

# COORDINACIÓN DE EXISTENCIAS MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS POR PARTE DEL PROVEEDOR – VMI

## COORDINATION OF STOCK INVENTORY MANAGEMENT THROUGH BY SUPPLIER - VMI

Margith Viviana Montenegro Carrascal<sup>1</sup>  
Jason Steve Pulido Reina<sup>2</sup>  
Óscar Palacio León<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniera Química, Estudiante de posgrado, Gerencia Integral en Logística, Facultad de Ingeniería  
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D.C., Colombia  
margith.montenegro@bioentorno.org

<sup>2</sup>Administrador de Empresas, Estudiante de posgrado, Gerencia Integral en Logística, Facultad de Ingeniería  
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D.C., Colombia.  
jasonstv@hotmail.com

<sup>3</sup>Ingeniero Industrial, M.Sc., Profesor asistente, Facultad de Ingeniería, Investigador grupo ITE  
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D.C., Colombia  
oscar.palacio@unimilitar.edu.co

**Resumen:** Al ser más eficiente la competencia en el Mundo actual, cada vez se hacen más fuertes los modelos de cooperación que buscan la integración por medio de tecnologías, información, métodos, alianzas y otros, y cobran relevancia en las estrategias productivas. Dentro de esas estrategias, se encuentra el Vendor Management Inventory cuyo objetivo es lograr cadenas de suministro más eficientes aguas arriba y aguas abajo. En este artículo, se profundiza en la estrategia mencionada, planteando modelos para los escenarios tradicionales de VMI I y II, así como los pasos para su aplicación y un modelo de VMI con incentivos al minorista. De igual forma, se estudian y recopilan varias metodologías que se usan en la actualidad, y casos exitosos en los cuales los tiempos de producción y pronóstico se redujeron sustancialmente, además de los costos que es la principal motivación para implementar un sistema VMI.

**Palabras clave:** cadena de suministro, Inventario Administrado por el Proveedor, reabastecimiento, pronóstico, cooperación.

**Abstract:** Being more efficient competition in the world, increasingly become stronger cooperation models that seek integration through technology, information, methods, partnerships and others, and become relevant in the production strategies. Among these strategies is the Vendor Management Inventory aimed at achieving more efficient supply chain upstream and downstream. This article explores the above strategy, a model plant for traditional VMI scenarios I and II, as well as steps for implementation and a VMI model with incentives to the retailer. Similarly, studied and collected various methodologies currently used and successful cases in which the forecast production times and substantially reduced, in addition to the costs is the main motivation for implementing a VMI system.

**Key words:** supply chain, Vendor Managed Inventory, replenishment, forecast, cooperation.

# 1 Introducción

La extrema competitividad de la economía actual y los efectos de la globalización, obligan a la industria a encontrar nuevas formas para interactuar y satisfacer a los clientes. Una *Cadena de Suministro* optimizada, supone mejoras de eficiencia que pueden reducir las necesidades de inventario, ahorrar costes de transporte y otros gastos de distribución [1]; por tal razón, su estudio debe comprender todos los elementos que permitan optimizar la cadena como un conjunto[2], tales como las funciones de comercialización, fabricación, distribución, administración de proveedores, procesos de descargue, programación de la producción, alistamiento, tiempos de cargue y optimización de rutas, entre otros. En el inicio de la cadena, se encuentran las relaciones con los proveedores. Dentro de las diferentes problemáticas que ocurren en esta relación, se encuentran el envío y recepción de las órdenes, los plazos de entrega, las conformidades de las entregas, las devoluciones, etc., que determinan en gran parte, la variación de los costos al inicio de la cadena. Del manejo flexible y las soluciones que se apliquen sobre esta problemática de constante cambio, dependerá el éxito de la estrategia logística que se adopte.

Desde hace dos décadas, el estudio de la coordinación del sistema de distribución vertical ha tomado auge, porque se ha logrado identificar que los beneficios de los agentes disminuyen en la medida en que las decisiones se toman por separado y sin cada uno tener en cuenta a su contraparte [3]. Hoy, el desarrollo en tecnología de la información hace posible que los agentes que intervienen en la cadena de suministro puedan compartir su información y de esta manera, cooperar para mejorar la eficiencia de la cadena en su recorrido. La coordinación efectiva entre las unidades en una cadena de suministro, ha llegado a desempeñar un papel clave al centrarse en la innovación, la flexibilidad y la velocidad, lo cual crea una gran ventaja competitiva necesaria para sobrevivir en la competencia global [4]. Para conseguir niveles de minimización de costos en el sistema, es necesario pensar en mejorar en la optimización de políticas de inventario conjuntas [5], por medio de la negociación con los proveedores y así, lograr la mayor colaboración posible en una de las partes más importantes del proceso de abastecimiento: el nivel de inventarios, con miras a reducir la diferencia entre lo ofrecido o producido y lo demandado. Tal proceso requiere desarrollarse en un ambiente de confianza, debido al firme convencimiento de que compartir riesgos e invertir en cambios, redundarán en beneficios mutuos.

Así pues, el método de coordinación de Inventarios administrados por el Vendedor, en inglés Vendor Managed Inventory (VMI), hace parte de la nueva visión de hacer negocios y, en la actualidad, la gestión de inventario por el proveedor está llamando la atención en muchas industrias [6] y ha aumentado su aplicación [7]. VMI también es conocido como inventario administrado por el proveedor, inventario administrado por el distribuidor o justo a tiempo II [8] y es muy similar a Continuous Replenishment Program (CRP), pero utilizado en diferentes industrias [9]. Según Claassen, van Weele y van Raaij [10] VMI se originó en la década de los 80, cuando comerciantes minoristas exigieron asumir la responsabilidad para reponer los inventarios a los vendedores, sobre la base de cifras de ventas reales. El Programa de Reposición Continua de Campbell Soup, se conoce como una de las primeras implementaciones de VMI en la industria [11]. Este tipo de práctica hace responsables al proveedor y al vendedor por el flujo de los bienes hacia la planta, almacén o localización del cliente [12], en vez del fabricante, con un proceso más exacto de planeación, reabastecimiento, elaboración de pronósticos, análisis de indicadores de gestión, aplicación de modelos Min/Max/EOQ o pronósticos de reaprovisionamiento[13], y la implementación de sistemas integrados de comunicación que en conjunto, permitan hacer más exacto el proceso de planeación de la demanda y adquisición de los suministros, y que mediante simulaciones y experimentación numérica, se ha demostrado que son mejores los beneficios que se obtienen bajo VMI que sin adoptar una política de cooperación [14].

Por tal motivo, este trabajo intentará describir los aspectos más importantes y vislumbrar las herramientas para aplicar el VMI, para ser analizado como una opción valiosa en la elección de la mejor estrategia que incremente el mayor valor posible a los procesos logísticos de la organización, y dicte parámetros importantes para crear la política de abastecimiento en su interior.

## 2. Estrategia Vendor Managed Inventory (VMI)

### 2.1 Concepto VMI

Dentro de las sinergias que se dan en la gestión de los procesos logísticos y que hacen parte de las diferentes relaciones entre los agentes de un proceso productivo, han empezado a cobrar importancia los estudios sobre administración de inventarios. El tema central de los modelos de control de inventarios tiene como finalidad, analizar la cantidad por pedir y el período de suministro *óptimos*, de modo que se minimicen los costos y se cumpla con la

promesa de venta. Sin embargo, como cualquier modelo de bases matemáticas, su aplicación no es tan fácil, pues la valoración de todas las variables del “mundo real” es prácticamente imposible y, en particular, la coordinación de inventarios entre el eslabón fabricante-distribuidor (problema central de este trabajo). El problema de los inventarios radica en que las empresas tratan de optimizar individualmente sus beneficios, muchas veces sin tener en cuenta el efecto que causa a su cliente o proveedor [15], y se pierden características esenciales del análisis: el intercambio de información adecuada y de control centralizado [16], la comunicación y la coordinación entre las etapas de la cadena de suministro [17].

Algunas de las opciones que tiene la organización para realizar la coordinación proveedor-cliente son [15]: a) reducir costos sin cambiar las políticas de abastecimiento; b) introducir nuevos equipos para el manejo de materiales; c) definir políticas de inventario conjuntas; d) obtener descuentos gracias a los supuestos de lotes económicos; e) definir relaciones de colaboración a largo plazo por medio de contratos, precios fijos y apoyo a la innovación; y f) considerar estrategias de suministro como épocas de resurtido e inventarios administrados por el vendedor. Precisamente esta última estrategia es la que se describe a continuación.

