

## Modelos para la Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministro: Contexto Determinista e Incierto

Imma Ribas Vila<sup>1</sup>, Francisco Cruz Lario Esteban<sup>2</sup>, Ramon Companys Pascual<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Cataluña. Avda. Diagonal 647, 08028 Barcelona. imma.ribas@upc.edu, ramon.companys@upc.edu

<sup>2</sup> Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP), Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 8G, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia. fclario@omp.upv.es

### Resumen

*En la economía actual, el resultado de las empresas depende en gran medida del éxito con el que se gestione la colaboración en su Cadena de Suministro. La globalización actual ha permitido a las empresas tener centros de almacenaje y distribución, propios o subcontratados, que pueden estar dispersos geográficamente. La sincronización de los diversos agentes involucrados en la CdS, así como la relación que pueden establecer entre ellos requiere una Planificación Colaborativa con el fin de trabajar coordinados para poder satisfacer las exigencias de un mercado cada vez más competitivo. La planificación y, en particular, la elaboración de la extensión del Plan Maestro es un proceso complejo en el que influyen diversos factores. Para llevar a cabo el proceso de Planificación Colaborativa se debe crear un modelo que permita manejar todas estas variables. En esta comunicación se revisa y se clasifica la literatura referente a los modelos para la planificación colaborativa de la Cadena de Suministro\*.*

**Palabras clave:** Cadena Suministro, Planificación Colaborativa., Modelos

### 1. Introducción

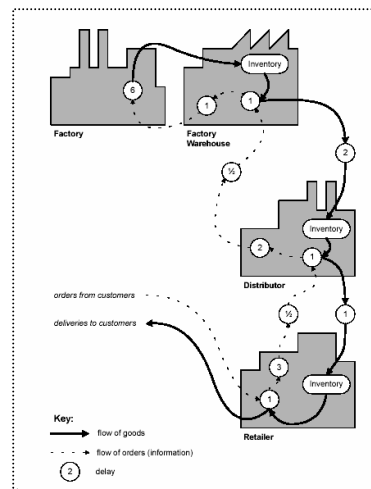
La globalización actual ha permitido a las empresas tener centros de almacenaje y distribución, propios o subcontratados, que pueden estar dispersos geográficamente y contar, al mismo tiempo, con proveedores en zonas alejadas provocando plazos de entrega más dilatados. La sincronización de los diversos agentes involucrados en la Cadena de Suministro (CdS), así como la relación que pueden establecer entre ellos requiere una Planificación Colaborativa entre los diferentes agentes con el fin de trabajar coordinados para satisfacer las exigencias de un mercado cada vez más competitivo.

El concepto de cadena de suministro ya aparece claramente en los trabajos de Forrester cuando sugirió que el éxito de las empresas dependía de la interacción entre el flujo de información, materiales, pedidos, dinero, mano de obra y equipos (Forrester, 1961), y declaró que la comprensión y control de estos flujos era el trabajo principal de la gestión. Forrester utilizó en sus experimentos de simulación, la cadena de la Figura 1, que es un modelo de cadena de suministro, compuesto por 4 niveles (fábrica, almacén, distribuidor y minorista).

---

\* Esta Comunicación es el resultado, entre otros, del trabajo realizado en el Proyecto, de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Generalitat Valenciana, GV04B438, "Planificación Colaborativa y Ayuda a la Toma de Decisiones en la GCdS".

A través de dichos experimentos estudió algunos de los efectos indeseados que el encadenamiento de etapas puede producir (en particular el del ahora llamado efecto *bullwhip*).



**Figura 1.** Cadena de suministro de Forrester (Forrester, 1961)

Según Companys (2005) la cadena de suministro (SC) es una red de organizaciones interrelacionadas que intervienen en diferentes fases del proceso productivo mediante actividades que pretenden añadir valor, desde el punto de vista del cliente, al producto, bien o servicio.

Para Standler (2005), la gestión de la cadena de suministro (SCM) es la tarea de integrar diferentes organizaciones a lo largo de toda la CdS coordinando el flujo de materiales, información y finanzas de forma que satisfaga la demanda de los clientes e incremente la competitividad.

## 2. Modelos para la Planificación Colaborativa de la Cadena de Suministro

La planificación colaborativa en la CdS puede desarrollarse a diferentes niveles. Sin ánimo de exhaustividad cabe señalar:

- A nivel diseño: planificación de la capacidad productiva y planificación del desarrollo del producto
- A nivel operaciones: planificación, cálculo de necesidades, programación, lanzamiento.

