

Tipos de integración en las Redes de Suministro/Distribución: Aspectos relevantes para su modelado cuantitativo

María del Mar Eva Alemany Díaz¹, Francisco-Cruz Lario Esteban², Faustino Alarcón Valero³, David Pérez Perales⁴

^{1, 2, 3, 4} Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia. Centro de investigación de gestión e ingeniería de la producción, Universidad Politécnica de Valencia, Edificio 8G, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, mareva@omp.upv.es, fclario@cigip.upv.es, fauvalva@omp.upv.es, dapepe@omp.upv.es

Resumen

Uno de los principales retos del modelado cuantitativo de la Planificación Colaborativa de la Red de Suministro/Distribución consiste en reflejar adecuadamente tanto la integración temporal como la espacial. En el presente documento se analizan diferentes escenarios en función de la posición temporal y espacial de un centro decisional en la jerarquía de planificación colaborativa. Para cada escenario, se especifica el tipo de integración necesaria así como diversas formas de modelar cuantitativamente dicha integración y el impacto que ello puede ocasionar sobre el resto de centros decisionales de la jerarquía

Palabras clave: Red de Suministro/Distribución, Planificación Colaborativa, Tipos de integración, Modelado cuantitativo

1. Introducción

Una cadena de suministro puede definirse como un sistema integrado que sincroniza una serie de procesos de negocio interrelacionados para: (1) adquirir materias primas y partes; (2) transformar los anteriores elementos en productos finales; (3) añadir valor a esos productos; (4) distribuir y promocionar estos productos bien a los minoristas o a los clientes finales y (5) facilitar el intercambio de información entre las diferentes entidades de negocio (Min y Zhou, 2002). La gestión de la cadena de suministro se define como “la integración de los procesos de negocio claves desde los clientes finales hasta los proveedores originales que proporcionan productos, servicios e información y añaden valor para los clientes y otros accionistas Sin embargo, recientemente se ha añadido el término “red” en la gestión de la cadena de suministro con el objetivo de convertir el anterior concepto en algo más amplio y estratégico. De esta manera, las redes de suministro no sólo se focalizan en la red de proveedores aguas arriba sino también en la red de distribuidores y clientes aguas abajo.

La Gestión de la Red de Suministro/Distribución (GRdS/D) tiene en cuenta, tanto aspectos estratégicos (de configuración) como aspectos tácticos y operativos (de coordinación). La configuración engloba las decisiones relativas al diseño de la red de suministro, mientras que la coordinación se centra en la planificación a medio plazo y en la programación a corto plazo de los procesos de la red de suministro. Entre los diferentes procesos de negocio que se presentan en los problemas de tipo coordinación (diseño, marketing, costes...) se va a considerar sólo el correspondiente a la planificación colaborativa, haciendo especial hincapié en los tipos de integración necesarios para llevar a cabo dicho proceso. Posteriormente, se

describe el marco de actuación del presente documento y en base a él se especifican algunos de los aspectos relevantes y críticos para llevar a cabo el modelado cuantitativo de los tipos de integración de la planificación colaborativa.

2. Planificación Colaborativa

La Planificación Colaborativa puede ser definida como “un proceso interactivo, en el que los clientes y proveedores de una cadena de valor, colaboran continuamente y comparten la información sobre la demanda para planificar conjuntamente sus actividades” (Alarcón, 2005). La planificación colaborativa abarca múltiples dominios de planificación (Stadler y Kilger, 2002). El término dominio de planificación indica el ámbito de planificación que corresponde a una única organización dentro de la cadena de suministro. El proceso de planificación colaborativa pretende extender la planificación entre múltiples dominios de planificación. La idea es conectar el dominio de planificación de cada una de las organizaciones para intercambiar la información relevante para el proceso de planificación global. De esta forma, los datos necesarios para la planificación se actualizan ágilmente pudiendo obtener resultados más precisos. El concepto de planificación colaborativa se puede aplicar tanto al proceso de planificación que se extiende hacia los clientes como al proceso de planificación hacia los proveedores.