La aplicación de Vendor Managed Inventory ha logrado aceptación en muchos sectores. Lo que alguna vez se pensó como un experimento, se ha convertido en la mejor manera de hacer negocios para miles de fabricantes, distribuidores, minoristas, fabricantes de equipos originales y usuarios del producto, porque se ha demostrado con evidencia empírica, que la aplicación de este modelo de cooperación logra suficientes beneficios para justificar la inversión en infraestructura para apoyar su aplicación [18]. Vendor Managed Inventory lo implementó por primera vez, Wal-Mart y Procter & Gamble, como parte de la iniciativa de Respuesta Eficiente al Consumidor (Kurt Salmon Associates, Informe 1993), y desde entonces, ha sido adoptado por muchas empresas, como Johnson & Johnson, Negro & Decker, y Ace Hardware [19].

Vendor Managed Inventory (VMI), es un sistema que permite hacer más ágil la cadena de suministro, mediante la administración de los niveles de inventario por parte del fabricante o minorista. El modelo típico de requerimientos de materiales está dado por procesos tradicionales en los cuales el comprador o minorista establece una demanda y aguas abajo, planifica los procesos de abastecimiento, puntos de reorden, planeación de la producción, niveles de inventario, etc. En cambio, con la aplicación del modelo VMI se logra reducir los tiempos de entrega, mayor confiabilidad en los envíos y disminuir costos de transporte, producción y pedido, lo cual conduce a mejorar la programación de la producción y de los envíos, redundando en una mayor rentabilidad de la cadena de suministro.

La aplicación de una política VMI, dependerá de los incentivos que posea cada parte para cooperar; por tal razón, si una de ellas posee el poder de mercado, no tendría motivación alguna para acoger una política conjunta diferente a la propia y óptima para él.

La aplicación de la política VMI debe estar sustentada en tres reglas [15]:

- i. El proveedor garantiza a su cliente un nivel mínimo (s) y máximo (S) de inventario
- ii. El inventario se ubica cerca de la línea de producción del cliente
- iii. Existe la posibilidad de utilizar diariamente el material, de acuerdo con las necesidades del cliente

### **2.1.1 Versiones de VMI**

Según la asociación Voluntary Interindustry Commerce Standards (VICS), [20], existen las siguientes versiones de VMI:

- Vendor-Managed Replenishment (VMR): versión canadiense del VMI y que sugiere que el reabastecimiento sea gestionado por el proveedor.
- Retailer-Managed Inventory (RMI): en el cual el minorista tiene la aprobación sobre el proceso de pedido.
- Co-Managed Inventory (CMI): que es un modelo de altos niveles de colaboración pero no tan formalizados como en el CPFRR.
- Supplier-Managed Inventory (SMI): es un modelo europeo del VMI en el cual el proveedor decide cuándo y cuánto entregar.

### **2.1.2 Pasos para su aplicación**

Cuando las actividades clave residen principalmente en el proveedor o el fabricante, se puede considerar los siguientes elementos para iniciar la aplicación del modelo VMI [20]:

1. Recopilación de información: obtención de datos de las salidas de almacén de los minoristas y de los puntos de venta.
2. Previsión de ventas: se hace sobre las salidas de los centros de distribución y sobre el análisis de los informes de ventas detalladas.
3. Previsión de pedidos: está a cargo del fabricante y se hace sobre los niveles de inventario y los costos de transporte acordados, lo cual permite planificar las salidas.
4. Generación de pedidos: esta actividad la realiza el proveedor para reabastecer el inventario.
5. Entrega de pedidos: es la entrega del pedido al minorista.

## 2.2 Escenarios Tradicionales de VMI

La principal característica que diferencia a VMI del sistema tradicional de SC, es que el proveedor tiene la facultad de controlar las decisiones sobre el momento y la cantidad de reabastecimiento aguas abajo [21], y a ellas son transferidos según sea el acuerdo, la responsabilidad financiera por el inventario [22], soportada con el monitoreo del nivel de inventario y avanzados sistemas de información, operación crítica para el sistema, porque los datos deben ser de la mejor calidad posible [23]; además, el comprador tiene menos autoridad en el sistema VMI que en el sistema tradicional. Dado que el proveedor es responsable de administrar los inventarios en el almacén del comprador, incluidos los pedidos y el mantenimiento del inventario, debe recibir la información directa sobre la demanda del mercado y, puesto que el proveedor determina el pedido en lugar de recibirlo por parte del comprador, no hay flujo de información de los pedidos del comprador en el sistema VMI.

### 2.2.1 Sistema VMI I

El sistema de coordinación VMI se puede clasificar en dos grupos, de acuerdo con la asignación de los costos por mantenimiento de inventario [24]: un grupo denominado VMI I, en donde los costos de inventario estarán a cargo del vendedor o proveedor; y otro denominado VMI II, en donde el comprador será responsable por tales costos a pesar de que las decisiones sobre la administración del inventario sean responsabilidad del vendedor y que esta actividad sea llevada dentro de su propio almacén. Puesto que el punto por coordinar es la asignación de costos, se describen ambos modelos porque según como sea definida esta disyuntiva, las decisiones operativas que ambos agentes estén dispuestos a tomar, serán diferentes. En la figura 1, se muestran los flujos de materiales y de información que se dan en el sistema VMI I.

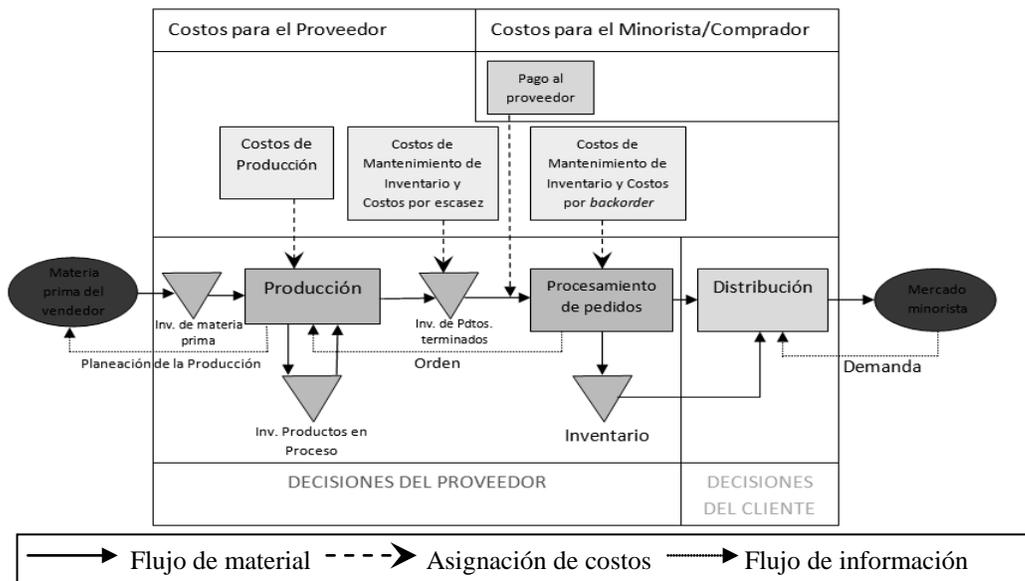


Figura 1. Esquema del sistema VMI

Fuente: Ryu, Chung Suk. An Investigation of Impacts of Advanced Coordination Mechanisms on Supply Chain Performance: Consignment, VMI I, VMI II and CPFR. In: UMI Microform., p. 56 (2006).

De esta forma, se puede observar que el vendedor tendrá a su cargo los costos de mantenimiento del inventario, los costos por pedidos retrasados, los costos por mantenimiento del inventario de productos terminados, los costos por escasez y los costos de producción en cuanto al inventario de materias primas y productos en proceso.

### 2.2.2 Sistema VMI II

Tal como se muestra en la figura 2, los flujos de información y de materiales son iguales a los del sistema VMI I. El proveedor sigue siendo responsable por la gestión de los inventarios dentro del almacén del comprador o minorista y recibiendo la información directa de la demanda del mercado. Pero en este caso, los costos por mantenimiento del inventario de productos terminados y por pedidos retrasados están a cargo del comprador, aunque él no intervenga en la toma de decisiones sobre la gestión de los inventarios. Bajo esta modalidad, el proveedor o vendedor pagará los costos por mantenimiento del inventario de productos terminados, de escasez y de producción.