A nivel de operaciones la extensión del plan maestro (PM) juega un papel crucial ya que especifica las tasas de producción y de transporte de productos de forma que la demanda final pueda satisfacerse.

Para garantizar la viabilidad de los planes resultantes, es importante que cualquier decisión sea coherente con las demás y que cumpla con las principales limitaciones del sistema. Para mantener la coherencia es necesario tener en cuenta las interrelaciones entre los procesos individuales (el equilibrio de flujos según la ley de Kirchoff).

Las decisiones del PM normalmente están condicionadas con un objetivo económico. Chopra y Meindl (2001) definen que el PM debe satisfacer la demanda maximizando los beneficios de la empresa. Cuando toda la demanda se satisface, los ingresos quedan fijados y maximizar los beneficios equivale a minimizar los costes del suministro de la demanda. Existen otros

objetivos orientados a la utilización de recursos o a servir los pedidos a tiempo que pueden ser medidos mediante la minimización del retraso o la utilización de capacidad.

La planificación y, en particular, la elaboración del PM es un proceso complejo en el que influyen diversos factores tales como los costes relacionados con las compras, producción, inventario, distribución, transporte pudiendo además tener en cuenta ajustes de capacidad de producción, con sus costes asociados, o la posibilidad de tener demanda insatisfecha o diferida debiéndose de tener en cuenta los costes asociados a las ventas perdidas y a las entregas retrasadas. Para llevar a cabo el proceso de planificación se debe crear un modelo que permita manipular todas estas variables. El modelo es una representación de la realidad y no la realidad misma con lo que factores como la aleatoriedad, existentes en el entorno real, quedarán difícilmente reflejados. Además, el planificador necesitará una herramienta de trabajo que permita la explotación del modelo implementado. De todas las herramientas disponibles, la programación matemática suele ser una buena alternativa, y últimamente una de las más utilizadas, dada su flexibilidad.

Existen diferentes estudios en la literatura (Bourland *et al* (1996), Reiman *et al* (1998), Gavirneni *et al.* (1999), Cachon y Fisher (2000), Lee *et al* (2000)) que sugieren que la coordinación en las tareas de planificación entre los socios que forman parte de la cadena logística puede aportar beneficios substanciales. La cuestión radica en como conseguir esta coordinación. En la literatura se intenta dar respuesta a esta pregunta mediante tres enfoques diferentes: Coordinación a través de contratos, coordinación mediante sistemas multi-agentes y mecanismos de coordinación a través de modelos de programación matemática.

## **2.1. Coordinación mediante contratos**

En las cadenas de suministro formadas por diferentes socios, los contratos de suministro son el medio para regular la relación entre ellos. Los resultados obtenidos mediante decisiones independientes son, a menudo, peores de los que se pueden obtener desde una perspectiva global. Por esta razón, es natural examinar el efecto de los contratos de suministro en el comportamiento de los socios individuales para ajustar las condiciones de forma que las empresas se muevan hacia la obtención de los resultados globales.

### **2.1.1. Entorno determinista**

Monahan (1984) fue el primero en analizar como los incentivos de coste individuales conducían a resultados globales subóptimos en la CdS. Específicamente, considera un comprador con demanda determinista para un único producto que compra a un proveedor a un precio y coste de lanzamiento fijo. El proveedor, que tiene un coste de preparación de máquina fijo, inicia la fabricación de un lote cuando le llega una orden de compra. El comprador calcula su lote económico con los parámetros fijados. Este lote no es óptimo desde el punto de vista global ya que no tiene en cuenta el coste de preparación del fabricante. El lote "global", por tanto, es de mayor tamaño por lo que Monahan (1984) propone que el proveedor incentive al comprador con un descuento si compra lotes de, como mínimo, el tamaño de lote conjunto. Este artículo desencadenó otros artículos en los que los autores ampliaban el modelo inicial como por ejemplo el de Lee y Rosenblatt (1986) en el que eliminaron el supuesto de que la fabricación del proveedor era lote a lote obteniendo un problema más complejo, o el de Weng (1995) que considera el caso en que la demanda final es sensible al precio o la de Chen *et al* (2001) que considera un escenario con múltiples compradores y demanda sensible al precio.