3. Tipos de integración

La planificación colaborativa de la RdS/D requiere de dos tipos de integración que, en el caso más general, deberán combinarse adecuadamente (Grossmann, 2005): la integración temporal y la integración espacial.

1. **Integración Temporal:** la integración temporal hace referencia a la integración necesaria entre los diferentes niveles de toma de decisiones, es decir, Estratégico, Táctico y Operativo, lo cual implica la coordinación de decisiones a través de diferentes escalas de tiempo.
2. **Integración Espacial:** la integración espacial hace referencia a la coordinación de las actividades de varios subsistemas de una empresa o RdS/D. Se trataría, por ejemplo, de la integración y coordinación de la toma de decisiones a través de varias funciones en una compañía (compras, fabricación, distribución), a través de varias organizaciones distribuidas geográficamente, o a través de diferentes dominios de planificación.

3.1. Integración temporal

Con respecto a la integración temporal se observa la necesidad de coordinar adecuadamente decisiones de planificación en diferentes escalas temporales. Para conseguirlo existen dos visiones de modelado claramente diferenciadas: la planificación simultánea de los niveles y la planificación jerárquica

3.1.1. Planificación simultánea de los niveles

La visión de la planificación simultánea de los niveles consistiría en plantear un único modelo monolítico, de manera que se pueda “elevar” el modelo operativo (programación) al modelo táctico (propriadamente de planificación). Se han propuesto potentes modelos de optimización que hacen uso de la programación matemática (Dzielinski y otros, 1963; Dzielinski y

Gomory, 1965). Uno de los principales obstáculos de esta visión sería la complejidad de dicho modelo, ya que entre otras cosas, se trataría de un modelo definido sobre un horizonte muy extenso y además con multitud de períodos de planificación. Otras desventajas importantes que presentan estos modelos son: dificultad de interpretación y resolución, gran necesidad de datos (muchos de ellos con una gran incertidumbre asociada), elevado esfuerzo de actualización de los mismos y no consideración de la estructura organizativa de la empresa. Todas estas características obstruyen la aplicabilidad de este tipo de modelos.

3.1.2. Planificación Jerárquica de la Producción

La Planificación Jerárquica de la Producción (PJP) nace como una visión alternativa para resolver las anteriores dificultades de implementación. A la hora de abordar la planificación de la producción, la visión jerárquica divide este problema en varios subproblemas de menor tamaño y, por tanto, normalmente, de más fácil solución (figura 1). Cada subproblema es diseñado y asignado coherentemente a un determinado nivel de decisión de la estructura organizacional existiendo un paralelismo entre la estructura jerárquica y la organización de la empresa. De manera que a un nivel más elevado en la jerarquía le corresponde un estado de la información referente a productos, recursos y tiempo más agregado. Información que se genera a través de la agregación de la información detallada al nivel de planta. La jerarquía de subproblemas se resuelve secuencialmente empezando por el nivel situado en la parte más alta de la jerarquía hasta el más bajo. Las decisiones obtenidas en un determinado nivel pueden ser decisiones finales (a implementar directamente en el sistema productivo) o pueden ser transferidas al siguiente nivel de manera que sea necesario un mayor detalle para su implementación, llevándose a cabo el denominado proceso de desagregación. El nivel de planta proporciona información a los niveles de decisión superiores sobre el estado actual del sistema (realimentación), que la utilizan para actualizar algunos de los parámetros del modelo, como por ejemplo, los niveles de inventario. Las principales ventajas de esta visión se derivan de una reducción de la complejidad y por tanto, de las necesidades de cálculo. También se reducen las necesidades de información utilizándose información agregada con un grado menor de incertidumbre asociada. Por último, se establece un paralelismo con la estructura organizativa de la empresa. Son diversos los autores (Fleishmann y Meyr 2003; Schneeweiss 2003) que apuntan diferentes razones de peso para abordar la Planificación Colaborativa según el enfoque jerárquico:

