

Estado del arte de la planificación de la producción para la contratación de producción a proveedores industriales en una Cadena de Suministro*

José-Luis Calderón Lama¹, Jose P. García-Sabater², Francisco-Cruz Lario³

¹ Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). UPV. Camino de Vera s/n, Edificio 8G - Ingreso D - Nivel 1. Valencia. jocalla@doctor.upv.es y Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura. Av. Ramón Mugica 131 – Piura – Perú. jcaldero@udep.edu.pe

² ROGLE. Departamento de Organización de Empresas Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia. España. jpgarcia@omp.upv.es

³ Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). UPV. Camino de Vera s/n, Edificio 8G - Ingreso D - Nivel 1. Valencia. fclario@omp.upv.es

Resumen

Este documento muestra una revisión de la bibliografía sobre planificación táctica de la producción en el contexto de la Cadena de Suministro. El objetivo es revisar los distintos modelos propuestos e identificar los aportes que serían útiles para la planificación táctica de la producción de artículos de innovación (como son los productos de moda de una sola temporada) con procesos establecidos (con tecnología conocida y dominada), demanda incierta y dos o más alternativas de aprovisionamiento con dos o más niveles de materiales (lista de materiales).

Palabras clave: Planificación de la Producción, Planificación Táctica, Cadena de Suministro

1. Introducción

Actualmente, las cadenas de suministro abarcan empresas en distintos países, que planifican y coordinan sus capacidades (de producción, almacenamiento, transporte, etc.) para brindar al mercado productos en el tiempo, cantidad, variedad y coste adecuados. Esto obliga a planificar la producción abarcando dos o más niveles (montaje final, submontaje, fabricación de componentes, etc.) en dos o más empresas ubicadas en distintos países.

La planificación de la Cadena de Suministro (CS) se da en tres niveles: Estratégico, Táctico y Operativo (Shapiro (1998), Chopra y Meindl (2001), Van Landeghem y Vanmaele (2002)). Fleischmann et al. (2005) y Stadtler (2005) clasifican las tareas de planificación de acuerdo al horizonte de planificación y la importancia de las decisiones, en: planificación de largo plazo, planificación de medio plazo y planificación de corto plazo.

La matriz de planificación de la CS clasifica las tareas de planificación en dos dimensiones “horizonte de planificación” y “proceso de la CS”. La Tabla 1 muestra las tareas típicas que

* Este trabajo proviene de la participación de los autores en el proyecto de investigación de “Metodología Jerárquica en Contexto de Incertidumbre en la Planificación Colaborativa de la Cadena/Red de Suministro-Distribución. Aplicación al Sector Cerámico” (DPI2004-06916-CO2-01).

ocurren en la mayoría de las cadenas de suministro. Las tareas de largo plazo están incluidas en un solo rectángulo para mostrar el carácter integrador de la planificación Estratégica.

Tabla 1. La matriz de planificación de la CS (Fleischmann et al., 2005)

Horizonte de Planificación	Procesos de la CS			
	Aprovisionamiento	Producción	Distribución	Ventas
Largo Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de materiales • Elección de proveedores • Cooperación 	<ul style="list-style-type: none"> • Localización de plantas • Sistema de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura física de la distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de producto • Planificación estratégica de ventas
Medio Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de personal • MRP • Contratos 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan Maestro de Producción • Planificación de la capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de la distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de ventas de mediano plazo
Corto Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Programación de personal • Pedidos de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de lotes • Programación de máquinas • Control en planta 	<ul style="list-style-type: none"> • Reposición de inventarios • Programación del transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Programación de ventas de corto plazo

Este documento muestra una revisión de la bibliografía sobre planificación en el medio plazo; por lo tanto abarca los artículos que se refieren esencialmente al Plan Maestro de Producción (PMP) y que pueden comprender también la Planificación de la Capacidad Aproximada (PCA) y/o la Planificación de la Distribución (PD). Sin embargo, como el objetivo es la evaluación de alternativas de suministro de productos innovadores con ciclo de vida corto, también comprende los modelos que abarcan dos o más etapas de la cadena de suministro (proveedores, fabricantes, etc.) pero sin entrar en los detalles de la planificación operativa (de corto plazo).