En los casos anteriores se asume que la persona que diseña el contrato o el esquema de incentivos dispone de toda la información pero la situación cambia cuando no es así. Corbett y Groote (2000) tratan el problema de Monahan (1984) pero asumen que el comprador tiene un coste de lanzamiento despreciable y que el coste de posesión es desconocido por el proveedor. Sin conocer este coste el proveedor no puede calcular ni el tamaño de lote conjunto ni el descuento que puede ofrecer al comprador, por lo tanto el proveedor ofrece un “menú de contratos” con diferentes tasas de descuento y cantidades mínimas de pedido. Este menú se calcula estimando un intervalo del coste de posesión. Finalmente el comprador elige el esquema de descuento que descubre su coste de posesión. Aunque este esquema mejora el coste resultante no se puede garantizar el óptimo.

Corbett y DeCroix (2001) investigan contratos de colaboración entre comprador y proveedor de material indirecto. En los contratos de compra-venta habituales el proveedor gana por unidad vendida y, por lo tanto, no se siente motivado para ayudar al cliente a disminuir su consumo. Los contratos de colaboración, o de ahorro compartido, pretenden medir el esfuerzo del cliente y del proveedor, ahorro acumulado, y compartirlo entre ambas partes. Constan, normalmente, de una parte fija en concepto de servicio y una parte variable que depende del volumen consumido. En este estudio se interesan por funciones de ahorro en que la parte variable es lineal.

Corbett et al (2005) amplían el estudio de Corbett y DeCroix (2001) permitiendo funciones de ahorro no lineales.

### **2.1.2. Entorno con Incertidumbre**

El modelo básico en un contexto con incertidumbre es el problema del vendedor de periódicos, descrito por Arrow *et al* (1951) y Morse y Kimball (1951), que debe comprar el producto al proveedor en un contexto de demanda aleatoria. Si el vendedor no compra suficiente cantidad de producto pierde ingresos y ventas potenciales, en cambio si compra demasiada cantidad el excedente puede ser vendido por debajo del precio de mercado. Este modelo permite analizar diferentes formas de compartir riesgos entre los socios de la cadena de suministro. Un contrato que meramente pacte un precio de venta del fabricante al mayorista no lleva a un intento de coordinación, en cambio se pueden elaborar diferentes tipos de contrato que induzcan al vendedor a comprar una cantidad que se corresponda con el tamaño de lote global. En este sentido Lariviere (1999) discute como se puede llegar a la coordinación a través de forzar la cantidad de compra, posibilidad de devolución al proveedor, y a través de un esquema flexible de cantidades. Cachon (2001) muestra una visión general sobre condiciones contractuales para el problema del vendedor de periódicos así como varias extensiones.

Lee y Whang (1999) analiza una cadena de suministro más compleja que se asemeja a un sistema de inventario multi-echelon en serie con demanda final aleatoria. Cada socio compra a su proveedor inmediato y soporta costes de posesión de stock. Los pedidos se satisfacen cumplido el plazo de entrega o quedan pendientes de servir si no hay stock suficiente. La coordinación en este tipo de sistemas implica, también, compartir riesgos ya que el único socio que tiene un coste debido a la demanda de clientes insatisfecha es el que está al final de la cadena de suministro y los demás participantes no tienen ningún incentivo por acarrear con niveles de inventario más altos. Analizan como se puede implementar la política de control óptima desarrollada por Clark y Scarf (1960) desde la perspectiva de un planificador central, a través de un sofisticado esquema de incentivos.

## **2.2. Coordinación mediante sistemas multi-agentes**

La tecnología de agentes o sistemas multi-agente (SMA) está realizando importantes aportaciones en la resolución de problemas en diversos dominios. Es un nuevo paradigma en la construcción de aplicaciones informáticas en que los agentes son entidades autónomas, que pueden interactuar entre ellas, y que se responsabilizan de tareas en todo el sistema.

Desde el punto de vista de un sistema multi-agente, la cadena de suministro está compuesta por un conjunto de agentes (software), cada uno responsable de una o varias actividades y que interactúan entre ellos planificando y ejecutando sus funciones. Un agente es un proceso autónomo orientado a un objetivo que opera asincrónicamente, comunicándose y coordinándose con otros agentes.