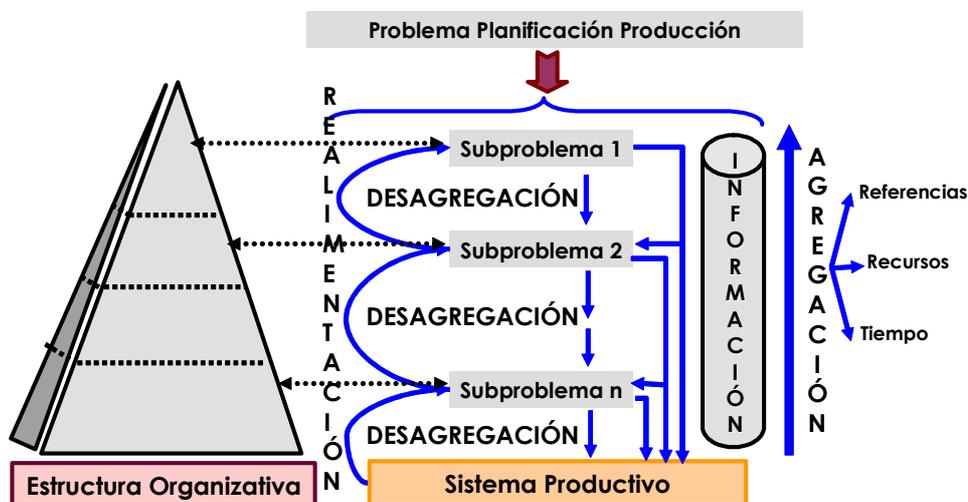


Figura 1. Relaciones del Sistema de PJP con el sistema decisional, físico e informacional (adaptado de Alemany, 2002)

3.2. Integración espacial

Cuando en un dominio de planificación se decide en un nivel temporal de decisión específico (táctico u operativo, por ejemplo), es frecuente intentar “conectarlo” con el resto de dominios de planificación de la RdS/D, al menos con los situados inmediatamente “aguas arriba” o “aguas abajo”. Se estaría, ahora sí, hablando propiamente del concepto de Planificación Colaborativa. Así pues, se estaría ante un problema de integración espacial en cierto nivel temporal de decisión. A la hora de abordar este tema hay autores que proponen la denominación de toma de decisiones centralizada o descentralizada, mientras que otros prefieren la denominación de toma de decisiones distribuida realizando una clasificación según el grado de conectividad de los dominios de planificación.

3.2.1. Centralización

Cuando la integración espacial se aborda desde una perspectiva centralizada se asume que un Planificador Central (el Dominio de Planificación líder de la RdS/D, o una unidad central de coordinación por ejemplo) “centralizaría” toda la información relevante y determinaría, por ejemplo, un Plan Maestro conjunto óptimo.

Para optimizar mediante programación matemática la planificación en una red de suministro formada por N socios 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 lleva implícito una visión centralizada y en consecuencia puede implicar resolver un problema de gran dimensión que, puede llegar a ser intratable. En este contexto nace el concepto de jerarquías constructivas las cuales son diseñadas con el principal objetivo de reducir la complejidad conceptual y/o computacional (Schneweiss, 2003a). Schneweiss (2003a) distingue entre jerarquías constructivas reales y formales. Dentro de estas últimas estarían las jerarquías basadas en la descomposición y las basadas en la relajación.

Las jerarquías basadas en la descomposición describen la separación y posterior coordinación de dos o más subsistemas formales. La coordinación puede realizarse a través de los propios subsistemas o puede realizarse por una unidad de coordinación independiente. La descomposición puede llevarse a cabo tanto en las formas espacial como temporal normalmente utilizando la descomposición de Lagrange (Graves, 1982). En el caso de la descomposición espacial la idea consiste en servir de ligadura entre los diferentes subsistemas a través de la dualización de las correspondientes restricciones de interconexión, que posteriormente requerirán la optimización multiperiodo de cada sistema. En caso de la descomposición temporal la idea consiste en dualizar las restricciones de inventario para desacoplar el problema por periodos de tiempo.

