

## **Un modelo conceptual para el aprovisionamiento colaborativo descentralizado en cadenas de suministro**

**Jorge E. Hernández<sup>1</sup>, Josefa Mula<sup>1</sup>, Raúl Poler<sup>1</sup>, Francisco J. Ferriols<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> CIGIP (Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción). Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Edificio Ferrándiz y Carbonell, 2, 03801 Alcoy (Alicante), España. jeh@cigip.upv.es, rpoler@cigip.upv.es, fmula@cigip.upv.es  
<sup>2</sup> Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (Valencia), España. fraferm3@omp.upv.es

### **Resumen**

*Tanto para fabricantes y proveedores, cumplir en el momento adecuado y a costes mínimos con los pedidos y requisitos de los clientes, no es una tarea fácil y por tanto es una problemática de estudio importante entre los investigadores del área de gestión de la cadena de suministro. Aspectos principales tratados en esta línea son la previsión, planificación y aprovisionamiento, donde los nodos de la cadena intercambian información para poder llevar a cabo estos procesos. Así, este trabajo se centra en proponer un modelo de aprovisionamiento colaborativo descentralizado, aplicado al sector del automóvil, con el fin de apoyar el proceso de toma de decisiones a nivel de planificación de la producción y el transporte.*

**Palabras clave:** Aprovisionamiento Colaborativo, Gestión de la Cadena de Suministro, Modelado Conceptual, Simulación de Eventos Discretos.

### **1. Introducción**

El aprovisionamiento en entornos de gestión de la cadena de suministro (GCS), debe tener en cuenta procesos de gestión de la información de modo que, en un lapso de tiempo aceptable, se apoyen los procesos relacionados a la producción y el transporte de materiales en la cadena de suministro (CS). En este sentido, el concepto la colaboración en la CS aparece como una perspectiva para apoyar, e incluso enriquecer, los actuales procesos y flujos a los que se ven sometidos los diferentes miembros de la CS. Así, la colaboración en una CS se podrá ver desde tres puntos de vista. En primer lugar, desde un punto de vista de la planificación, que tiene por objeto la coordinación de los flujos de materiales a través de la CS con múltiples actores independientes (Akkermans et al., 2004). En segundo lugar, desde una perspectiva de la previsión, que considera el hecho de que cada inter-empresa vinculada (clientes y proveedores, o nodos en una red de empresa) dispone de información para realizar procesos de previsión de aquella información de la que no dispone (Poler et al., 2008). Finalmente, y en tercer lugar, desde un punto de vista del aprovisionamiento, en donde se tienen en cuenta dos sub-perspectivas: (1) la gestión de los pedidos y (2) la distribución de las órdenes (Ashayeri y Kampstra, 2003). A partir de esto, y según lo expresado por Hernández et al. (2009b), para promover un entorno colaborativo, los nodos vinculados a una CS intercambiarán, a tiempo, la información necesaria para apoyar el adecuado flujo de información entre los nodos. Por lo tanto, esta propuesta de modelado conceptual se centra en apoyar el proceso de aprovisionamiento colaborativo en cadenas de suministro, no solo con el objetivo de promover el intercambio de información entre los nodos, sino que también

para establecer la dirección de estos flujos de información orientados a apoyar el proceso de aprovisionamiento en la CS bajo una perspectiva colaborativa.

Respecto al proceso de distribución y aprovisionamiento, relacionados con la gestión del transporte, Satapathy y Kumara (2000) indican que este proceso se relaciona con la necesidad de transportar una variedad de productos a diferentes destinos, en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta costes y calidad adecuados. Por ello, un modelo de transporte considerará los costes relacionados con cada producto, por ejemplo el coste de fabricación y el coste de transporte. En este contexto, el problema de aprovisionamiento, implicará que el transporte considerará aspectos como la decisión de elección de recursos y el destino de cada producto, así como también las empresas y medios de transporte que han de ser asignadas en cada solicitud.