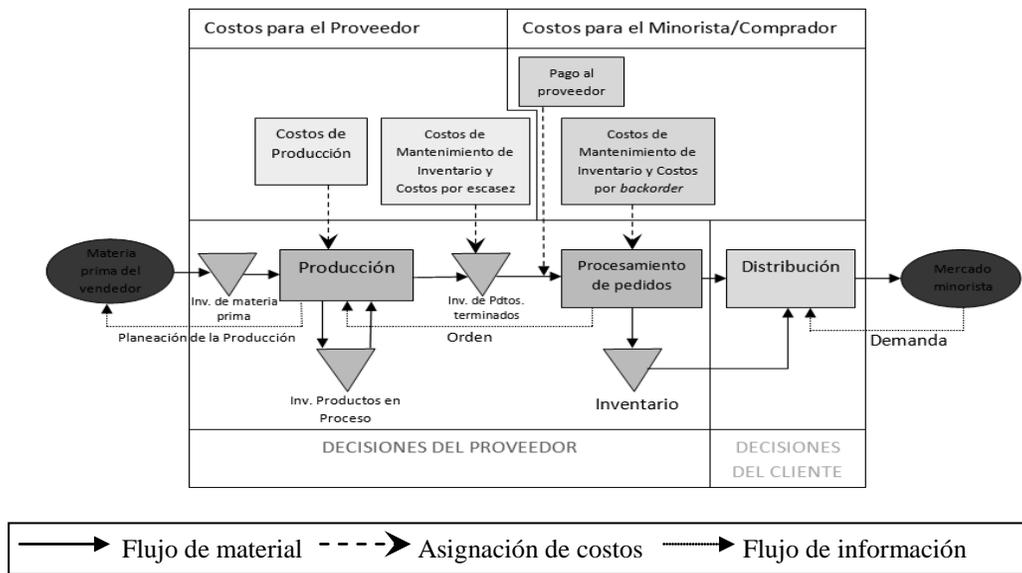


Figura 2. Diagrama del sistema de VMI II

Fuente: Ryu, Chung Suk. An Investigation of Impacts of Advanced Coordination Mechanisms on Supply Chain Performance: Consignment, VMI I, VMI II and CPFR. In: UMI Microform, p. 58 (2006).

## 3 Descripción Matemática de los Modelos VMI I Y II

### 3.1 Costos de la Cadena de Suministro con VMI

A continuación, se describe la modelación de los costos de acuerdo con las variables de decisión para en esta forma, tener un parámetro para medir el desempeño de la cadena de suministros. Este análisis ha sido hecho con base en el modelo EOQ [24].

#### 3.1.1 Definición de Variables

Para el proveedor	Para el minorista o comprador
$TC_s$ = Costo Total	$TC_B$ = Costo Total
$X$ = Tasa anual de producción	$D$ = Demanda anual
$o_s$ = Costo de alistamiento ( <i>set up</i> ) por orden	$Q$ = Cantidad por orden
$h_s$ = Costo de mantenimiento anual	$o_B$ = Costo de ordenar por orden
	$h_B$ = Costo por mantenimiento de inventarios anual

$\gamma$ = Porcentaje de costos de almacenamiento ( <i>stocking</i> ) dentro de los costos de mantenimiento anuales	$h_B^S$ = Costo por almacenamiento anual por mantener inventario
	$h_B^F$ = Costo financiero anual por mantener inventario

**Tabla 1.** Variables de costos de la cadena

Fuente: *Ibíd.*, p. 60.

El modelo muestra que el proveedor o el comprador deciden la cantidad por ordenar, con el fin de minimizar sus propios costos.

Como se ha explicado, la autoridad sobre la administración del inventario bajo VMI, es dada en su totalidad al proveedor; por lo tanto, es éste quien decidirá la cantidad por pedir. El proveedor puede pagar los costos asociados con el inventario y el pedido del comprador, pero en otros casos, estos egresos pueden estar a cargo del comprador (VMI II). Sin embargo, para el desarrollo del modelo, se tendrá en cuenta la primera premisa en donde el proveedor asume la totalidad de los costos asociados con el inventario. La ecuación 2.1 muestra el costo total para el proveedor bajo el sistema VMI:

$$TC_S = \frac{o_2 \cdot D}{Q} + \frac{h_2 \cdot Q}{2} + \frac{o_1 \cdot D}{Q} + \frac{h_1 \cdot D \cdot Q}{2 \cdot X} \quad (2.1)$$

La anterior ecuación define la función de costo total de la cadena, puesto que todos los costos asociados con el inventario son asignados al proveedor; por esta razón, no se tomaron los costos del comprador. Dada esta condición, la minimización de la cadena de suministro se dará con la minimización de los costos del proveedor que en este caso, también serán los costos de la cadena.

La cantidad óptima por pedir será entonces la siguiente:

$$\frac{dTC_S}{dQ} = -(o_B + o_2) \cdot D \cdot Q^{-2} + \frac{h_2 \cdot X + h_1 \cdot D}{2 \cdot X} = 0 \quad (2.2)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot (o_2 + o_1) \cdot D \cdot X}{h_2 \cdot X + h_1 \cdot D}} \quad (2.3)$$

De acuerdo con la cantidad óptima definida en (2.3), se puede determinar la siguiente ecuación como el costo total de la cadena:

$$TC_{VM} = \sqrt{\frac{2 \cdot (o_2 + o_1) \cdot (h_2 \cdot X + h_1 \cdot D)}{X}} \quad (2.4)$$

La siguiente ecuación muestra la comparación entre el sistema de la cadena de suministro tradicional y el sistema VMI en términos de la tasa de costos totales:

$$\frac{TC_{VM}}{TC_{Trad}} = \frac{4 \cdot X \cdot o_B \cdot h_2 \cdot (o_2 + o_1) \cdot (h_2 \cdot X + h_1 \cdot D)}{[(o_2 + o_1) \cdot h_2 \cdot X + (h_2 \cdot X + h_1 \cdot D) \cdot o_B]^2} = \frac{A}{B} \quad (2.5)$$

$$B - A = [(o_B + o_2) \cdot h_2 \cdot X - (h_2 \cdot X + h_1 \cdot D) \cdot o_B]^2 \geq 0 \quad (2.6)$$

Cumplida la condición de la ecuación (2.6), la relación entre los dos sistemas cumple la siguiente condición:

$$\frac{TC_{VM}}{TC_{Trad}} \leq 1 \quad (2.7)$$

Esta relación implica que los costos totales de la cadena bajo el sistema VMI, son menores que los de la cadena de suministros tradicional, bajo un modelo que asume costos basados en la cantidad óptima por ordenar.

### 3.2 Beneficios de la Cadena de Suministro con VMI

El modelo de la cadena de suministro está desarrollado con base en las operaciones principales como compras, control de inventarios, manufactura y transporte.

El beneficio total del comprador se define así:

**Beneficio Total del Comprador** = Ventas hacia el mercado – Costo por Pedir – Costo por mantenimiento de Inventario - Pago al proveedor

El beneficio total del proveedor contiene los siguientes elementos:

**Beneficio Total del Proveedor al comprador** = Ventas hacia el comprador - Costos por alistamiento - Costo por mantenimiento de Inventario - Costo de producción - Costo de Transporte

**Tabla 2.** Definición de variables  
Fuente: *Ibíd.*, p. 67.

Para el Proveedor		Para el Comprador	
$\pi_S$	Beneficio Total	$\pi_B$	Beneficio Total
$\pi_S^e$	Beneficio Total Estimado	$D$	Demanda anual del mercado
		$D^e$	Demanda anual del mercado estimada
$X$	Tasa anual de producción	$Q$	Cantidad a ordenar
$I$	Tasa anual de producción planeada	$E$	Cantidad a ordenar estimada
$a_S$	Costo por set up del comprador por orden	$a_B$	Costo por pedir por orden
$h_S$	Costo por mantenimiento de inventario anual	$h_B$	Costo por mantenimiento de inventario anual
$v$	Costo unitario de producción	$h_B^S$	Costo del almacenamiento del inventario anual
$t$	Costo unitario por transporte	$H_B^F$	Costo financiero del inventario anual
$P$	Precio de transferencia pagado al comprador	$R$	Precio de venta de mercado
		$w$	Beneficio marginal
$\alpha, \beta, k, d, k, l, m$		Parámetros	

Los modelos matemáticos que representan las utilidades de las cadenas de suministro, utilizan procesos de optimización basados en la sincronización o medición del tiempo de decisiones y procedimientos específicos. La estructura de los tiempos es una característica que hace única a cada cadena de suministro. La tabla 3 muestra las notaciones utilizadas para indicar la estructura del tiempo de los procedimientos operativos que transcurren en el sistema de la cadena de suministro.