Las jerarquías basadas en la relajación, consisten en dos niveles, cada uno de los cuales describen el problema de decisión completo. La diferencia entre ellos reside en que el nivel superior representan un modelo que formalmente no tiene un solución fácil mientras que el nivel inferior representa una versión relajada del modelo del nivel superior cuya solución es mucho más fácil.

3.2.2 Descentralización

El caso descentralizado (incluso a nivel Táctico o de Plan Maestro de la RdS/D) es muy frecuente en muchas RdS/D formada por varios Dominios de Planificación con más o menos independencia o autonomía, que no se facilitan toda la información local disponible (por ejemplo capacidades productivas), y que a menudo, tienen criterios de decisión independientes (Schneeweiss, 2003b). En este contexto de Descentralización también tiene sentido la Integración, aunque más bien se trataría de una “coordinación”. En la literatura, para dar respuesta a la integración “o coordinación” espacial desde un punto de vista descentralizado, aparecen las visiones de coordinación a través de contratos, coordinación mediante sistemas multi-agentes y coordinación mediante modelos de programación matemática.

Un enfoque típico para abordar el tema de la coordinación en el caso descentralizado a través de modelos de programación matemática es la denominada planificación secuencial de arriba abajo (planificación top-down). Este esquema de planificación, descrito por *Bhatnagar et al (1993)*, consiste en 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 deriven de esta primera planificación se comunican al proveedor. Si el proveedor tiene otro proveedor se repite el esquema. Con este esquema de planificación se obtienen mejores resultados que mediante la planificación aislada por parte de cada uno de los socios. 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. Algunas extensiones de esta visión pueden encontrarse en *Dudek y Stadtler (2005)*

3.2.3. Toma de decisiones distribuida

Para reflejar con mayor precisión el grado de coordinación (colaboración, conectividad) entre los diferentes dominios de planificación de la red de suministro para un nivel de planificación dado hay autores (Schneeweiss, 2003a y 2003b) que hablan de la toma de decisiones distribuida (DDM) para aquellas situaciones en las que se encuentra involucrado más de un decisor. Este autor presenta una clasificación de los sistemas DDM de acuerdo al número de decisores implicados, la simetría o asimetría de la información, el carácter de equipo o no equipo y el número de decisiones que son comunicadas. Dentro de dicho marco, se lleva a cabo una caracterización de los problemas DDM en la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) según el grado de conectividad decreciente, empezando con los aliados más estrechamente relacionados para acabar con las unidades decisionales débilmente coordinadas.

4. Propuesta de marco de actuación para la integración espacial y temporal simultánea

Siguiendo la visión del Modelo GRAI aplicada a la Planificación Colaborativa de la RdS/D se va a suponer que el sistema físico, en el caso concreto que nos ocupa se encuentra formado por la Red de Suministro/Distribución. Con respecto al sistema decisional se supondrá que éste se estructura jerárquicamente en varios niveles de toma de decisiones, cada uno de los

cuales contiene uno o más centros de decisión. Un centro de decisión de un nivel genérico de la jerarquía puede centralizar la toma de decisiones de varios dominios de planificación.

Un centro de decisión puede dividirse, a cualquier nivel, utilizando la misma visión de descomposición: un elemento físico, un elemento decisional y un elemento informacional. El elemento físico representa la visión del sistema físico al nivel de decisión considerado. En el caso de la RdS/D la visión del sistema físico (alcance) de un centro de decisión puede ser sólo parte de la RdS/D o la RdS/D completa. Además en la visión del sistema físico se incluiría también el grado de detalle con el que se trata este sistema (estado de agregación). El elemento decisional comprende al/ a los decisor/es y las diferentes estructuras de soporte a la toma de decisiones. El elemento de información es crucial a la hora de tomar decisiones correctas.

