía y en las practicas para administrar el inventario de manera colaborativa. Además las compañías deben realizar esfuerzos por mejorar la tecnología, los sistemas de información y las estructuras organizacionales, de forma que se logre mejorar la manera de obtener datos e información, así como incrementar la calidad de los mismos, facilitando la sincronización que promueve el manejo coordinado de los flujos de inventario.

Es importante que las empresas entiendan el concepto de costo global de la cadena de suministros y abandonen la idea de la optimización local, ya que al pensar de esta manera se logra obtener beneficios para todas las partes involucradas en el sistema de colaboración [10].

Las empresas deben promover comportamientos que busquen superar las barreras culturales para alcanzar las capacidades requeridas para la colaboración. Según Fawcett et al., [2] y Marquès et al., [52] estas barreras se vencen, en gran medida, mediante la creación de un ambiente justo y confiable. Con respecto a las barreras estructurales, se deben elaborar mecanismos que permitan observar, medir y calcular los beneficios mas allá de las fronteras de las organizaciones, generando una vista holística de toda la cadena de suministros [2].

Las empresas también deben realizar procesos de creación y transmisión del conocimiento y elaborar mecanismos de retroalimentación de los factores y los casos de éxito, lo cual impulsa el desempeño de las partes que interactúan en la colaboración [2, 53].

Las empresas deben invertir en procesos de mejoramiento de la comunicación, mediante el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones adecuadas [54]. Esto permite mejorar la visibilidad en la cadena de suministros, además de transmitir información veraz, confiable y en tiempo real, lo que es uno de los principales insumos para la colaboración.

5.2. Recomendaciones adicionales

Es importante que las empresas se preocupen por diseñar procesos de negociación adecuados que permitan compensar aquellas partes que puedan verse afectadas por los procesos de colaboración, ya que es posible que este proceso, al buscar el óptimo global genere impactos negativos en algún óptimo local, es decir en algún miembro colaborador.

Las empresas requieren desarrollar procesos de capacitación que logren concientizar y desarrollar las competencias requeridas para colaborar con otras empresas de la cadena de suministro. Este proceso de formación no debe realizarse individualmente en las empresas, sino que debe llevarse a cabo de manera conjunta, con la intención de generar capacidades simétricas entre todas las partes, lo que evita problemas al momento de compilar la información y por ende realizar procesos colaborativos con información mas adecuada.

Finalmente, se deben desarrollar mecanismos que permitan asegurar la confidencialidad entre las empresa que colaboran, de manera que se generen relaciones basadas en la confianza, lo cual impulsa la eliminación de conflictos de interes entre las empresas, lo que genera procesos de transferencia de la información mas transparentes, generando que la información sea mas valiosa y por tanto produciendo mejores procesos de colaboración.

6. CONCLUSIONES

La colaboración en la cadena de suministros es una estrategia que permite mejorar el desempeño de las empresas, las cuales mediante acciones conjuntas logran obtener sinergias que las llevan a reducir costos, mejorar la satisfacción de los clientes y hacer frente a los retos de competitividad requeridos para ser exitosos en el entorno actual.

Aunque son evidentes los beneficios que la colaboración trae para las empresas y las cadenas de suministro, es común encontrar en la literatura científica que los esfuerzos por desarrollar esta estrategia no siempre generan los resultados esperados. Esto se debe a que existe una serie de obstáculos que frenan dichas iniciativas, como por ejemplo la falta de capacidad de comunicarse eficientemente, por deficiencias tecnológicas, problemas culturales y estructurales, falta de visión de administradores que no ven los beneficios de forma global sino particular.

Las empresas deben ejecutar estrategias de colaboración que faciliten el desarrollo de mecanismos para resolver los obstáculos anteriormente mencionados. Estas estrategias se deben fundamentar en: formación de profesionales, establecer una filosofía institucional e incorporar mecanismos que velen por el mejoramiento de los procesos de comunicación.

La gestión de inventarios colaborativos es una alternativa atractiva para los empresarios que busquen reducir costos y mejorar los niveles de servicio ofrecidos a sus clientes.