El resto del trabajo se organiza como sigue, en el segundo apartado se presentan los trabajos encontrados separados en dos grandes grupos: modelos deterministas y modelos con incertidumbre. En el tercer apartado se muestran los modelos seleccionados y sus aportes. Las conclusiones se incluyen en el cuarto apartado de este estudio.

2. Modelos para la planificación táctica de la producción

2.1. Modelos deterministas

Arntzen et al. (1995) presentan un modelo para la planificación de la producción y distribución de una red de suministro, con un enfoque estratégico-táctico, para ayudar a definir la configuración de una cadena de suministro multiproducto, multinivel, multiperiodo, multiplanta y multicliente. El modelo es un programa lineal entero mixto (PLEM) muy grande y para resolverlo usan restricciones elásticas, factorización de filas, enumeración de ramificación restringida (*constraint-branching enumeration*) y solución en cascada.

Baykasoglu (2001) formula un modelo de Planificación Agregada (PA) con múltiples objetivos como programa de metas preferentes (*pre-emptive goal-programming*) y lo resuelve mediante un algoritmo de búsqueda tabú especialmente desarrollado para objetivos múltiples.

Goetschalckx et al. (2002) proponen dos modelos para reducir costes en las redes de suministro determinando la asignación táctica de la producción y distribución. Su primer modelo se enfoca en establecer los precios de transferencia en una CS global con el objetivo de maximizar el beneficio después de impuestos. Su segundo modelo se enfoca en la localización de la producción y distribución dentro de un país con demanda estacional. Este modelo es un PEM grande que necesita de algún método para ser resuelto. Los autores han desarrollado un método de descomposición primal que permite la separación de las decisiones de producción y transporte. El modelo es multiproducto, multiperiodo (considera tres estaciones al año de distinta duración), multietapa y multimáquinas.

Lee et al. (2002) proponen un enfoque híbrido combinando la programación lineal con la simulación para solucionar problemas de producción-distribución de nivel táctico-operativo en la cadena de suministro. Consideran el problema de producción-distribución multietapa, multiperiodo, multiproducto, multinivel y multitaller. El resultado del modelo de programación lineal es usado en el modelo de simulación para comprobar si con las políticas operativas reales se puede cumplimentar las entregas. Si esto es posible, el modelo analítico es el óptimo, si no, las capacidades de las máquinas (varias máquinas en cada taller) y de distribución del modelo analítico son ajustadas siguiendo un proceso específico propuesto, desarrollado por separado, que incluye las características de producción y distribución.

Jackson y Grossmann (2003) proponen un modelo de programación no lineal multiperiodo, para la planificación de la producción y distribución de plantas continuas multiproducto multilocalizadas. Las condiciones de operación y propiedades claves forman parte de las variables del modelo. Dado el tamaño del problema, usan descomposición lagrangiana y comparan la descomposición espacial (entre fábricas y mercados) con la descomposición temporal (por periodos).

Wang y Liang (2004) han desarrollado un modelo de programación lineal multiobjetivo difuso *-fuzzy-* (PLMOF) para resolver el problema de Planificación Agregada multiproducto. El modelo minimiza el coste total considerando el valor del dinero en el tiempo. Plantean un programa lineal con tres objetivos separados y lo convierten en PLMOF usando la función de membresía lineal por partes de Hannan (1981) para representar las metas *fuzzy* del decisor en el modelo, junto con el operador mínimo de conjuntos difusos de Bellman y Zadeh (1970). Además hacen análisis de sensibilidad (mediante escenarios) con variaciones en: valor del dinero, coste de producción unitario, coste de inventario y costes de contratación y despido.

Gomes da Silva et al. (2006) han hecho un modelo de PLEM con objetivos múltiples para tratar el problema de PA de la producción. Se centran en la planificación de mano de obra por especialidad, considerando contratación/despido, horas extra, entrenamiento y subcontratación; además consideran que no se puede despedir personal contratado en menos de t meses y sólo se puede despedir una fracción del que se contrató antes. Los objetivos son: maximizar el beneficio, minimizar las entregas retrasadas y minimizar los cambios en el nivel de fuerza laboral. El modelo se resuelve con un programa comercial de programación lineal.