En el presente trabajo se va a suponer que la toma de decisiones relativa al proceso de Planificación Colaborativa se estructura jerárquicamente. De manera similar a Fleishmann y otros (2002) en la matriz de planificación de la cadena de suministro, las dimensiones utilizadas para ubicar un centro decisional son la temporal y la espacial. Cuanto más alto se ubica un centro decisional en la jerarquía, el instante en el que se fijan sus decisiones es anterior o igual al del resto de centros decisionales situados por debajo de él. Por otro lado, el horizonte de planificación, periodos y periodo de replanificación así como el estado de agregación de la información utilizada para la toma de decisiones también es superior o igual al de centros de decisiones que se ubiquen en un nivel inferior. El eje horizontal hace referencia al sistema físico de la RdS/D con sus diferentes etapas. Por tanto, la visión del sistema físico de un determinado centro de decisión viene dada por la extensión cubierta por dicho centro del sistema físico conjuntamente con su posición en la escala temporal. De esta manera, un centro de decisión estará situado por encima de otro en la jerarquía por tres razones: bien porque en el instante de toma de decisiones el primero es anterior al segundo, bien porque el decisor del primero es dominante sobre el decisor del segundo o bien porque la visión física del primero tiene un mayor alcance que la del segundo. Según esta visión y en concordancia con (Fleishmann y Meyr, 2003) los centros decisionales deben ocuparse de un conjunto de decisiones que deben estar bajo la responsabilidad del mismo decisor, compartir un horizonte de planificación y tomarse simultáneamente debido a su fuerte interdependencia.

5. Aspectos relevantes para el modelado cuantitativo de la integración temporal y espacial

A la hora de resolver el problema de la planificación colaborativa es necesario, por un lado, llevar a cabo el diseño de la anterior jerarquía decisional y por otro lado, descomponer el problema decisional complejo de la planificación colaborativa en varios subproblemas que deben ser agregados adecuadamente y asignados coherentemente a cada uno de los centros decisionales (figura 2). Lógicamente, al hablar de planificación colaborativa, se asume implícitamente que los diferentes subproblemas en los que se divide el problema de la planificación colaborativa no son totalmente independientes sino que entre algunos de ellos pueden existir ciertos solapes. La forma de realizar esta subdivisión así como la manera de abordar los solapes entre los diferentes subproblemas definirán, en gran medida, el grado de integración temporal y espacial.

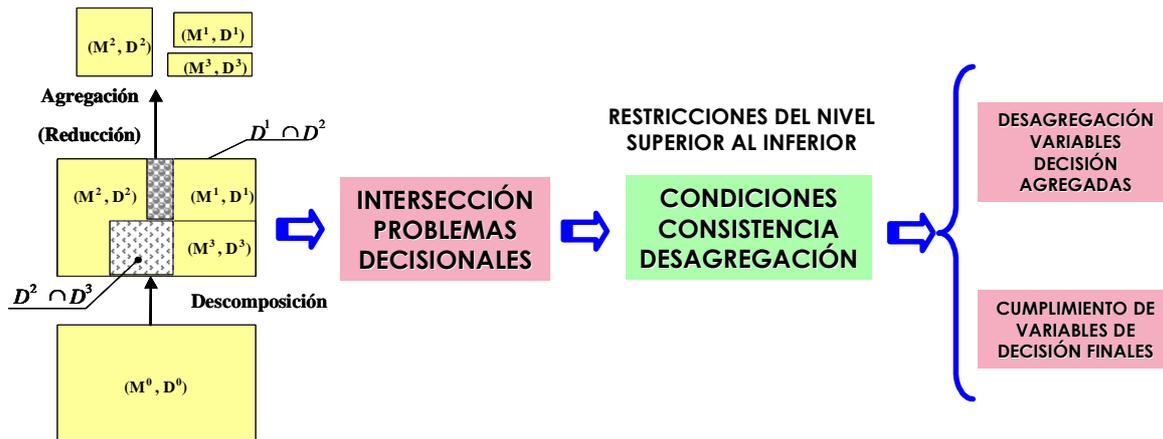


Figura 2. Descomposición del problema de planificación colaborativa y papel de las condiciones de consistencia en la desagregación en su posterior integración (adaptado de Alemany, 2002)

Para analizar algunos aspectos relevantes o críticos en la integración vertical y horizontal se va a suponer que al igual que en el modelo GRAI el marco decisional de un centro de decisión está compuesto por objetivos, decisiones, criterios y restricciones.