De esta manera, el presente documento se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta el modelo conceptual para el aprovisionamiento colaborativo en cadenas de suministro. Seguidamente, y bajo una perspectiva de la aplicación del modelo conceptual propuesto a una CS real del sector del automóvil, la siguiente sección presenta los resultados en base a la comparativa de un proceso de aprovisionamiento no-colaborativo frente a la actual propuesta. Para esto, se considera la simulación de eventos discretos, soportada por el *software* de simulación ARENA®. Con esto es posible ilustrar el valor práctico de esta investigación. Por último, se presentan las conclusiones y líneas de investigación futura.

## **2. Modelo Conceptual para el Aprovisionamiento Colaborativo Descentralizado en cadenas de Suministro**

La colaboración, a nivel de aprovisionamiento, se puede considerar desde perspectivas como: gestión de inventarios, acceso a información de inventarios, gestión del transporte, intercambio de planes de demanda, consecución de planes de transporte. No obstante, para detectar los aspectos críticos, y relevantes, del aprovisionamiento colaborativo, es necesario tener en cuenta un marco metodológico que distinga los aspectos principales y sus relaciones. De acuerdo con lo anterior, en esta sección se plantea, por un lado, el marco metodológico para el modelado conceptual del proceso de aprovisionamiento colaborativo y, por otro lado, se tienen en cuenta aquellos aspectos que favorecen el aprovisionamiento colaborativo entre clientes y proveedores de primer y segundo nivel de una CS.

Por lo tanto, la propuesta conceptual del aprovisionamiento colaborativo, se sustenta en el hecho de que, teniendo en cuenta aquellos clientes dispuestos a colaborar así como aquellos que no, dos aspectos relevantes se han de tener en cuenta. El primero considera que el plan de demanda de los productos es enviado a los proveedores y éstos lo validan. Así, una vez que se consigue el acuerdo, se envía este plan de demanda a la flota de transporte que, en función del plan de demanda validado, gestionará sus transportes teniendo en cuenta fechas, cantidades, tipos de transportes, precios, etc. Así, considerando este intercambio de información entre los proveedores de primer y segundo nivel, el gestor del transporte se verá favorecido tras considerar información validada para construir su modelo de planificación del transporte.

Así, el centro neurálgico del aprovisionamiento colaborativo propuesto en este trabajo ocurre según la transmisión adecuada y oportuna de los planes de demanda a los diferentes niveles de la CS. De esta forma, se favorece el desarrollo de los procesos de producción y aprovisionamiento. Esto mejora aspectos como la gestión adecuada de los

inventarios en el sentido de establecer stocks de seguridad más ajustados e incluso dirigiendo las acciones para la reducción al mínimo de éstos. Los tiempos de respuesta se podrán establecer con mayor presión, lo que fomentará la mejora continua de los procesos llevados a cabo, entre ellos los de aprovisionamiento y capacidad de respuesta al cliente principal (el fabricante de automóviles, cómo se verá en la sección tercera de este artículo).

### **2.1. Lógica para el Aprovisionamiento Colaborativo Descentralizado en cadenas de Suministro**

El modelado conceptual se orientará, entonces, a la representación de conceptos y sus relaciones. Es importante tener en cuenta que además de una representación conceptual, resulta vital apoyar estos modelos con la secuencia lógica de eventos y actividades para, de una manera explícita, dar a entender el contexto y dominio que se modela y por tanto su aplicabilidad. Así es como en este sub-apartado, mediante la utilización de un diagrama de flujos de procesos, se expresa la secuencia lógica considerada para el desarrollo del aprovisionamiento colaborativo bajo una perspectiva descentralizada en CS multinivel (ver Figura 1) desde una perspectiva táctica de los procesos de planificación.