Chern y Hsieh (2007) proponen un algoritmo heurístico multiobjetivo para resolver problemas de planificación táctica de una red de suministro multiproducto (de múltiples proveedores, fabricantes, subcontratistas, distribuidores y detallistas). El modelo pretende minimizar: los costes de entregas retrasadas, el uso de capacidad subcontratada y los costes de materiales, proceso, transporte e inventario. El modelo ordena las demandas y para cada demanda determina el árbol (cadena de suministro) de menor coste de producción dentro de los límites de su plazo de entrega. Luego calcula la capacidad máxima de este árbol para el caso “sin retrasos” y evalúa si tener o no tener retrasos, compara los resultados y asigna las capacidades a todos los nodos del árbol elegido. Si el árbol de mínimo coste de producción no tiene capacidad disponible, ajusta la red y busca un nuevo árbol. Afirman que emplean una metaheurística para resolver el problema pero no dicen cuál.

Sargut y Romeijn (2007) consideran la relación proveedor-fabricante desde el punto de vista del proveedor con las decisiones de producción, inventario, transporte, retraso de entregas y subcontratación. Presentan varios algoritmos de programación dinámica para resolver problemas determinísticos NP-difíciles (*NP-hard*) con/sin límites de capacidad, entregas diferidas y subcontratación.

Leung y Ng (2007a) estudian el problema de planificación táctica de la producción para productos perecederos (con demanda centrada en una sola época del año). Aplican el concepto de aplazamiento (*postponement*) y consideran dos alternativas a la vez: la producción directa (producir todo el producto de una vez) y la producción de componentes para almacenarlos y hacer el ensamble final posteriormente. Proponen un modelo con múltiples objetivos como programa de metas preferentes. Los objetivos son jerarquizados (estableciendo prioridades entre los tres objetivos) y se optimiza la diferencia respecto de un valor meta preestablecido. El modelo considera que la capacidad se puede variar en cada periodo usando horas extra, despido y contratación de personal (con coste mayor a medida que se acerca la temporada alta). Como la demanda prácticamente desaparece luego de la temporada alta, el coste de entregas diferidas varía en los distintos periodos aumentando mucho en los últimos. Se resuelve mediante un PLEM.

Liang (2008) presenta un modelo de programación lineal multiobjetivo *fuzzy* para resolver problemas de planificación de producción y transporte integrados. El modelo propuesto intenta minimizar simultáneamente los costes totales de producción y transporte, el número total de ítems rechazados y el tiempo total de envío, considerando cuotas flexibles (cantidad de producto de cada fábrica a cada distribuidor por periodo), el presupuesto en cada fábrica y, las áreas de almacén y previsión de la demanda de cada centro de distribución. Usa el concepto de decisiones *fuzzy* de Bellman y Zadeh (1970) y el método de programación *fuzzy* de Zimmermann (1978) para convertir el modelo original multiobjetivo *fuzzy* en un programa lineal equivalente. Lo resuelve mediante programación lineal.

2.2. Modelos con incertidumbre

Mula et al. (2006) presentan una amplia revisión de artículos de planificación de la producción bajo incertidumbre de nivel estratégico, táctico y operativo, publicados entre 1983 y 2004. No se ha encontrado en su relación ningún artículo que contribuya al objetivo del presente estudio. En este informe se presentan artículos no comprendidos en su revisión.

Escudero et al. (1999) enfrentan el problema de planificación bajo incertidumbre en la demanda del producto final, en el coste de aprovisionamiento de los componentes y en el tiempo de entrega. Para tratar la incertidumbre usan un análisis de escenarios de dos etapas basado en un enfoque de cambio parcial de plan (*partial recourse*) usando el principio de no anticipación.

Barbarosoglu, G. (2000) plantea un modelo de programación entera mixta (PEM) con relaciones no lineales para la PA conjunta entre un proveedor y M fabricantes considerando la demanda de componentes incierta pero modelándola como distribución normal. Emplea un algoritmo metaheurístico basado en los principios de recocido simulado y búsqueda tabú para resolver el modelo pero no explica la metaheurística en su artículo.