El modelado adecuado de las relaciones existentes entre las variables de decisión de los diferentes centros decisionales implicados en la planificación colaborativa resulta crucial para una adecuada integración vertical y espacial. Para reflejar el grado de integración espacial, las variables de decisión pertenecientes al marco decisional de un determinado centro de decisión se clasifican en globales y locales (Pontrandolfo y Okogbaa, 1999). Mientras que para modelar la integración temporal, se propone que cada una de las anteriores se subdividan en finales o no finales.

En el contexto del presente documento para un **centro de decisión de un determinado nivel jerárquico**, se consideran variables de decisión globales a aquellas variables de decisión cuyo valor es determinado por un centro de decisión superior, aunque posiblemente necesite de una cierta desagregación por el centro de decisión en cuestión. Por su parte, en un determinado nivel jerárquico, la asignación del valor de las variables de decisión locales se lleva a cabo por el propio centro decisional, posiblemente tras una negociación con otros centros decisionales del mismo nivel. Cuanto mayor es el número de variables de decisión locales, menor es la coordinación global. Pero, por otro lado, algunas de las variables de decisión que determinan las interacciones entre entidades del sistema pueden tratarse fácilmente de manera local, mientras que otras requieren de una coordinación a un nivel superior (Pontrandolfo y Okogbaa, 1999). Hay que resaltar que una decisión que es local para un centro de decisión puede ser global para otro que se sitúe por debajo del primero en la jerarquía.

Por otro lado, se va a considerar que una decisión final es aquella cuya implementación en el sistema físico (RdS/D) es inmediata y por tanto no es susceptible de ser modificada. En consecuencia, una vez tomada, actúa como cualquier otra restricción dura del sistema físico. Esto quiere decir que debe ser respetada por el resto de centros decisionales de niveles inferiores que cuelguen del anterior. Por el contrario, una decisión que no es final, lo puede ser por dos razones: bien porque es susceptible de ser modificada durante el proceso de toma de decisiones (por ejemplo, durante el proceso de negociación de centros decisionales de un mismo nivel se pueden intercambiar propuestas no definitivas) o bien porque para su implementación en el sistema físico necesita de una posterior desagregación.

A continuación se analizan diferentes escenarios en función de la posición temporal y espacial de un centro decisional en la jerarquía de planificación colaborativa. Para cada escenario, se especifica el tipo de integración necesaria así como diversas formas de modelar cuantitativamente dicha integración y el impacto que ello puede ocasionar sobre el resto de centros decisionales.

En aquellos niveles en los que existe un único centro decisional, normalmente la visión del sistema físico incluye la red de suministro completa, aunque a un nivel de agregación importante. Se tratarían de visiones que conducen a la definición de sistemas centralizados, por lo que el problema de la integración espacial quedaría resuelto en el momento en el que se resolviera el modelo centralizado. En este caso, el tamaño del problema puede convertirse en la principal complicación porque es necesario considerar modelos a través de diferentes escalas. Para resolver la integración espacial (resolución del modelo) se podrían aplicar heurísticas, metaheurísticas o jerarquías constructivas.

Por otro lado, en caso de que este centro decisional único se encuentre en el primer nivel de la jerarquía (el más alto) no sería necesario llevar a cabo la integración temporal con ningún centro de decisión de nivel superior, porque simplemente no existe. En esta situación, para dicho centro decisional, todas sus variables de decisión serían locales, mientras que dichas variables para los centros decisionales situados en el nivel inmediatamente inferior serían globales.