De acuerdo con lo anterior, el proceso de aprovisionamiento colaborativo comienza, teniendo en cuenta el propio sistema de información del cliente, con la generación de las previsiones de demanda y envío de los planes de demanda por parte del cliente al proveedor de primer nivel. Una vez que el proveedor de primer nivel recibe plan de demanda, éste realiza la correspondiente explosión de materiales de acuerdo a su sistema MRP, con lo cual podrá establecer sus necesidades y generar sus pedidos a los proveedores (de segundo nivel en este caso). Por lo tanto, los proveedores de segundo nivel cumplirán el rol de revisar y validar dicho plan y establecer acuerdos de entrega. Para esto deberán tener en cuenta los acuerdos contractuales a los que circunscriben por ser miembros de la cadena. Este proceso se repetirá hasta que se llegue a un acuerdo (equilibrio) entre ambos, lo cual considerará como elementos fundamentales los plazos y las cantidades que se estipulan en el plan de demanda. Posteriormente, una vez se ha validado el plan de demanda por parte del proveedor de segundo nivel, entra en acción el proceso de validación del transporte que considera los procesos asociados a la gestión del transporte, es decir capacidades de transporte y disponibilidad de transporte.

Por lo tanto, al tiempo de generar el plan de demanda validado se genera el plan de transporte con las necesidades asociadas a las necesidades de transporte. Estas necesidades se establecen según la información que previamente se ha obtenido para estos efectos. Así, el plan de demanda es recibido por la unidad gestidora de transporte (que es una entidad independiente y que se encarga de establecer las disponibilidades de las unidades de transporte y, por tanto, asigna las correspondientes solicitudes a las unidades disponibles que puedan satisfacer de manera mejor dichos pedidos) la cual, de acuerdo a sus capacidades e información logística asociadas (disponibilidad de transporte, ubicación de los proveedores, etc.), valida el plan de transporte que implicará la consideración de fechas, cantidades, modos de recogida, costes, etc., y se lo enviará al proveedor de primer nivel quien, una vez acepte las condiciones, enviará el plan de transporte validado a la unidad gestidora de transporte para que pueda comenzar el proceso logístico entre los nodos involucrados (en el proceso de aprovisionamiento). Estos intercambios y validación de la información, transforman el proceso en un proceso colaborativo descentralizado pues cada nodo va reaccionando a las respuestas de los demás, no teniendo acceso a la información de los demás nodos y, por tanto, mientras no se logre una validación de los

planes enviados, el proceso seguirá iterando hasta conseguir acuerdos. Así, por tanto, los proveedores de segundo nivel cumplen el papel de validar la planificación de la producción y validar los acuerdos de entrega.

De esta forma, los transportistas tendrán una mayor seguridad de que los materiales estarán en el lugar y en el instante correcto en los proveedores correspondientes, que es donde deben ser recogidos.