Como trabajos futuros, se propone realizar investigaciones que permitan ampliar los modelos matemáticos existentes, específicamente el estudio de sistemas que incluyan n proveedores, lo cual no se considera en ningún modelo encontrado en la literatura científica. Además, una gran área de investigación se desprende de la necesidad de desarrollar estrategias que busquen eliminar los obstáculos en la colaboración, en las cuales se indiquen procesos de seguimiento y evaluación de las mismas, de forma que se permita direccionar de manera adecuada los procesos de reducción de dichos obstáculos.

REFERENCIAS

- [1] Díaz-Batista, J. and Pérez-Armador, D., "Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro," *Ingeniería Industrial*, vol. 33, (2), pp. 126–132, 2012.
- [2] Fawcett, S., Waller, M. and Fawcett, A., "Elaborating a dynamic systems theory to understand collaborative inventory successes and failures," *The International Journal of Logistics Management*, vol. 21(3), pp. 510–537, 2010.
- [3] Coronado, A., Lyons, A., Michaelides, Z. and Kehoe,

- D., "Automotive supply chain models and technologies: a review of some latest developments," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 19(5), pp. 551–562, 2006.
- [4] Derroiche, R., Neubert, G. and Bouras, A., "Supply chain management: a framework to characterize the collaborative strategies," *International journal of computer integrated manufacturing*, vol. 21 (4), pp. 426–439, 2008.
- [5] Naesens, K., Gelders, L. and Pintelon, L., "A swift response tool for measuring the strategy fit for resource pooling: a case of study," *management Decision*, vol. 45(3), pp. 434–449, 2007.
- [6] Arango, M. D., Adarme, W. and Zapata, J. A., "Distribución de commodities, usando medios alternativos de transporte. Caso Colombia pymes panificadoras," *DYNA*, vol. 77, pp. 222–233, 2010.
- [7] Holweg, M., Disney, S., Holmström, J. and Smaros, J., "Supply Chain Collaboration: Making sense of the strategy continuum," *European Management Journal*, vol. 23(2), pp. 170–181, 2005.
- [8] Simatupang, T. and Sridharan, R., "An integrative framework for supply chain collaboration," *International journal of logistics management*, vol. 16, pp. 257–274, 2005.
- [9] Zhang, D., Liu, X. and Li, S., "An optimization model for multi-period collaborative inventory control based on target performance management," *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, pp. 930–934, 2012.
- [10] Chan, F. T. S. and Prakash, A., "Inventory management in a lateral collaborative manufacturing supply chain: a simulation study," *International Journal of production Research*, vol. 50(16), pp. 4670–4685, 2012.
- [11] Stank, T. P., Keller, S. B. and Daugherty, P. J., "Supply chain collaboration and logistics service performance," *Journal of Business Logistics*, vol. 22(1), pp. 29–49, 2001.
- [12] Bowersox, D., Closs, D. and Stank, T. P., "How to master cross-enterprise collaboration," *Supply Chain Management Review*, vol. 7 (4), pp. 18–27, 2003.
- [13] Golicic, S. L., Foggin, J. H. and Mentzer, J. T., "Relationship magnitude and its role in inter-organizational relationship structure," *Journal of Business Logistics*, vol. 24 (1), pp. 57–75, 2003.
- [14] Manthou, V., Vlachopoulou, M. and Folinas, D., "Virtual e-chain (VeC) model for supply chain collaboration," *International Journal of production Economics*, vol. 87(3), pp. 241–250, 2004.
- [15] Sheu, C., Yen, H. R. and Chae, D., "Determinants of supplier-retailer collaboration: Evidence from an international study," *International Journal of Operation and Production Management*, vol. 26 (1), pp. 24–49, 2006.
- [16] Barrat, M. and Oliveira, A., "Exploring the experiences of collaborative planning initiatives," *International Journal of Physical Distribution & logistics Management*, vol. 31 (4), pp. 66–89, 2001.
- [17] Phillips, W., Lamming, R., Bessant, J. and Noke, H., "Discontinuous innovation and supply relationships: Strategic dalliances," *R&D Management*, vol. 36, (4), pp. 451–461, 2006.
- [18] Caridi, M., Cigolini, R. and DeMarco, D., "Improving supply-chain collaboration by linking intelligent CPFR," *International Journal of Production Research*, vol. 43(20), pp. 4191–4218, 2005.
- [19] Min, S., Roath, A. S., Daugherty, P., Genchev, S. Arndt, A. and Richey, R. G., "Supply chain collaboration: what's happening?," *The International Journal of Logistics Management*, vol. 16(2), pp. 237–256, 2005.
- [20] Swink, M., "Building collaborative innovation capability," *Research technology Management*, vol. 49(2), pp. 37–48, 2006.
- [21] Barrat, M., "Understanding the meaning of collaboration in the supply chain - See more at: http://www.emeraldinsight.com/journals.htm/journals.htm?articleid=858315&show=html&WT.mc_id=alsoread#sthash.GxqRZ7yx.dpuf," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 9(1), pp. 30–42, 2004.
- [22] Hsu, H. P. and Hsu, H. M., "Systematic modelling and implementation of a resource planning system for virtual enterprise by predicate/transition net," *Expert systems with applications*, vol. 35 (4), pp. 1841– 1857, 2009.
- [23] Satir, B., Savasanelil, S. and Serin, Y., "Pooling through lateral transshipments in service parts systems," *European Journal of Operational Research*, vol. 220, pp. 370–377, 2012.
- [24] Bommer, M., O'Neil, B. and Treat, S., "Strategic assessment of the supply chain interface: a beverage industry case study," *International Journal of Physical Distribution &*