**Tabla 3.** Definición de variables de tiempo  
Fuente: *Ibíd.*, p. 68.

Para el Proveedor		Para el Comprador	
$t_{OF}$	Orden pronosticada	$t_{DF}$	Demanda pronosticada
$t_{TP}$	Precio de transferencia	$t_{MP}$	Precio de mercado
$t_{PP}$	Plan de producción	$t_{OD}$	Orden
$t_{IS}$	Almacenamiento de Inventario	$t_{PR}$	Productos recibidos
$t_{OR}$	Orden recibida	$t_{AS}$	Pago enviado
$t_{PS}$	Producto enviado	$t_{IB}$	Almacenamiento de Inventario

$t_{AR}$	Pago recibido	$t_{SA}$	Ventas
----------	---------------	----------	--------

Los modelos propuestos para la cadena de suministro, se basan en cinco supuestos básicos acerca de la relación entre las variables:

*Supuesto 1:* la demanda del mercado es una función lineal del precio de venta. A medida que aumenta el precio, la demanda disminuye:

$$D = k - d * R \quad (2.8)$$

*Supuesto 2:* cuando la demanda del mercado exacta es desconocida para el proveedor, la demanda de mercado estimado ( $D'$ ) se utiliza para determinar la tasa óptima de producción. Dado que el proveedor no conoce el precio de venta ( $R$ ), la demanda estimada del mercado es asumida como una función lineal decreciente del precio de transferencia ( $P$ ):

$$D' = l - m * P \quad (2.9)$$

*Supuesto 3:* el comprador determina el precio de venta ( $R$ ), fijando el margen de beneficio ( $w$ ) sobre el precio de transferencia ( $P$ ). El margen de beneficio se define como el cociente entre el precio de venta sobre el precio de transferencia. En general, se supone  $w \geq 1$  para garantizar la ganancia del comprador:

$$R = w * P \quad (2.10)$$

*Supuesto 4:* el costo anual por mantenimiento del inventario para el comprador, está en función del precio de transferencia ( $P$ ). En la medida en que el precio de transferencia aumente, el costo por mantenimiento también lo hace:

$$h_B = \alpha * P \quad (2.11)$$

*Supuesto 5:* el costo anual de transporte para el proveedor es una función lineal del precio pagado al comprador:

$$t = \beta * P \quad (2.12)$$

En la tabla 4, se describen los supuestos básicos que se aplican a cada sistema de cadena de suministro. El sistema VMI requiere relaciones específicas entre las variables para que representen la función operativa. Las complicadas relaciones entre las operaciones, se definen para representar el mecanismo de colaboración del sistema.

**Tabla 4.** Supuestos básicos  
Fuente: *Ibíd.*, p. 69.

	S.C.Tradicional	VMI I & II
<b>Demanda de mercado estimada</b>	$D' = l - m * P$	-
<b>Demanda del mercado</b>	$D = k - d * R$	$D = k - d * R$ $D = k - d * w * P$
<b>Precio minorista</b>	-	$R = w * P$
<b>Costo de mantenimiento de inventarios</b>	$h_B = \alpha * P$	$h_B = \alpha * P$
<b>Costo de Transporte</b>	$t = \beta * P$	$t = \beta * P$

De acuerdo con el sistema, los agentes toman decisiones para los suministros, de acuerdo con la información que posean. La tabla 5 describe la información disponible para proveedor y comprador:

**Tabla 5.** Información disponible para proveedor y comprador  
Fuente: *Ibíd.*, p. 70.

Sistema de S.C.	Información del Proveedor	Información del Comprador
<b>S.C. Tradicional</b>	Demanda estimada ( $D'$ )	Demanda del mercado ( $D$ ) Precio de transferencia ( $P$ )
<b>VMI I</b>	Demanda del mercado ( $D$ ) Margen de beneficio ( $w$ )	Demanda del mercado ( $D$ ) Precio de transferencia ( $P$ ) Precio de venta ( $R$ )
<b>VMI II</b>	Demanda del mercado ( $D$ ) Margen de beneficio ( $w$ )	Demanda del mercado ( $D$ ) Cantidad por ordenar ( $Q$ ) Precio de transferencia ( $P$ ) Precio de venta ( $R$ )

La tabla 6 muestra las decisiones que pueden ser tomadas por el comprador y el proveedor:

**Tabla 6.** Decisiones por tomar del proveedor y el comprador  
Fuente: *Ibíd.*, p. 70.

Sistema de S.C.	Decisiones del Proveedor	Decisiones del Comprador
<b>S.C. Tradicional</b>	Precio de transferencia ( $P$ ) Cantidad por ordenar estimada ( $E'$ ) Cantidad de producción planeada ( $I$ )	Precio de venta ( $R$ ) Cantidad por ordenar ( $Q$ )
<b>VMI I</b>	Precio de transferencia ( $P$ ) Cantidad de producción ( $X$ ) Cantidad por ordenar ( $Q$ )	Margen de beneficio ( $w$ ) Precio de venta ( $R$ )
<b>VMI II</b>	Precio de transferencia ( $P$ ) Cantidad de producción ( $X$ ) Cantidad por ordenar ( $Q$ )	Margen de beneficio ( $w$ ) Precio de venta ( $R$ )

### 3.3 Cadena de Suministro Tradicional

En este sistema, comprador y vendedor toman decisiones de forma independiente y no comparten información entre ellos. El comprador determina el precio de venta ( $R$ ) y la cantidad de pedido ( $Q$ ), con el conocimiento de la demanda del mercado ( $D$ ) y los costos ( $o_B$  y  $h_B$ ). Para el proveedor, el precio de transferencia ( $P$ ) y la tasa de producción ( $X$ ) se determinan con base en la información entregada por el comprador acerca de la cantidad de pedido ( $Q$ ), la demanda estimada ( $D'$ ), y los costos ( $o_s$  y  $h_s$ ). En el modelo de optimización, la información disponible y el poder de decisión determinan las variables de decisión exactas y los parámetros utilizados para obtener las soluciones óptimas. En la cadena de suministro tradicional, el comprador y el proveedor ejecutan los siguientes procedimientos de decisión:

**Paso 1.** Momento de pronósticos de pedidos ( $t_{OF}$ ), precio de transferencia ( $t_{TP}$ ), planeación de la producción ( $t_{PP}$ ) y almacenamiento de inventario ( $t_{IS}$ ).

El proveedor determina el precio que el comprador deberá pagarle ( $P$ ), con base en la demanda estimada del último. Tomando a  $D' = l - m * P$  una función decreciente del precio de venta y el transporte ( $t$ ), como una función lineal del precio de transferencia ( $P$ ):  $t = \beta * P$ :

$$\pi_S' = (P * D') - \frac{o_s * D'}{E} - \frac{h_s * E * D'}{2 * I} - (v * I) - t * D' \quad (2.13)$$

Donde  $E$  es la cantidad estimada por pedir e  $I$  es la cantidad planeada de producción.

El problema del proveedor se formula entonces, como un problema de maximización del beneficio con el fin de determinar el precio de transferencia óptimo ( $P$ ), la cantidad óptima de pedido ( $E$ ) y la planeación de la cantidad óptima de producción ( $I$ ). Las restricciones indican que la cantidad de producción planeada debe ser mayor que la demanda estimada y que todas las variables de decisión deben ser valores no negativos. Reemplazando  $D'$  y  $t$  en la ecuación 2.13, se tiene la siguiente función para maximizar:

$$\text{Maximizar } \pi_S' = P * (I - m * P)' - \frac{a_s * (I - m * P)}{E} - \frac{h_s * E * (I - m * P)}{2 * I} - v * I - \beta * P * (I - m * P) \quad (2.14)$$

Sujeto a:

$$I \geq D' \quad (2.15)$$

$$P, E, I \geq 0 \quad (2.16)$$

**Paso 2.** Momento de pronóstico de la demanda ( $t_{DF}$ ), precio de mercado ( $t_{MP}$ ) y orden ( $t_{OD}$ )

El comprador determina la cantidad de pedido ( $Q$ ) y el precio de venta ( $R$ ), con el conocimiento actual de la demanda del mercado ( $D$ ) y el precio de transferencia ( $P$ ).