Van Landeghem y Vanmaele (2002) usan simulación de Monte Carlo para la planificación robusta a nivel táctico con incertidumbre de tiempos de proceso, capacidades, número de artículos defectuosos, precios, demanda, etc. Realizan muchas ejecuciones para diferentes escenarios y comparan los resultados con los niveles deseados (por ejemplo nivel de servicio, costes totales, etc.). No describen los detalles del modelo.

Chen y Lee (2004) presentan un modelo de planificación de la producción con demanda incierta y precios difusos. Desarrollan un programa no lineal entero mixto con múltiples objetivos. Abarcan una CS de fábricas, distribuidores, detallistas y clientes. Aplican un método de optimización *fuzzy* de dos etapas. En la primera fase usan el operador mínimo (*t-norm min*) para agregar el grado de satisfacción de todos los objetivos. En la segunda fase emplean el operador de producto (*t-norm product*) que maximiza el objetivo general tipo Nash con una satisfacción mínima garantizada para todos los objetivos *fuzzy*. Para tratar la demanda incierta consideran siete escenarios de demanda con sus probabilidades de ocurrencia.

Wang y Liang (2005) presentan un modelo de programación lineal posibilista (*fuzzy*) interactivo para resolver el problema de Planificación Agregada con demanda, costes de operación y capacidad imprecisos. La imprecisión en la demanda y en la capacidad de producción (mano de obra) es convertida en un número mediante el método de peso ponderado propuesto por Lai y Hwang (1992). La imprecisión en los coeficientes tecnológicos (hrs-maq/producto) y la capacidad de las máquinas es tratada mediante el concepto de orden difuso (*fuzzy ranking*) empleado por varios investigadores entre los cuales está Lai y Hwang (1992). Para los costes de operación imprecisos también usan la distribución de posibilidad triangular.

Chen (2006) estudia los problemas de planificación de la producción grandes con demanda estocástica (con distribución de probabilidad conocida). Formula un modelo “*open-loop*” considerando la satisfacción de un determinado nivel de servicio. Luego usa un enfoque de relajación Lagrangiana (aplicado sólo a las restricciones técnicas de preparación –*setup*) y, para resolverlo, aplica un método de linearización parcial mientras los multiplicadores de Lagrange son actualizados empleando un algoritmo de búsqueda local basado en una modificación del algoritmo simplex.

Aliev et al. (2007) presentan un modelo de Planificación Agregada de producción y distribución que hace frente a demanda y capacidades inciertas, y otros factores que

introducen incertidumbre en la solución. El modelo está formulado con función objetivo, variables de decisión y restricciones *fuzzy* y resuelto mediante un algoritmo genético. Realizaron experimentos con diferentes valores de nivel de servicio e identificaron entre 0.90 y 0.95 el valor más deseable del límite inferior del nivel de servicio (en el intercambio entre coste y satisfacción de la demanda).

Leung y Ng (2007b) modelan y analizan el proceso de planificación de la producción para productos perecederos (el mismo problema que exponen en su artículo de 2007a) pero con incertidumbre de demanda y con el objetivo de minimizar el coste total. Consideran el aplazamiento (*postponement*) con las mismas alternativas. Usan programación estocástica de dos etapas con cambio de plan (*recourse*), no permiten entregas diferidas (*backorders*) y penalizan el plan con coste de escasez (*under-fulfillment*). Para tratar la demanda usan cuatro escenarios con sus respectivas probabilidades, y agregan finalmente un análisis de sensibilidad a los cambios en los costes de escasez. Los autores muestran que en todos los casos (diferentes escenarios y distintos costes de escasez) es preferible el plan de producción con aplazamiento al plan de producción sin él, y que el ahorro es mayor cuanto mayor es la demanda y cuanto mayor es el coste de escasez.

Peidro et al. (2007) proponen un modelo para la planificación táctica de la CS bajo incertidumbre de suministro, proceso y demanda. Formulan el problema como un PLEM difuso donde los datos son inciertos y son modelados mediante números fuzzy triangulares. El modelo fuzzy provee planes de decisión alternativos con diferentes grados de posibilidad. Prueban su modelo usando datos de una cadena de suministro real del automóvil. Esta aplicación usa un horizonte de planificación rodante de 17 semanas, con un solo producto final y sus componentes (dos niveles en la Lista de Materiales). Muestran los resultados (coste total, nivel de servicio, etc.) para distintos niveles de corte.