Fox *et al* (2000), describen un sistema para modelar la CdS mediante agentes funcionales responsables, por ejemplo, de los pedidos de compra, de los transportes o de la programación.

Swaminathen *et al* (1998) desarrollan una biblioteca de software que contiene dos tipos de agentes: los agentes funcionales y los agentes de control. Los agentes funcionales incluyen elementos de producción (minoristas, centros de distribución, plantas, proveedores, etc.) y elementos de transporte. Los agentes de control (inventario, demanda, suministro, flujo y controles de información) son utilizados por los agentes funcionales como soporte en la toma de decisiones.

Shen y Norrie (1999) revisan el estado del arte de sistemas inteligentes de fabricación basados en agentes dedicando un apartado a la integración entre empresas y la gestión de la cadena de suministro.

Shen *et al* (2003) presentan los primeros resultados de su investigación sobre el desarrollo de sistemas de agentes colaborativos usando la tecnología de Internet y el lenguaje de programación Java. Proponen una arquitectura para sistemas de agentes colaborativos (CASA) y una infraestructura inicial, como enfoque general, para sistemas de agentes colaborativos basados en Internet.

## **2.3. Mecanismos de coordinación mediante Modelos de Programación Matemática**

En la literatura se proponen dos mecanismos de coordinación para la planificación mediante modelos de programación matemática: La planificación secuencial de arriba abajo (Top-Down) y la aproximación mediante relajación Lagrangiana.

Normalmente cuando se usan modelos de programación matemática para la creación del plan maestro de producción se adoptan algunas hipótesis, entre ellas la que todos los parámetros y variables son deterministas. Es evidente que en la realidad existe cierta aleatoriedad y que, por lo tanto, un modelo determinista no puede representar perfectamente una situación real (ciertas cosas que ocurren en la realidad no son explicables mediante modelos completamente determinista pero sí algo mejor con modelos aleatorios; la realidad no es ni determinista ni aleatoria, es la realidad). Además, los resultados obtenidos mediante modelos lineales sólo pueden ser significativos si la variabilidad existente está entre ciertos límites como apuntan Rodhe y Wagner (2002). Para usar esta técnica en un entorno incierto, el procedimiento estándar, utilizado en la literatura y en la práctica, se basa en la replanificación periódica en un horizonte “deslizante”. De esta forma, un plan que cubre T periodos se implementa

parcialmente hasta el periodo  $T^i$ , a partir de este periodo se realiza una nueva planificación con la información actualizada.

### 2.3.1 Planificación Top-Down

Este esquema de planificación, descrito por Bhatnagar et al (1993), representa el mecanismo más simple que se puede utilizar para coordinar la planificación a través de los diferentes dominios de planificación existentes en la cadena de suministro. La idea es planificar socio por socio y pasar las necesidades resultantes a los proveedores de niveles inferiores. Inicialmente, se planifica el primer nivel basándose en la previsión de las ventas. Los pedidos de compra que se derivan de esta primera planificación se comunican al proveedor. Si el proveedor tiene otro proveedor se repite el mismo (Figura 2).

Con este esquema de planificación se obtienen mejores resultados que mediante la planificación aislada por parte de cada uno de los socios ya que las planificaciones en los diferentes dominios son coherentes entre sí, y todas ellas, son coherentes con la previsión de ventas. Por lo tanto, se eliminan las ineficiencias debidas a la descoordinación de operaciones que provocan un alto nivel de inventario entre los dominios o la replanificación frecuente por desviaciones entre los pedidos y la previsión de ventas. Sin embargo, el mayor inconveniente es que cada dominio calcula su plan local óptimo, basado en la previsión de ventas o en los pedidos del nivel superior, sin tener en cuenta las consecuencias de las decisiones tomadas localmente. En este sentido los resultados conseguidos son peores que los que se obtendría mediante una planificación centralizada de toda la cadena de suministro.