Tomando  $D = k - d * R$  como una función decreciente del precio de venta:

$$\pi_B' = (R * D) - \frac{a_s * D}{Q} - \frac{h_s * Q}{2} - (P * D) \quad (2.17)$$

Al igual que el proveedor, el problema del comprador se define como una maximización de beneficios. Teniendo el precio de transferencia ( $P$ ) determinado por el proveedor, el comprador determina el precio de venta ( $R$ ) y la cantidad por pedir ( $Q$ ) para maximizar su beneficio. En este caso, la restricción presente es que las variables sean no negativas:

$$\text{Maximizar } \pi_B' = R * (k - d * R) - \frac{a_s * (k - d * R)}{Q} - \frac{h_s * Q}{2} - P * (k - d * R) \quad (2.18)$$

Sujeto a:

$$R, Q \geq 0 \quad (2.19)$$

**Paso 3.** Momento de pedido recibido ( $t_{OR}$ )

El proveedor determina la cantidad por producir ( $X$ ), con el conocimiento de la cantidad de pedido ( $Q$ ), el precio de transferencia ( $P$ ) y la demanda estimada ( $D'$ ).

$$\pi_S = (P * D') - \frac{a_s * D'}{Q} - \frac{h_s * Q * D'}{2 * X} - (v * X) - t * D' \quad (2.20)$$

Teniendo la información acerca del precio de transferencia ( $P$ ) y la cantidad de pedido ( $Q$ ), el proveedor puede optimizar su decisión sobre la cantidad por producir ( $X$ ), para maximizar su beneficio.

$$\text{Maximizar } \pi_S' = P * (I - m * P)' - \frac{a_s * (I - m * P)}{Q} - \frac{h_s * Q * (I - m * P)}{2 * X} - v * X - \beta * P * (I - m * P) \quad (2.21)$$

Sujeto a:

$$X \geq D' \quad (2.22)$$

$$X \geq 0 \quad (2.23)$$

**Paso 4.** Momento de producto enviado ( $t_{PS}$ ), producto recibido ( $t_{PR}$ ), pago enviado ( $t_{AS}$ ), pago recibido ( $t_{AR}$ ), almacenamiento de inventario ( $t_{IB}$ ) y ventas ( $t_{SA}$ ).

Los beneficios totales se calculan de acuerdo con las siguientes dos ecuaciones:

$$\pi_S = (P * D) - \frac{a_s * D}{Q} - \frac{h_s * Q * D}{2 * X} - (v * X) - t * D \quad (2.24)$$

$$\pi_B = (R * D) - \frac{a_2 * D}{Q} - \frac{h_2 * Q}{2} - (P * D) \quad (2.25)$$

### 3.4 Cadena de Suministro bajo VMI I

En este sistema, el proveedor tiene el poder de decisión sobre la gestión del inventario y asume todos los costos provenientes de esta labor. Para representar el modelo VMI I, se siguen los siguientes pasos:

**Paso 1.** Momento del precio de mercado ( $t_{MP}$ ) (temporal)

El comprador determina el margen de beneficio ( $w$ ), por encima del valor pagado al proveedor ( $P$ ).

**Paso 2.** Momento de pronóstico de la demanda ( $t_{DF}$ ), precio de transferencia ( $t_{TP}$ ), planeación de la producción ( $t_{PP}$ ) y almacenamiento de inventario ( $t_{IS}$ ).

El proveedor es quien determina la cantidad de pedido ( $Q$ ), la cantidad por producir ( $X$ ) y el precio de transferencia ( $P$ ), con conocimiento de la demanda actual del comprador.

Teniendo  $D = k - d * R$  y siendo  $R = w * P$  la ecuación resultante sería  $D = k - d * (w * P)$

$$\pi_S = (P * D) - \frac{a_2 * D}{Q} - \frac{h_2 * Q}{2} - \frac{a_1 * D}{Q} - \frac{h_1 * Q * D}{2 * X} - (v * X) - t * D \quad (2.26)$$

En el primer paso, el proveedor determina el valor óptimo del precio de transferencia, la cantidad por producir y la cantidad de pedido, con el fin de maximizar el beneficio descrito en la ecuación 2.27. Las restricciones indican que la cantidad producida debe ser mayor o igual a la demanda del mercado, y que todas las variables de decisión deben ser valores no negativos:

$$\pi_S = P * (k - d * w * P) - \frac{a_2 * (k - d * w * P)}{Q} - \frac{a_1 * P * Q}{2} - \frac{a_1 * (k - d * w * P)}{Q} - \frac{h_1 * Q * (k - d * w * P)}{2 * X} - (v * X) - \beta * P * (k - d * w * P) \quad (2.27)$$

Sujeto a:

$$X \geq D \quad (2.28)$$

$$P, X, Q \geq 0 \quad (2.29)$$

**Paso 3.** Momento de precio del mercado ( $t_{MP}$ )

El comprador determina el precio de venta ( $R$ ), conociendo la actual demanda ( $D$ ):

$$\pi_B = R * D - P * D \quad (2.30)$$

El comprador determina el precio de venta, de tal manera que maximice su beneficio con la restricción de no negatividad de las variables:

$$\text{Maximizar } \pi_B = R * (k - d * R) - P * (k - d * R) \quad (2.31)$$

Sujeto a:

$$R \geq 0 \quad (2.32)$$

**Paso 4.** Momento de producto entregado ( $t_{PS}$ ), producto recibido ( $t_{PR}$ ), pago enviado ( $t_{AS}$ ), pago recibido ( $t_{AR}$ ), almacenamiento de inventario ( $t_{IB}$ ) y ventas ( $t_{SA}$ ).

El total de beneficios para el proveedor y el comprador, se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\pi_S = (P * D) - \frac{a_2 * D}{Q} - \frac{h_2 * Q}{2} - \frac{a_1 * D}{Q} - \frac{h_1 * Q * D}{2 * X} - (v * X) - t * D \quad (2.33)$$

$$\pi_B = R * D - P * D \quad (2.34)$$

### 3.5 Cadena de Suministro bajo VMI II

A diferencia del sistema VMI I, el proveedor no es responsable por el pago de los costos del inventario del comprador como son los de mantenimiento y de órdenes retrasadas. Las decisiones óptimas pueden ser significativamente diferentes, debido a que la maximización de los beneficios es diferente. La toma de decisiones e información compartidas en VMI II, están representadas en los siguientes procedimientos:

**Paso 1.** Momento del precio de mercado ( $t_{MP}$ ), temporal.

El comprador determina el margen de beneficio ( $w$ ), por encima del valor pagado al proveedor ( $P$ ).

**Paso 2.** Momento de pronóstico de la demanda ( $t_{DF}$ ), precio de transferencia ( $t_{TP}$ ), planeación de la producción ( $t_{PP}$ ) y almacenamiento de inventario ( $t_{IS}$ ).

El proveedor es quien determina la cantidad de pedido ( $Q$ ), la cantidad por producir ( $X$ ) y el precio de transferencia ( $P$ ), con conocimiento de la demanda actual del comprador.

Teniendo  $D = k - d * R$  y siendo  $R = w * P$  la ecuación resultante sería  $D = k - d * (w * P)$

$$\pi_S = (P * D) - \frac{a_2 * D}{q} - \frac{h_2 * Q * D}{2 * X} - (v * X) - t * D \quad (2.35)$$

El proveedor determina el valor óptimo del precio de transferencia, la cantidad por producir y la cantidad de pedido que maximice el beneficio bajo las restricciones de cantidad producida mayor o igual a la demanda del mercado y variables de decisión no negativas:

$$\text{Maximizar } \pi_S = P * (k - d * w * p) - \frac{a_2 * (k - d * w * p)}{q} - \frac{h_2 * Q * (k - d * w * p)}{2 * X} - (v * X) - \beta * P * (k - d * w * p) \quad (2.36)$$

Sujeto a:

$$X \geq D \quad (2.37)$$

$$P, X, Q \geq 0 \quad (2.38)$$

**Paso 3.** Momento de precio del mercado ( $t_{MP}$ )

El comprador determina el precio de venta ( $R$ ), conociendo la actual demanda ( $D$ ):

$$\pi_B = (R * D) - \frac{a_2 * D}{q} - \frac{h_2 * Q}{2} - (P * D) \quad (2.39)$$

Conociendo el precio de transferencia y la cantidad de pedido, el comprador decide el precio de venta óptimo que maximiza el total de beneficios así:

$$\text{Maximizar } \pi_B = R * (k - d * R) - \frac{a_2 * (k - d * R)}{q} - \frac{h_2 * Q}{2} - P * (k - d * R) \quad (2.40)$$

Sujeto a:

$$R \geq 0 \quad (2.41)$$

**Paso 4.** Momento de producto entregado ( $t_{PS}$ ), producto recibido ( $t_{PR}$ ), pago enviado ( $t_{AS}$ ), pago recibido ( $t_{AR}$ ), almacenamiento de inventario ( $t_{IB}$ ) y ventas ( $t_{SA}$ ).