3. Modelos seleccionados

De los modelos anteriores, se ha elegido seis que serían útiles para la planificación táctica de la producción de productos innovadores con ciclo de vida corto para la evaluación de alternativas de suministro. Sus características se muestran en la Tabla 2 y sus aportes específicos a este fin son los siguientes:

Arntzen et al. (1995) considera los costes de importación (diferentes impuestos y casos de devolución de impuestos), diferentes modos y cantidad mínima de transporte, el uso de distintas tecnologías de fabricación, uso de tiempos de actividad (*weighted activity time*) y coste de inventario en transporte. El objetivo es minimizar el coste total, el tiempo total o una combinación de ambos.

Lee et al. (2002) consideran entregas diferidas y escasez (tanto de materiales como de productos terminados), costo de compra de materias primas, tres niveles en su lista de materiales y venta de subensambles; además, despacho a detallistas desde almacén de la fábrica y desde los centros de distribución (CDs), todos los tiempos de transporte y capacidades de los almacenes (fábrica, CDs y detallistas).

Chern y Hsieh (2007) consideran nodos de 5 tipos (proveedores, fabricantes, subcontratistas (SC), distribuidores y detallistas), transportes, límites de capacidad por nodo/ítem/periodo, entregas diferidas y, sobre todo, evalúan distintas alternativas de proveer el mismo producto terminado.

Barbarosoglu (2000) considera las condiciones de contrato entre fabricante y proveedor: los primeros tres meses el pedido es fijo, los siguientes meses el pedido es indicativo con tasas máximas de variación que aumentan a medida que el mes futuro es más lejano. Se resuelve repitiendo el PEM cada mes (*rolling horizon*), agregando el siguiente cuarto mes al pedido fijo y actualizando los pedidos indicativos de los siguientes meses. Usa nivel de servicio.

Leung y Ng (2007b) consideran productos con demanda centrada en una sola época del año y aplican el concepto de aplazamiento; analizan dos alternativas: la producción directa (fabricar producto de una vez) y la producción en dos etapas (primero fabricar componentes para almacenarlos y luego hacer el ensamble final). Consideran horas extra y, de los seis artículos elegidos es el único que tiene contratación/despido y coste de MOD. Además los costes de escasez y de contratación/despido aumentan a medida que se acercan a la temporada alta.

Peidro et al. (2007) consideran nodos con las funciones de producción, almacén, suministro, aprovisionamiento, todas ellas o sólo algunas. Consideran incertidumbre de suministro, proceso y demanda, y modelan los parámetros mediante números *fuzzy* triangulares. Usa un horizonte de planificación rodante. Es el único de los seis artículos que considera tiempo ocioso

Tabla 2. Modelos seleccionados (elaboración propia)

Arntzen et al. 1995	Lee et al. 2002	Chern y Hsieh 2007	Barbarosoglu 2000	Leung y Ng 2007b	Peidro et al. 2007
------------------------	--------------------	-----------------------	----------------------	---------------------	-----------------------

Objetivo	Multiobj	Min CT	Multiobj	Max benef	Min CT	Min CT
----------	----------	--------	----------	-----------	--------	--------

Tareas de planificación	PMP	PMP-PCA-PD	PMP-PD	PMP	PMP-PCA	PMP-PCA-PD
-------------------------	-----	------------	--------	-----	---------	------------

Modelo	PLEM	PL y Sim	PL	PEM no lineal	PLEM	PLEM Fuzzy
Método de resolución	4 métodos	PL y Simulación	Algoritmo heurístico	Recocido simulado y búsqueda tabú	Programación Estocástica de dos etapas	PLEM
Horizonte rodante	-	-	x	x	-	x

Incertidumbre de	Nada	Nada	Nada	Demanda	Demanda	Demanda, proceso y suministro
Procedimiento	-	-	-	Dist Normal	Escenarios	Fuzzy

Estructura	Red	Red	Red	Cadena	Empresa	Red
Etapas*	P-F-D-C	F-D-C	F-SC-D	Prov-Fab	Fabricante	P-F-D-C
Productos	n	n	n	1	n	n
Periodos	n	n	n	24	n	n
Niveles	n	3	3	2	2	n
BOM	x	x	x	-	-	x