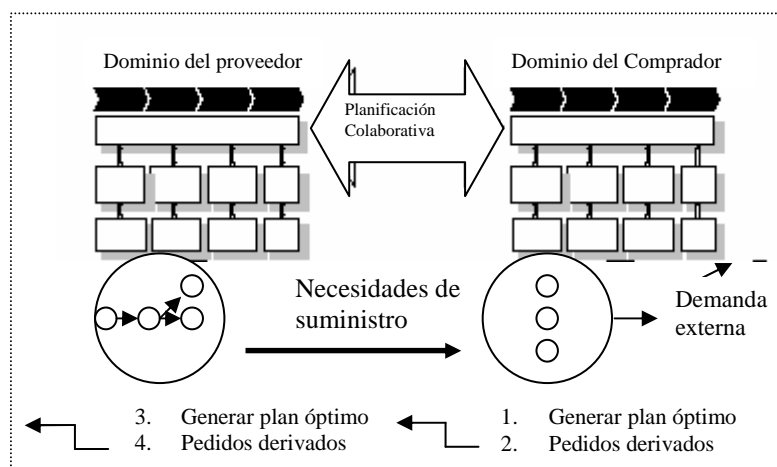


Figura 2. Esquema de planificación Top-down inspirado en Dudek y Stadtler (2005)

Simpson y Erengüç (2001) realizan un estudio computacional para cuantificar el nivel de sub-optimalidad en una CdS formada por 3 fases. En la primera fase considera varios minoristas que compran diferentes productos a un centro de distribución (fase 2). El centro de distribución se aprovisiona a través de diferentes proveedores (fase3). Las cantidades fijadas o los costes de preparación se equilibran con el coste de posesión de stock al final de periodo en todas las fases. Los costes de lanzamiento en los minoristas son los mismos si se ordena uno o varios productos. Simpson y Erengüç (2001) modelaron esta situación como un problema de tamaño de lote multinivel creando diferentes escenarios de prueba con variaciones en los parámetros de coste y demanda. Los resultados obtenidos muestran que la diferencia entre la planificación de arriba abajo y la centralizada es en promedio del 14,1% pero también muestra que mediante el primer tipo de planificación se suelen obtener soluciones aceptables.

Dado que la planificación top-down se puede implementar fácilmente pero los resultados obtenidos son sub-óptimos desde el punto de vista de la cadena global, algunos autores proponen ampliaciones para mejorar la calidad de los resultados. Dudek y Stadler (2005) proponen un esquema de planificación colaborativa formada por dos fases que interaccionan mutuamente mejorando los resultados de la planificación. La primera fase implica una planificación top-down como la propuesta por Bhatnagar et al (1993) y una segunda fase con un esquema de negociación para la planificación colaborativa que propone una modificación en las cantidades pedidas/suministradas a/para los socios, que contribuye a una mejora en la solución global, como propuesta de negociación. El proceso de negociación se puede visualizar en la Tabla 1 que contiene los 4 primeros periodos de un patrón pedidos/suministro. Las cantidades son valores acumulados desde el periodo 1 hasta el periodo  $t$ .

**Tabla 1.** Ejemplo de proceso de negociación (Dudek y Stadler (2005))

Intercambio Datos	Periodo artículo	1	2	3	4	Coste Comprador	Coste Proveedor	Coste Total
$B \rightarrow S$	1	168	230	363	397	98,667	129,574	228,241
	2	77	239	239	375			
	3	247	347	548	650			
$S \rightarrow B$	1	<b>122</b>	<b>363</b>	<b>397</b>	397	102,727	120,122	222,849
	2	<b>239</b>	239	239	431			
	3	247	<b>299</b>	548	650			
$B \rightarrow S$	1	<b>95</b>	363	<b>363</b>	<b>426</b>	100,679	120,459	221,038
	2	77	239	239	<b>404</b>			
	3	247	<b>347</b>	548	650			
$S \rightarrow B$	1	95	<b>397</b>	<b>397</b>	<b>397</b>	105,451	106,228	211,679
	2	77	<b>404</b>	<b>404</b>	404			
	3	<b>347</b>	<b>442</b>	<b>442</b>	<b>869</b>			