El total de beneficios para el proveedor y el comprador, se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\pi_S = (P * D) - \frac{a_2 * D}{q} - \frac{h_2 * Q * D}{2 * X} - (v * X) - t * D \quad (2.42)$$

$$\pi_B = (R * D) - \frac{a_2 * D}{q} - \frac{h_2 * Q}{2} - (P * D) \quad (2.43)$$

### 3.6 Comparación de Desempeño de los Tres Modelos

Mediante ejercicios numéricos calculados con variaciones de los parámetros ambientales, y datos aleatorios realizados para poder deducir cuál de los sistemas presenta los mejores comportamientos [24], en términos de **beneficios totales** de la cadena, se concluye que el modelo VMI I reporta los mayores beneficios, seguido del sistema VMI II, y el sistema tradicional con los menores resultados. Al momento de comparar los **beneficios individuales**, el modelo VMI II resulta con mayores beneficios para el proveedor, mientras que el VMI conduce al comprador a

mayores utilidades. Cuando se comparan los sistemas por *ingresos*, el VMI I reporta los mayores ingresos para ambos agentes debido a la reducción de costos con la optimización de la cantidad de pedido por parte del proveedor y, por parte del comprador, a la menor carga de costos. Por último, comparando costos, Ryu concluye que bajo VMI I, los costos para el proveedor aumentan más que los costos del comprador, pero bajo VMI II los costos aumentan para el comprador y disminuyen para el proveedor.

### 3.7 Modelamiento de Incentivos al Minorista

Yao [25], establece una metodología en la cual los fabricantes ofrecen un contrato de incentivos a los minoristas, al hacer que las ventas perdidas por productos agotados, se convierten en pedidos pendientes. Así, garantiza un gana – gana en la relación VMI, tanto aguas arriba como aguas abajo.

El fabricante disminuye la posibilidad de pérdida de ventas por falta de inventario, manteniendo alto el nivel de inventario en la tienda, con un contrato de incentivos con el minorista, en el cual el precio de venta al por mayor lo favorece.

Para el desarrollo del modelo, se asume que el VMI se lleva a cabo a principios de la temporada de venta, cuando el fabricante no ofrece una decisión sobre la densidad de población en la tienda, la demanda del consumidor es estocástica, el consumidor es libre de elegir hacer un pre-pedido o elegir un producto sustituto que suministre la competencia. El éxito para que los clientes escojan el pre-pedido, depende de los representantes de ventas del minorista. También se asume que el costo de penalización al minorista es 0, pues la venta perdida puede reemplazarse.

**Tabla 7.** Notación usada

Fuente: Yao, Yuliang, Dong, Yan and Dresner, Martin. Analyzing information-enabled stockout management under vendor-management inventory. In: Inf Technol Manage (2007).

Notación Usada	
$\pi_M$	Utilidad del Fabricante
$\pi_R$	Utilidad del Distribuidor
$q$	Cantidad del Inventario
$w$	Precio al por mayor
$p$	Precio de venta
$l$	Multa por venta perdida para el fabricante
$\theta$	Radio de conversión del pedido pendiente
$\beta$	Tasa de pago lineal
$\varepsilon$	Choque aleatorio
$\sigma^2$	Varianza del choque aleatorio
$x$	Demanda del cliente
$g(x)$	Función de densidad de la demanda del cliente
$e$	Esfuerzo del minorista
$t$	Plazo de pago lineal

La utilidad esperada por el minorista con la venta de productos del fabricante está dada por:

$$E_x \pi_R = \int_0^q (px - wq)g(x)dx + \int_q^{\infty} [(p - w)q]g(x)dx - c(e) \quad (2.44)$$

El primer término en función de la utilidad del minorista, representa las utilidades que se obtienen cuando el inventario disponible supera la demanda. El segundo término representa la utilidad del minorista cuando la demanda es mayor que la cantidad disponible q.

Igualmente, la función de las utilidades esperadas del fabricante se puede expresar como:

$$E_x \pi_M = \int_0^q (px - wq)g(x)dx + \int_q^{\infty} [(p - w)q]g(x)dx - c(e) \quad (2.45)$$

**Caso 1:** no hay límite en la cantidad de pedido.

$$\text{Max}_{\beta, w, q} E_{x, \beta} (\pi M - \beta \theta) \quad (2.46)$$

Sujeto a:

$$\text{IC: } e^* \in \arg \max E_{x, \beta} (\pi R + \beta \theta) \quad (2.47)$$

$$\text{IR: } E_{x, \beta} \pi R(e^*) \geq 0 \quad (2.48)$$

La función objetivo es la utilidad esperada del fabricante, después de que la transferencia de pagos se haya completado.

La restricción de racionalidad individual (IR), refleja el nivel mínimo de utilidad que requiere el minorista para aceptar el contrato de incentivos.

La restricción de compatibilidad de incentivos (IC), afirma que cuando sea necesario, el minorista escogerá el mejor esfuerzo, lo cual se convertirá en la mayor utilidad.

**Caso 2:** límite en la cantidad de pedido.

El escenario planteado en el caso 1, es poco realista porque el minorista por lo general, no permite que el fabricante llene sus instalaciones de inventario, disminuye el espacio para otros productos y aumenta los costos por almacenamiento y transporte.

Los minoristas pueden establecer límites sobre los niveles de inventario y las cantidades de pedido, lo cual es una de las principales motivaciones para que un minorista quiera participar en un VMI; por esta razón, se añade una restricción de máximo nivel de inventario. Otra restricción es que el precio de venta al por mayor, no puede ser mayor al precio de venta al por mayor como en la solución del caso 1.

Esto asegura que el fabricante no pueda tomar ventaja de la relación VMI por restricción de la oferta y aumento de precios.

El mecanismo de incentivos puede darse por:

$$\text{Max}_{\beta, w, q} E_{x, \beta} (\pi M - \beta \theta) \quad (2.49)$$

Sujeto a:

$$\text{IC: } e^* \in \arg \max E_{x, \beta} (\pi R + \beta \theta) \quad (2.50)$$

$$\text{IR1: } E_{x, \beta} \pi R(e^*) \geq 0 \quad (2.51)$$

$$\text{IR2: } q^* \leq q_0 \text{ y } w^* \leq w_i^* \quad (2.52)$$

La función objetivo es la utilidad que espera el fabricante, después de que la transferencia de pagos se haya completado.

La primera restricción de racionalidad individual (IR1), refleja el nivel mínimo de utilidad que requiere el minorista para aceptar el contrato de incentivos.

La segunda restricción de racionalidad individual (IR2), refleja el nivel máximo de inventario impuesto por el minorista, y que el precio que se paga al fabricante, no sea mayor como en la solución en el Caso 1.

La restricción de compatibilidad de incentivos (IC), afirma que cuando sea necesario, el minorista escogerá el mejor esfuerzo, lo cual se convertirá en la mayor utilidad.

## 4 Ventajas del Sistema VMI

Uno de los beneficios más importantes para el proveedor, es que al obtener la información del mercado por parte del comprador, se vuelve capaz de alinear sus procesos productivos a la demanda del cliente [26], y es más eficiente en las actividades que conforman su cadena productiva, tales como los procesos administrativos de compra [27], pronósticos [28], y nivel de faltantes [29]. De esta forma, VMI puede eliminar los impactos negativos de trabajar en lotes, y mitiga el llamado *bullwhip effect* [30]. Otros beneficios para cada agente, se presentan en la tabla 8 [31].