Costes

Escasez	-	x	-	x	x	-
Inventario almacenes	x	x	x	x	x	x
Inventario transportes	x	-	-	-	-	-
Inventario de WIP	x	x	-	-	-	-
Set-up	x	-	-	x	x	-
Producción (variable)	x	x	x	x	x	x
Producción (fijo)	x	-	-	-	-	-
Materias Primas	-	x	x	-	-	x
Instalación (fijo)	x	-	-	-	-	-
Instalación (variable)	x	-	-	-	-	-
Transporte	x	x	x	-	-	x
Stock de seguridad	x	-	-	-	-	-
Entregas diferidas	-	x	x	-	-	x
Contratación/despido y MOD	-	-	-	-	x	-

Tabla 2: Continuación

Arntzen et al.	Lee et al.	Chern y Hsieh	Barbarosoglu	Leung y Ng	Peidro et al.
1995	2002	2007	2000	2007b	2007

Capacidad

Plantas (máxima)	x	x	x	x	x	x
------------------	---	---	---	---	---	---

Plantas (mínima)	x	-	-	-	-	x
Almacenes	x	x	x	-	x	x
Proveedores	x	-	x	-	-	x
Máquinas o líneas	x	x	-	-	x	-
Transporte	x	-	x	-	-	x
Horas extra	-	-	-	-	x	x
Subcontratación	-	-	x	-	-	-
Tiempo ocioso	-	-	-	-	-	x

Nivel de servicio	-	-	-	x	-	-
-------------------	---	---	---	---	---	---

Tiempos

de producción	x	x	-	-	x	x
de transporte	x	x	x	-	-	x
de set up	x	-	-	-	-	-

Modos transporte	x	-	-	-	-	-
------------------	---	---	---	---	---	---

Demanda externa

Producto final	x	x	x	x	x	x
Subensambles	x	x	-	-	-	-

*P-F-SC-D-C: Proveedores-Fabricas-Subcontratistas-Distribuidores-Clientes (Detallistas).

n = número elevado de productos o periodos o niveles en el modelo matemático.

La Tabla, en Excel, de todos los modelos de esta revisión, se puede proporcionar a quienes la soliciten al primer autor de este artículo.

4. Conclusiones

Siete de los artículos revisados plantean modelos multiobjetivo con distintas técnicas de resolución. Once artículos proponen modelos deterministas y nueve con incertidumbre. Sólo un artículo (Chen y Lee, 2004) considera incertidumbre y múltiples objetivos a la vez.

Seis de los artículos consideran la teoría posibilista e incorporan en sus modelos las operaciones de conjuntos difusos tanto para tratar los objetivos como para tratar la

incertidumbre de los parámetros. De estos modelos, dos la aplican sólo a los objetivos y cuatro tanto a los objetivos como a los parámetros (demanda, costes, capacidades, tiempos, etc.); todos estos artículos fueron publicados entre 2004 y 2008.

Ninguno de los modelos encontrados considera el caso de productos innovadores, con ciclo de vida corto, incertidumbre en la demanda, abastecimiento de los mismos productos desde distintas fuentes con distintos tiempos de transporte y costes diferentes. Aunque sí hay artículos que tratan este problema desde un punto de vista determinista.

Referencias

Aliev, R.A.; Fazlollahi, B.; Guirimov, B.G.; Aliev, R.R. (2007). “Fuzzy-genetic approach to aggregate production–distribution planning in supply chain management”. *Information Sciences*, 177:4241–4255.

Arntzen, B.C.; Brown, G.G.; Harrison, T.P.; Trafton, L.L. (1995). “Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation”. *Interfaces*, 25(1):69-93.

Barbarosoglu, G. (2000). “An integrated supplier-buyer model for improving supply chain coordination”. *Production Planning & Control*, 11(8):732-741.

Baykasoglu, A. (2001). “MOAPPS 1.0: aggregate production planning using the multiple-objective tabu search”. *International Journal of Production Research*, 39(16):3685-3702.