En la parte superior observamos las cantidades solicitadas por el comprador al proveedor basadas en su plan óptimo local. Si el proveedor satisface este patrón de pedidos incurre en un coste de 129,574 unidades monetarias (u.m.) i el coste total de la cadena de suministro es de 228,241 u.m. Basándose en este resultado el proveedor propone unas nuevas cantidades al comprador mostradas en la segunda sección de la Tabla 1 (las cantidades mayores a las solicitadas en negrita y las inferiores, en cursiva y negrita). Las modificaciones propuestas representan un ahorro de 9500 u.m. para el proveedor. El comprador calcula su nuevo coste si acepta este patrón de entregas y comprueba que le supone un incremento de 4000 u.m. aunque supone un coste de 5500 u.m. para el coste global de la cadena. A continuación, el comprador propone unas nuevas cantidades entre las propuestas inicialmente y las modificadas por el proveedor que le suponen un ahorro de 2100 u.m. pero un incremento para el proveedor de 300 u.m. Estas nuevas cantidades suponen un ahorro de 1800 u.m. para el coste global. Siguiendo las iteraciones, el proveedor sugiere unas nuevas cantidades que suponen un ahorro significativo. Como la función objetivo no es estrictamente convexa pueden existir óptimos locales desde los que, un procedimiento del gradiente no puede alcanzar el mínimo global. Por consiguiente, un procedimiento sistemático que acepte, en virtud de ciertas reglas, pasar por posiciones peores que algunas ya alcanzadas puede llegar a mejores soluciones finales. En este sentido los autores implementan una regla de aceptación, parecida a la empleada en el recocido simulado con su temperatura descendiente, para soluciones peores que la solución en curso. Para que el comprador acepte el juego, dado que su coste aumentará, el proveedor

deberá ofrecerle un descuento adicional que compense su incremento de coste si los planes acordados se cumplen.

El esquema anterior sólo se puede implementar si los socios intercambian tanto las cantidades pedidas/suministradas como los efectos en el coste que provocan las modificaciones. Esto implica una confianza y compromiso entre ellos.

### 2.3.2 Aproximación mediante relajación Lagrangiana

Para optimizar la planificación en una cadena de suministro formada por N socios mediante programación matemática, desde una perspectiva de planificación centralizada se debe considerar un único modelo que cubra los N dominios de planificación. Este modelo consiste en una función objetivo, N restricciones pertenecientes a los dominios individuales, y un conjunto de restricciones que unen los diferentes dominios a través de ecuaciones de balance. El modelo descrito puede implicar resolver un problema de gran dimensión que, puede llegar a ser intratable. Normalmente, en investigación operativa, se intenta abordar la resolución de un problema de gran tamaño a través de la descomposición y resolución de subproblemas de dimensión reducida.

Una forma estándar de descomponer el modelo original es a través de la técnica llamada relajación Lagrangiana que elimina las restricciones que unen los diferentes dominios de planificación del conjunto de restricciones y las añade a la función objetivo. En forma matemática, se añade el término  $\lambda(A_i X - B_i)$  donde  $\lambda$  es un vector o multiplicador de Lagrange  $\lambda_i$ . Sin las restricciones que unen los dominios de planificación, el problema queda dividido en N subproblemas que pueden resolverse individualmente. Dado que las soluciones óptimas dependen de  $\lambda_i$ , estos valores se pueden utilizar para coordinar las soluciones de los submodelos. Esto se consigue mediante un procedimiento iterativo donde, dado un valor de  $\lambda_i$ , se analiza si se viola alguna de las restricciones relajadas que, en caso afirmativo, provoca un ajuste del valor de los parámetros. Si el modelo contiene variables binarias el método iterativo puede presentar dificultades para encontrar soluciones globalmente factibles y se suele proceder a métodos heurísticos para “arreglar” soluciones obtenidas que preserven la factibilidad.

Barbarosoglu y Özgür (1999) y Ertogral y Wu (2000) desarrollan procedimientos de relajación Lagrangiana para coordinar la planificación a través de los dominios individuales.

### Referencias

- Arrow, K.A.; Harris, T.E.; Marschak, J. (1951). Optimal inventory policy. *Econometrica*. Vol. 19, pp. 250–272.
- Barbarosoglu, G.; Özgür, D. (1999). Hierarchical design of an integrated production and 2-echelon distribution system. *European Journal of Operational Research*. Vol. 118, pp. 464-484
- Bhatnagar, R.; Chandra, P.; Goyal, S.K. (1993). Models for multi-plant coordination, *European Journal of Operacional Research*. Vol. 67, pp. 141-160
- Bourland, K.E.; Powell, S.G.; Pyke, D.F. (1996). Exploiting timely demand information to reduce inventories. *European Journal of Operational Research*. Vol. 92, pp.239-253
- Cachon, G.P.; Fischer, M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information. *Management Science*. Vol. 46, No. 8, pp.1032-1048