**Tabla 8.** Beneficios para proveedor y comprador  
Fuente: www.supplychainconnect.com

<b>Beneficios para el Proveedor</b>	<b>Beneficios para el Comprador</b>
Reducción del efecto látigo	Reducción de <i>agotados</i>
Reducción de órdenes modificadas	Reducción de costos financieros
Simplificación de la planeación de la producción	Simplificación de procesos de compra
Elimina tiempos y costos asociados con tareas administrativas	Incremento en ventas
Disminuye nivel de inventarios y pedidos pendientes	Aumenta cuota de mercado por el mejoramiento del proceso de entrega

En la medida en que la cadena de abastecimiento incrementa su sofisticación e integración, VMI puede ser una buena solución para lograr una ventaja competitiva y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro, economizando en inventario [32].

El proveedor y el comprador comparten beneficios comunes como disminución de errores en los datos de entrada, mejor velocidad en los procesos y mejor nivel de servicio [33]; y con el ahorro de tiempos, se logra que la empresa se centre en las actividades estratégicas. Sin embargo, siempre será imprescindible analizar aspectos como la restricción de capacidad del proveedor, la incertidumbre de la demanda y los plazos de entrega [34], para que los beneficios del sistema se produzcan realmente.

## 5 Problemas para su Aplicación

Según una investigación realizada en México [35], no existe buena voluntad y confianza para compartir información, tecnología u otro tipo de recursos, con lo cual se limita el escenario de las estrategias horizontales para desarrollar interrelaciones más formales, lo cual hizo que este país tuviera unos costos logísticos del 15% de su PIB, demasiado altos en comparación con los de Estados Unidos (8.8%), la Unión Europea (7.2%), Asia (13%), y Suramérica (18%). Por otra parte, de acuerdo con el agente que tenga el poder de mercado, así se determinará el nivel de intercambio de información o decisión de o no negociar acuerdos. Por tal razón, se ha encontrado estudios en los cuales el socio con menor poder asume costos, y es restringido a la imposición de límites superiores e inferiores para el nivel de inventario [26].

En otros estudios publicados, se ha encontrado que en el momento de la aplicación del modelo, existe confusión sobre la visión acerca de lo que es VMI [36], cuáles son los límites del sistema o cómo identificar el tipo de VMI apropiado [37].

Además, según Gandhi [9], factores externos como la satisfacción del cliente, las demandas económicas mundiales y las condiciones meteorológicas adversas que afectan los traslados, deben integrarse para poder formar un verdadero sistema de cadena de suministro colaborativo.

## 6 Casos

Existen diferentes casos de aplicación de VMI en la industria. Uno de esos ejemplos es la administración de la cadena de suministro en el cuidado de la salud en Malasia [38]. En este caso, se evalúa la gestión de administración de los inventarios en el sector privado de la salud, enfocada a la distribución de las medicinas desde el mayorista hasta las clínicas, debido a que se estaban presentando problemas en esta área. En este estudio se identificaron dos temas principales, las órdenes urgentes y la disponibilidad de inventario en el mayorista, de donde se propone un trabajo con base en VMI.

Otro caso exitoso de VMI, es el de las grandes superficies [39], en donde el VMI ha sido denominado el hada del inventario porque lo hace aparecer en el momento preciso cuando sea requerido. Almacenes como Wal-Mart, han establecido este sistema en el cual los fabricantes son los responsables de llevar sus productos a las tiendas y asegurarse de que siempre estén disponibles y no haya exceso de los mismos. Para un distribuidor como Wal-Mart, el riesgo y el esfuerzo disminuyen bajo este esquema [40].

Lapide [41], asegura que el uso de la información de VMI puede ser muy útil para mejorar la previsión y la planificación de la demanda. Esta premisa se reafirma al revisar el caso de implementación de VMI en ARASCO [42], planta productora de alimentos para peces, que luego de implementar el VMI, simplificó la preparación de los pronósticos y el tiempo requerido de producción (se redujo de 300 a 60 horas). De igual forma, la precisión del pronóstico aumentó de manera gradual.

## 7 El futuro de VMI

El desarrollo de tecnologías de plataformas con el sistema *e-VMI*, proporciona acceso a proveedores y permite desarrollar procesos sobre la gestión de inventarios (administración y procesos de reabastecimiento para ambas partes), como criterios, notificaciones y alertas, pedidos electrónicos e información de la cuenta [43]. Esta plataforma está basada en la Web, pero también existen software más desarrollados que implican adecuaciones físicas como colocar cámaras Web en el almacén del cliente [44]. Por otra parte, también surgen propuestas como el Virtual Collaborative Forecasting Management, que surgió para ayudar en los procesos que el proveedor debe empezar a desarrollar cuando ingresa en un modelo VMI y, su finalidad es reunir y procesar en una *central virtual*, los datos estadísticos, calcular pronósticos de ventas y generar previsiones [20].

Para Yao, Evers y Dresner, las investigaciones futuras también podrían centrarse en examinar el comportamiento estratégico de las empresas, por ejemplo: analizar si para un proveedor resulta beneficioso entrar en un acuerdo de VMI con un comprador, incluso si los costos superan los beneficios, con el fin de adelantársele a un competidor [45]. Por ejemplo: en el caso cuando el proveedor ofrezca bienes sustitutos que otros competidores fabriquen [46].

Por otra parte, el campo de aplicación de VMI se convierte en un tema mundial cuando se aplica a las negociaciones internacionales. La aplicación del modelo VMI para el comercio mundial, debe analizarse con sumo cuidado porque los principios del VMI se cruzan con los mandatos de los diferentes Incoterms que existen, los cuales no consideran la transferencia de la titularidad, porque asumen que sólo pertenece a las obligaciones del vendedor en cuanto a la entrega de las mercancías [47]. Sin embargo, en el mundo actual en donde cada día el desarrollo de las tecnologías permite un acercamiento mayor y más fácil, cobra vigencia el modelo de coordinación VMI como alternativa para la eficiencia en la cadena de administración de inventarios.

## 8 Conclusiones

Dentro del análisis de las posibles políticas de administración de inventarios, es claro que adoptar una política conjunta supone un ahorro en el costo total del sistema, como resultado de un proceso de negociación [48]. Según una exploración realizada con entrevistas [26], se observa que cuando se trata de bienes estratégicos, el comprador está muy dispuesto a darle al proveedor la información necesaria, caso contrario cuando se trata de productos básicos. De igual forma, se encontró que el costo por mantenimiento de inventario lo asume el socio menos poderoso. Sin embargo, ante los ahorros que la literatura demuestra al adoptar VMI, sería ilógico que alguna de las dos partes no intentara negociar y llegar a un posterior acuerdo. Los beneficios se dan en términos de tiempo, costos de la cadena y de subcontratación de producción; cuando se evita, los beneficios quedan representados en el ahorro por el sobrecosto por unidad, gracias a la brecha de los costos entre una cadena VMI y una tradicional [49].

Es imprescindible que VMI sea un proceso de colaboración desarrollado en un ambiente de confianza y una adecuada inversión en estructura tecnológica y organizativa que soporte el sistema [50], donde lo primordial sea un objetivo común: la maximización de los beneficios y la minimización de los costos de ambas partes por medio de la cooperación.

## Bibliografía

1. Campuzano Bolarín, Francisco, Martínez Caro, Eva y Ros McDonell, Lorenzo. Cadenas de suministro tradicionales y colaborativas. Análisis de su influencia en la gestión de la variabilidad de la demanda. En: Organización y dirección de empresas, 5311.99-6 Logística, pp. 33-34 (2010).
2. Çenticaya, Sila and Lee, Chung-Yee. Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems. In: Management Science, p. 217 (2000).
3. Chen, Jen-Ming and Lin, I-Chen. Ordering and pricing policies under Vendor Managed Inventory and Consignment Arrangements. In: International Journal of Information and Management Sciences 21, p. 1 (2010).