Logistics Management, vol. 31(1), pp. 11–25, 2001.

[25] Malhotra, A., Gosain, S. and El Sawy, O. A., “Absorptive Capacity Configurations in Supply Chains: Gearing for Partner-Enabled Market Knowledge Creation,” *MIS Quarterly*, vol. 29 (1), pp. 145–187, 2005.

[26] Yang, P. C. and Wee, H. M., “A collaborative inventory system with permissible delay in payment for deteriorating items,” *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 43, pp. 209–221, 2006.

[27] Småros, J., Lehtonen, J.-M., Appelqvist, P. and Holmström, J., “The impact of increasing demand visibility on production and inventory control efficiency,” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 33 (4), pp. 336 – 354, 2003.

[28] Cannella, S. and Ciancimino, E., “On the Bullwhip Avoidance Phase: supply chain collaboration and order smoothing,” *International Journal of Production Research*, vol. 48(22), pp. 6739–6776, 2010.

[29] Disney, S. M. and Towill, D. R., “Bullwhip reduction in the supply chains: The impact of VMI,” *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 23 (6), pp. 625–651, 2003.

[30] Le Blanc, H. M., Van Krieken, M. G., Fluren, H. A. and Krikke, H. R., *Collector managed inventory: A proactive planning approach to the collection of liquids coming from End-of-Life vehicles*, Tiburg University. 2004.

[31] Zhang, D., Liu, X. and Li, S., “An optimization model for multi-period collaborative inventory control based on target performance management,” *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, pp. 930–934, 2012.

[32] Shen, D., Lai, K. K., Leung, S. and Liang, L. “Modelling and analysis of inventory replenishment for perishable agricultural products with buyer–seller collaboration,” *International Journal of Systems Science*, vol. 42(7), pp. 1207–1217, 2011.

[33] Simatupang, T. and Sridharan, R., “Design for supply chain collaboration,” *Business Process Management Journal*, vol. 14 (3), pp. 401–418, 2008.

[34] Coates, G., “Agent co-ordination aided distributed computational engineering design,” *Expert Systems with Applications*, vol. 31(4), pp. 776–786, 2006.

[35] Danese, P., “The extended VMI for coordinating the whole supply chain network,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 17, (7), pp. 888–907, 2006.