En el caso más general, en un nivel de decisión intermedio en la jerarquía decisional es posible distinguir dos situaciones: que sólo exista un centro decisional o que existan varios. Cuando sólo existe un centro decisional sólo es necesario modelar la integración temporal con el nivel decisional superior (a través de las variables globales impuestas por el centro decisional superior) puesto que el subproblema asignado a dicho centro decisional llevaría implícita la integración espacial. Cuando existen varios centros decisionales en el mismo nivel, además de la integración temporal es necesario llevar a cabo una integración espacial con el resto de centros decisionales del mismo nivel (a través de las variables locales).

Como ya se ha comentado, si sólo existe un centro decisional sólo es necesario abordar el tema de la integración temporal. Desde el punto de vista de la filosofía jerárquica la inadecuada integración temporal tiene como consecuencia la aparición de infactibilidades y soluciones subóptimas. Aunque estos aspectos han sido bastante tratados en la literatura para un único dominio de planificación en el presente documento se intenta extrapolarlos al caso de una RdS/D. La integración temporal de ambos centros decisionales se derivaría de la intersección de los problemas decisionales asignados a cada uno de ellos (Figura 3). Desde el punto de vista de un modelado cuantitativo esta intersección de los problemas decisionales se traducen en restricciones impuestas por el centro decisional del nivel superior al centro decisional del nivel inferior, dando lugar a las denominadas condiciones de consistencia en la desagregación (CCD). La formulación de las CCD influye en la factibilidad y la optimalidad de la solución del problema complejo de la planificación colaborativa, en la sincronización, coherencia y consistencia entre niveles y en la flexibilidad dada por el centro decisional del nivel superior al inferior.

Las variables de decisión globales transmitidas por un centro decisional superior a otro inferior pueden ser finales o no finales. Cuando son finales significa que han sido implementadas en el sistema físico y por tanto, pasan a ser de obligado cumplimiento por el centro decisional de nivel inferior. En este caso las CCD pasan a ser restricciones duras del

problema decisional del centro de nivel inferior. Por tanto, dichas variables tienen un impacto directo sobre la factibilidad. Cuando las variables de decisión globales son no finales, requieren de un mayor detalle para su implementación en el sistema físico. En consecuencia, la formulación de las CCD se establece con el objetivo de desagregar consistentemente las variables de decisión globales no finales del centro decisional del nivel superior. A través de la desagregación consistente lo que se pretende es asignar un valor a ciertas variables de decisión locales directamente relacionadas con las variables de decisión globales por medio de las CCD. La modelación de estas CCD permite una mayor flexibilidad (restricciones blandas) que en el caso de las variables de decisión globales finales puesto que no han sido todavía implementadas. Así, existen las siguientes posibilidades ordenadas según un grado decreciente de integración temporal:

1. Cumplimiento de decisiones globales superiores en sentido estricto ($=$)
2. Cumplimiento de decisiones globales superiores relajadas (\geq o \leq)
3. Multiojetivo: intentar minimizar las desviaciones no deseables con respecto a las decisiones globales superiores
4. Procedimiento iterativo de relajación/eliminación de cumplimiento de las decisiones globales superiores.

En el caso de la coordinación espacial de centros decisionales del mismo nivel para dar valor a las variables de decisión locales de cada uno de ellos, tienen especial importancia aspectos como el carácter de equipo o no (afectaría a los objetivos a alcanzar), el estado de la información de cada centro decisional y el número de ciclos decisionales que se pueden llevar a cabo (si existiera más de un ciclo decisional se estaría hablando de negociación). En la coordinación espacial también es posible encontrar una jerarquía decisional donde un determinado centro de decisión ejerza un papel predominante sobre el resto (tal sería el caso de la planificación top-down). En este sentido también se podría hablar de condiciones de consistencia pero no para la desagregación puesto que todos los centros decisionales se encuentran al mismo nivel temporal, sino más bien para la coordinación.