4. Turhan, Sultan N., and Vayvay, Özalp. Modeling of VMI implementation via SOA in a Healthcare supply chain. *European and Mediterranean Conference on Information Systems*, pp. 1-2 (2009).
5. Qinlong, Gou et al. A Modified Joint Inventory Policy for VMI Systems. In: *International Journal of Information Technology & Decision Making*. V 7 (2), p. 226 (2008).
6. Mahamani, Arumugam and Prahlada Rao, Karanam. Development of a spreadsheet based vendor managed inventory model for a single echelon supply chain: a case study. In: *Serbian Journal of Management*, pp. 199 – 211 (2010).
7. Wang, Ye-Xin, Bhatnagar, Rohit and Graves, Stephen C. Multi-Item Single-Vendor-Single-Buyer Problem with Consideration of Transportation Quantity Discount, p. 1.
8. Lamb, Michele R. Vendor managed inventory: Customers like the possibilities. In: *Metal Center News*, p. 43 (1997).
9. Gandhi, Ujval. *Vendor Managed Inventory: A new Approach to Supply Chain Management*. Thesis Master of Science in Industrial and Systems Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University: Blacksburg, p. 69 (2003).
10. Claassen Marloes, J.T., van Weele, Arjan J., and Raaij, Erik M. Performance Outcomes and Success Factors of Vendor Managed Inventory (VMI). In: *16th IPSERA Conference*. Bath, p. 1 (2007).
11. Zerman, Erel. Multi-item Inventory-Routing Problem for an FMCG Company. In: A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, p. 17 (2007).
12. Saxena, Rajiv. Vendor-managed inventory. *ABI/INFORM Global*, p. 20 (2009).
13. Anthony, Tom. *Supply Chain Collaboration: Success in the New Internet Economy*. In: *Achieving Supply Chain Excellence Through Technology*, p. 43.
14. Hwang, Juhwen, Wu, Su-Hwa and Huang, Yu-Yen. Improving Supplier's Performance Using Common Replenishment Epochs in a Vendor-Managed Inventory System. In: *The 7th International Symposium on Operations Research and Its Applications (ISORA'08)*, pp. 199–206 (2008).
15. Jiménez Sánchez, José Elías. *Coordinación de inventarios en una cadena de suministro a través de épocas comunes de resurtido bajo demanda dinámica, considerando diversos modos de transporte y diferentes políticas de descuento en los precios de los productos y en las tarifas de transporte*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Organización de Empresas, Economía Financiera y Contabilidad, p. 518 (2006).
16. Ketzenberg, Michael and Ferguson, Mark E. Managing Slow-Moving Perishables in the Grocery Industry. In: *Production and Operations Management*. V 17 (5), p. 518 (2008).
17. Nachiappan, Subramanian and Jawahar, Natarajan. Pricing in Supply Chain under Vendor Managed Inventory. In: *Supply Chain, Theory and Applications*, p. 387 (2008).
18. Southard, Peter B., and Swenseth, Scott R. Evaluating vendor-managed inventory (VMI) in non-traditional environments using simulation. In: *International Journal of Production Economics* 116 (2), pp. 275–287 (2008).
19. Dong, Yan, Dresner, Martin and Yao, Yuliang. Beyond information sharing: The value of vendor managed inventory to downstream firms. In: *The 8th International Conference on Logistics and SCM Research*, p. 2 (2010).
20. Poler Escoto, Raúl et al. Un modelo de empresa virtual para la gestión del proceso de previsión colaborativa en cadenas de suministro. *Memorias X Congreso de Ingeniería de Organización*, p. 2 (2006).
21. Cetinkaya, Sila and Lee, Chung-Yee. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems, p. 228 (2000).
22. Portes, Allan Neves and Vieira, Guilherme. The impact of vendor managed inventory (VMI) on the bullwhip effect in supply chains. *Third International Conference on Production Research – Americas' Region*, p. 2 (2006).
23. Han, Kunsoo and Kauffman, Robert J. Relative importance, specific investment and ownership in interorganizational systems. In: *Inf Technol Manage*, p. 182 (2008).

24. Ryu, Chung suk. An Investigation of Impacts of Advanced Coordination Mechanisms on Supply Chain Performance: Consignment, VMI I, VMI II and CPFR. In: UMI Microform, pp. 55-89 (2006).
25. Yao, Yuliang, Dong, Yan and Dresner, Martin: Analyzing information-enabled stockout management under vendor-management inventory. In: *Inf Technol Manage* (2007).
26. Claassen, Marloes J.T., Van Weele, Arjan J., and Van Raaij, Erik M. Performance outcomes and success factors of vendor managed inventory (VMI). In: *Supply Chain Management: An International Journal*, pp.407-408 (2008).
27. Sarpola, Sami. Evaluation framework for VMI System. In: Helsinki School of Economics Working Papers W-414, p. 2 (2007).
28. Nataraja, Niranjana R., Subramanian, Veeinramuthu and Capar, Ismail. Integrated stock replenishment and shipment consolidation with service level constraint. In: *Proceedings of the Annual Meeting of the Association of Collegiate Marketing Educators*, p.157 (2009).
29. Ng, WL et al. Petrol delivery tanker assignment and routing: a case study in Hong Kong. In: *Journal of the Operational Research Society*, p. 1191 (2008).
30. Lario Esteban, Francisco-Cruz y Pérez Perales, David. Gestión de redes de suministro (GRdS): sus tipologías y clasificaciones. Modelos de referencia conceptuales y analíticos. En: IX Congreso de Ingeniería de Organización, p. 5 (2005).
31. Supply Chain Connect. Effective VMI. En: [http://hosteddocs.ittoolbox.com/SCC%20\\_VMI011708.pdf](http://hosteddocs.ittoolbox.com/SCC%20_VMI011708.pdf) (Página consultada el 28 de julio de 2010)
32. Kim, Bowon, Park, Chulsoon. Supply Chain Coordination between Supplier and Retailer in a VMI (Vendor-Managed Inventory) Relationship. In: *The Business Review*. V 15 (2), p. 165 (2010).
33. Zammori, Francesco, Braglia, Marcello y Frosolini, Marco. A standard agreement for vendor managed inventory. In: *Strategic Outsourcing: An International Journal* V 2 (2), pp. 165-186 (2009).
34. Sari, Kazim. Exploring the benefits of vendor managed inventory. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. V 37 (7), p. 542 (2007).
35. Jiménez Sánchez, José Elías. Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. En: *Publicación Técnica 281*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, p. 3 (2005).
36. Moyaux, Thierry, Chaib-draa, Brahim et D'Amours, Sophie. *Supply Chain Management and Multiagent Systems: An Overview*. Quebec: Université Laval, p. 9.
37. Marques, Guillaume et al. Vendor Managed Inventory, from Concept to Processes for an Unified View. In: 2nd International conference on Information systems, Logistics, and Supply chain. United States, p.9 (2008).
38. Haszlinna, Noorfa and Potter, Andrew. Healthcare supply chain management in Malaysia: a case study. *Logistic System Dynamic Group*. Cardiff: Business School, Cardiff University (2009).
39. Purdum, Tracy: VMI: Size Matters. *Purchasing: IndustryWeek.com* (2007).
40. Shister, Neil. Applying The Ideas Of The Wall-Mart Of The World To Smaller Companies. *World Trade*. ABI/Inform Global (2006).
41. Lapede, Larry. Use VMI to Improve Forecasting. In: *The Journal of business Forecasting* (2008).
42. Abdul, Shaik. VMI Program Improves Forecasting & Supply Chain – Araso's Case Study. In: *The Journal of Business Forecasting* (2007).
43. Chang, Tien-Hsiang et al. A case study for implementing a B2B collaborative information system: a textile case. In: *Journal of Manufacturing Technology Management*. V 20 (3), pp. 335-336 (2009).
44. Mc Loone, Chris. A different Approach to Inventory Management. In: *ABI/INFORM Global*, pp. 20-21 (2009).
45. Yao, Yuliang, Evers, Philip T., and Dresner, Martin E. Supply chain integration in vendor-managed inventory. In: *Decision Support Systems*, p. 672 (2005).
46. Yao, Yuliang, Dong, Yan, and Dresner, Martin. Managing Supply Chain Backorders under Vendor Managed Inventory: A Principal-Agent Approach and Empirical Analysis. *Anteproyecto*, p. 3 (2004).

47. Gardner, Daniel L. Lead Times, Incoterms and Vendor-Managed Inventories. In: <http://www.globalspec.com/reference/26785/203279/lead-times-incoterms-and-vendor-managed-inventories> (consulta: 28 de julio de 2010).
48. Sucky, Eric. A bargaining model with asymmetric information for a single supplier-single buyer problem. In: *European Journal of Operational Research*, p. 530 (2004).
49. Fry, Michael J., and Bichescu, Bogdan C. Vendor-managed inventory and the effect of channel Power. In: *OR Spectrum*, pp. 194-228 (2007).
50. Waller, Matt and Johnson, M. Eric. Vendor-managed Inventory in the Retail Supply Chain. In: *Journal of Business Logistics*, p. 16 (2001).