[36] Singer, M. and Donoso, D., “Internal Supply chain management in the chilean sawmill industry,” *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 27 (5), pp. 524–541, 2007.

[37] Song, H. and Song, Y.-F., “Impact of inventory management flexibility on service flexibility and performance: evidence from mainland Chinese firms.,” *Transportation Journal*, vol. 48(3), pp. 7–19, 2009.

[38] Fu, Y., Piplani, R., De souza Robert, and Wu, J., “Multi-Agent enabled modeling and simulation towards collaborative inventory management in supply chain,” *Proceeding of the 2000 winter simulation conference*, pp. 1763–1771, 2000.

[39] Kelle, P., Miller, P. and Akbulut, A., “Coordinating ordering/shipment policy for buyer and supplier: Numerical and empirical analysis of influencing factors,” *International Journal of production Economics*, vol. 108, pp. 100–110, 2007.

[40] Zhang, T., Liang, L., Yu, Y. and Yu, Y., “An integrated vendor-managed inventory model for a two-echelon system with order cost reduction,” *International Journal of Production Economics*, vol. 109(1–2), pp. 241–253, 2007.

[41] Kwak, C., Choi, J. S., Kim, C. O. and Kwon, I.-H., “Situation reactive approach to Vendor Managed Inventory problem,” *Expert Systems with Applications*, vol. 36 (5), pp. 9039–9045, 2009.

[42] Zhao, Q.-H. and Cheng, T. C. E., “An analytical study of the modification ability of distribution centers,” *European Journal of Operational Research*, vol. 194, pp. 901–910, 2009.

[43] Zavanella, L. and Zanoni, S., “A one-vendormulti-buyerintegratedproduction-inventorymodel: The ‘ConsignmentStock’ case,” *International Journal of production Economics*, vol. 118, pp. 225–232, 2009.

[44] Du, X. F., Leung, S. C. H., Zhang, J. L. and Lai, K. K., “Procurement of a Agricultural products using the CPFR approach.,” *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 14, no. 253–258, 2009.

[45] Yu, J., “A collaborative deteriorating inventory system with imperfect quality and shortage backordering,”

International Journal of Electronic Business management, vol. 8(3), pp. 231–238, 2010.

[46] Hsieh, C.-L. and Laio, S.-H., “A multiobjective Evolutionary Approach for a integrated Location-Inventory problem in Vendor Managed Systems,” *Journal Expert Systems with Applications: An International Journal*, vol. 38(6), pp. 6768–6776, 2011.

[47] Ozen, U., Sobic, G. and Slikker, M., “A collaborative decentralized distribution system with demand forecast updates,” *European Journal of Operational Research*, vol. 216, pp. 573–583, 2012.

[48] Angulo, A., Nachtmann, H. and Waller, M., “Supply chain information sharing in a vendor managed inventory partnership,” *Journal of Business Logistics*, vol. 25(1), pp. 101–120, 2004.

[49] Ellinger, A. E., Keller, S. and Hansen, J., “Bridging the divide between logistics and marketing: facilitating collaborative behaviour,” *Journal of Business Logistics*, vol. 27(2), pp. 1–27, 2006.

[50] Cassivi, L., “Collaboration planning in a supply chain,” *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 11(3), pp. 249–258, 2006.

[51] Richey, G., Roath, A., Whipple, J. and Fawcett, S., “Exploring a governance theory of supply chain management: barriers and facilitators to integration,” *Journal of Business Logistics*, vol. 31, (1), pp. 237–256, 2010.

[52] Marquès, G., Thierry, C., Lamothe, J. and Gourc, D., “A review of Vendor Managed Inventory (VMI): from concept to processes,” *Production Planning & Control: The Management of Operations*, vol. 21(6) pp. 547–561, 2010.

[53] Lee, H., “The triple-A supply chain,” *Harvard Business Review*, vol. 82 (10), pp. 102–113, 2004.

[54] Arango, M. D., Zapata, J. A. and Adarme, W., “Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario colombiano,” *Revista EIA*, vol. 15, pp. 21–32, 2011.