Bellman, R.E.; Zadeh, L.A. (1970). “Decision-making in a fuzzy environment”. *Management Science*, 17:141–164.

Chen, C.L.; Lee, W.C. (2004). “Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices”. *Computer & Chemical Engineering*, 28(6-7):1131-1144.

Chen, H. (2006). “A Lagrangian relaxation approach for production planning with demand uncertainty”. *Proceedings of International Conference on Service Systems and Service Management*, Vol. 2:1020-1025.

Chern, C.-C.; Hsieh J.-S. (2007). “A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives”. *Computers & Operations Research*, 34(11):3491-3513.

Chopra, S.; Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*. 1st ed. Prentice Hall.

Escudero, L.F.; Galindo, E.; García, G.; Gómez, E.; Sabau V. (1999). “Schumann, a modelling framework for supply chain management under uncertainty”. *European Journal of Operational Research*, 119(1):14-34.

Fleischmann, B.; Meyr, H.; Wagner, M. (2005). “Advanced Planning”. En Stadler, H. y Kilger, C. (eds.); *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer. pp. 81-106.

Goetschalckx, M.; Vidal, C.J.; Dogan, K. (2002). “Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms”. *European Journal of Operation Research*, 143(1):1-18.

Gomes da Silva, C.; Figueira, J.; Lisboa, J.; Barman, S. (2006). “An interactive decision support system for an aggregate production planning model based on multiple criteria mixed integer linear programming”. *Omega*, 34(2):167-177.

Hannan, E.L. (1981). “Linear programming with multiple fuzzy goals”. *Fuzzy Sets and Systems*, 6:235–248.

Jackson, J.R.; Grossmann, I.E. (2003). “Temporal decomposition scheme for nonlinear multisite production planning and distribution models”. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42(13):3045–3055.

Lai, Y.J.; Hwang, C.L. (1992). “A new approach to some possibilistic linear programming problems”. *Fuzzy Sets and Systems*, 49:121–133.

Lee, Y.H.; Kim, S.H.; Moon, Ch. (2002). “Production-distribution planning in supply chain using a hybrid approach”. *Production Planning & Control*, 13(1):35–46.

Leung, S.C.H.; Ng, W-L (2007a). “A goal programming model for production planning of perishable products with postponement”. *Computers & Industrial Engineering*, 53(3):531-541.

Leung, S.C.H.; Ng, W-L (2007b). “A stochastic programming model for production planning of perishable products with postponement”. *Production Planning & Control*, 18(3):190-202.

Liang, T.-F. (2008). “Integrating production-transportation planning decision with fuzzy multiple goals in supply chains”. *International Journal of Production Research*, 46(6):1477–1494.

Mula, J.; Poler, R.; García-Sabater, J.P.; Lario, F.C. (2006). “Models for production planning under uncertainty: A review”. *International Journal of Production Economics*, 103(1):271-285.

Peidro, D.; Mula, J.; Poler, R. (2007). “Supply chain planning under uncertainty: a fuzzy linear programming approach”. Fuzzy Systems Conference. FUZZ-IEEE 2007. IEEE International. pp. 1-6.

Sargut, F. Z.; Romeijn, H. E. (2007). “Capacitated production and subcontracting in a serial supply chain”. *IIE Transactions*, 39:1031–1043.

Shapiro, J. (1998). *Bottom-up versus top-down approaches to supply chain modelling*. En: *Quantitative Models for Supply Chain Management*. Kluwer, Dordrecht, pp. 739–759.

Stadtler, H. (2005). “Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges”. *European Journal of Operational Research*, 163(3):575–588.

Van Landeghem, H.; Vanmaele, H. (2002). “Robust planning: a new paradigm for demand chain planning”. *Journal of Operations Management*, 20(6):769–783.

Wang, R.C.; Liang, T.F. (2004). “Application of fuzzy multiobjective linear programming to aggregate production planning”. *Computers and Industrial Engineering*, 46(1):17–41.

Wang, R.C.; Liang, T.F. (2005). “Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning”. *International Journal of Production Economics*, 98:328–341.

Zimmermann, H.-J. (1978). “Fuzzy programming and linear programming with several objective functions”. *Fuzzy Sets and Systems*, 1:45–56.