Finalmente, cuando en un nivel de la jerarquía además de la necesaria integración temporal con centros decisionales de niveles superiores es necesario llevar a cabo una integración espacial entre los centros decisionales del mismo nivel jerárquico, la formulación de las CCD puede afectar no sólo a la integración temporal sino también a la espacial. Cualquier formulación de las CCD que permita cierta desviación con respecto a las variables de decisión globales no finales de centros decisionales de nivel superior (casos 2, 3 y 4) puede tener implicaciones aguas arriba y/o aguas abajo del centro decisional donde se permite la desviación. En este último caso, el tratamiento de las variables de decisión locales implicadas en las CCD de las variables de decisión globales no finales requeriría cierto tipo de coordinación horizontal semejante a las variables de decisión locales.

5. Consideraciones finales

En el presente documento se muestra como el modelado adecuado de las relaciones existentes entre las variables de decisión de los diferentes centros decisionales implicados en la planificación colaborativa resulta crucial para una adecuada integración vertical y espacial. Para reflejar el grado de integración espacial, las variables de decisión del marco decisional de un determinado centro de decisión se clasifican en globales y locales. Para modelar la integración temporal, se propone una subdivisión de cada una de las anteriores en finales o no finales. En el presente documento se analizan diferentes escenarios en función de la posición

temporal y espacial de un centro decisional en la jerarquía de planificación colaborativa. Para cada escenario, se especifica el tipo de integración necesaria así como diversas formas de modelar cuantitativamente dicha integración y el impacto que ello puede ocasionar sobre el resto de centros decisionales de la jerarquía.

Referencias

- Alarcón, F.; Ortiz, A.; Alemany, M^a M.; Lario, Fco.C. (2004). Planificación Colaborativa en un contexto de varias cadenas de suministro: ventajas y desventajas. *VIII Congreso de Ingeniería de Organización*, Leganés (Madrid).
- Alemany MME, (2003). Metodología y Modelos para el Diseño y Operación de los Sistemas de Planificación Jerárquica de la Producción (PJP). Aplicación a una Empresa del Sector Cerámico. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Dzielinski B.P.; Baker C.T.; Mann A.S.(1963). Simulation Tests of Lot Size Program. *Management Science*, Vol. 9, N° 2, 310-321.
- Dzielinski B.P.; Gomory R.E. (1965). Optimal programming of lot sizes inventory and labor allocations. *Management Science*, Vol. 11, N°9, 874-890.
- Dudek G., y Stadtler H. (2005). Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operational Research*, Vol. 163, pp. 668–687.
- Fleishmann, B; Meyr, H., and M. Wagner (2002). Advanced Planning. En *Supply Chain Management and Advance Planning*, Stadtler H. y Kilger C. (eds) Srpinger Berling.
- Fleishmann, B; Meyr, H., (2003). Planning hierarchy, modelling and advanced planning systems. *Handbooks in OR&MS*, Vol. 11, pp. 457-523.
- Grossmann, I. (2005). Enterprise-wide Optimization: A new frontier in Process System Engineering”, *AIChE Journal*, Vol. 51, No 7, pp. 1846-1857.
- Graves S.C., (1982). Using Lagrangian techniques to solve hierarchical production planning problems. *Management Sciences*, Vol. 28, n° 3, pp. 260-275.
- Min H.; Zhou G. (2002). Supply chain: past, present and future. *Computers &Industrial Engineering*.
- Pontrandolfo P.; Okogbaa O.G. (1999). Global manufacturing: a review and a framework for planning in a global corporation. *International Journal of Production Research*. Vol. 37, No. 1, pp. 1-19.
- Schneeweiss Ch. (2003a). Distributed decision making in supply chain management. *International Journal of Production Economics*. Vol. 84, pp. 71-83.
- Schneeweiss, Ch. (2003b). Distributed-Decision Making: a unified approach. *European Journal of Operational Research*. Vol. 150, pp. 237-252.
- Stadtler, H.; Kilger, C (2002). *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Hartmut Stadtler, Christoph Kilger, Editors, Springer.
- Bhatnagar R.; Chandra P.; Goyal S.K. (1993). Models for multi-plant coordination. *European Journal of Operational Research*. Vol 67, pp. 141-160.