- Cachon, G.P. (2001). Supply Chain coordination with contracts. *Working Paper*. The Wharton School of Business. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Chen, F.; Federgruen, A.; Zheng, Y.S. (2001). Coordination mechanisms for a distribution system with one supply and multiple retailers. *Management Science*. Vol. 47. No. 5, pp.693-708.
- Chopra, S.; Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management – Strategy, Planning, and operation*. Upper Saddle River.
- Clark, A.J.; Scarf, H. (1960). Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management Science*. Vol. 6, pp. 475-490.
- Companys, R. (2005). Diseño de sistemas productivos y logísticos. EPSEB-UPC.
- Corbett, C.J.; Groote, X. (2000). A supplier's optimal quantity discount policy under asymmetric information. *Management Science*. Vol. 46, No. 3, pp. 444-450
- Corbett, C.J.; DeCroix, G.A. (2001). Shared-Savings contracts for indirect materials in supply chains: channel profits and environmental impacts. *Management Science*. Vol. 47, No. 7, pp. 881-893.
- Corbett, C.J.; DeCroix, G.A.; Ha., A.Y. (2005). Optimal shared-savings contracts in supply Chains: linear contracts and double moral hazard. *European journal of Operational Research*. Vol. 163, pp. 653-667
- Dudek, G.; Stadler, H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operational Research*. Vol. 163, pp. 668-687.
- Ertogral, K.; Wu, S.d. (2000). Auction-theoretic coordination of production planning in the supply Chain. *IIE Transactions*. Vol. 32, No. 10, pp. 931-940.
- Forrester, J.W., (1961). *Industrial Dynamics*, Portland (OR): *Productivity Press*
- Fox, M.S.; Barbuceanu, M.I.; Rune, T. (2000). *The international journal of flexible manufacturing systems*. Vol. 12, pp. 165-188.
- Gavirneni, S.; Kapuscinski, R.; Sridher, T. (1999). Value of information in capacitated supply chains. *Management Science*. Vol. 45, No. 1, pp. 16-24.
- Lariviere, M.A., (1999), Supply Chain contracting and coordination with stochastic demand. *Quantitative Methods for Supply Chain Management*. Eds, Tayur, S.; Ganeshan, R.; Magazine, M., Kluwer Academia Publishers, Norwell, M.A.
- Lee, H.; Whang, S. (1999). Decentralized multi-echelon supply chains: incentives and information. *Management Science*. Vol. 45, No. 5, pp.633-640.
- Lee, H.L.; Kut, C.S.; Tang, C.S. (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management Science*. Vol. 46, No. 5, pp. 626-643.
- Monahan, J.P. (1984). A quantity discount pricing model to increase vendor profits. *Management Science* Vol. 36, No. 6, pp. 720-726.
- Morse, M.P.; Kimbal, G.E. (1951). *Methods of operations research*. MIT Press. Cambridge, MA.
- Reiman, M.I.; Wein, L.M.; Chen, F. (1998). Echelon reorder points, installation reorder points and the value of centralizad demand information. *Management Science*. No. 44, Vol. 2, pp. 693-708.
- Rodhe, J.; Wagner, M. (2002). Master Planning. In Stadler, H.; Kilger, C. (Eds.) *Supply Chain Management and advanced planning*. 2<sup>nd</sup> Ed. Berlin pp. 143-160.
- Simpson, N.C.; Erengüc, S.S. (2001). Modeling the order picking function in supply chain systems: formulation, experimentation, and insights. *IIE Transactions*. Vol. 33, pp. 119-130.
- Shen, W.; Norrie, D.H.(1999). Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-Art Survey. *Knowledge and Information Systems, an International Journal*. Vol. 1, No. 2, pp. 129-156.

Shen, W.; Kremer, R.; Ulieru, M.; Norrie, D.A. (2003). Collaborative agent-based infraestructura for Internet-enabled collaborative enterprises. *Internacional Journal of Production Research*. Vol. 41, No. 8, pp.1621-1638

Stadler, H., (2005). Supply chain management and advanced planning-basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*. Vol. 163, pp. 575-588

Weng, Z.K. (1995). Channel coordination and quantity discounts. *Management Science*. Vol. 41, No. 9, pp.1509-1522

Swaminathan, J.M.; Smith, S.F.; Sadeh, N.M. (1998). Modeling Supply Chains Dynamics: A multiagent approach. *Decision Science*. Vol. 29, No. 3, pp. 607-632