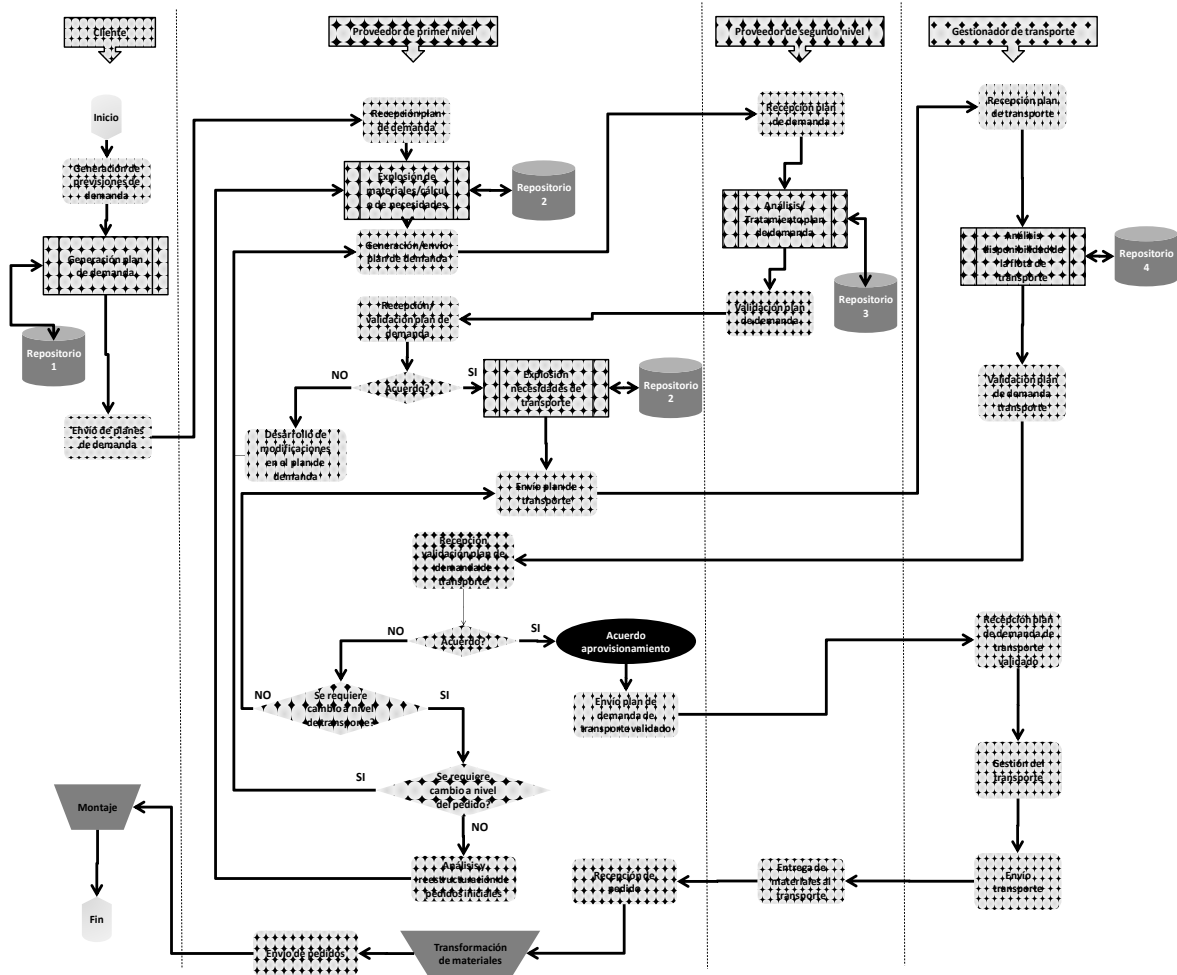


Figura 1. Lógica de aprovisionamiento colaborativo en cadenas de suministro.

## 2.2. Contribuciones e impacto del modelo de aprovisionamiento colaborativo

La contribución de este trabajo se puede ver desde dos puntos de vista. En primer lugar, es posible decir que el modelo de aprovisionamiento colaborativo apoyará la coordinación de los flujos de productos entre los distintos nodos de la CS. Esto significa que, en relación a la consecución de una información más precisa, las decisiones serán más ágiles y, por tanto, se favorecerá la reducción, por ejemplo, en los costes ya que el aprovisionamiento tendrá en cuenta una información más precisa. En segundo lugar, en relación con los procesos de toma de decisión a nivel de CS, la definición de horizonte de planificación bajo entornos colaborativos de planificación, se traducirá en la mejor adopción de los recursos ya que frente al intercambio de planes de demanda con un horizonte mayor, se podrán detectar problemas futuros y, por tanto, se podrán corregir según los niveles de capacidad, por ejemplo de los transportes, y por tanto el plan de transporte considerará información más precisa. Esto también se relaciona con el hecho

de que los recursos humanos se necesitarán con menos frecuencia para llevar a cabo estas actividades. Por lo tanto, esta propuesta conceptual de aprovisionamiento colaborativo descentralizado para cadenas de suministro, apoyará el proceso de toma de decisión a nivel de planificación de la producción y el transporte.

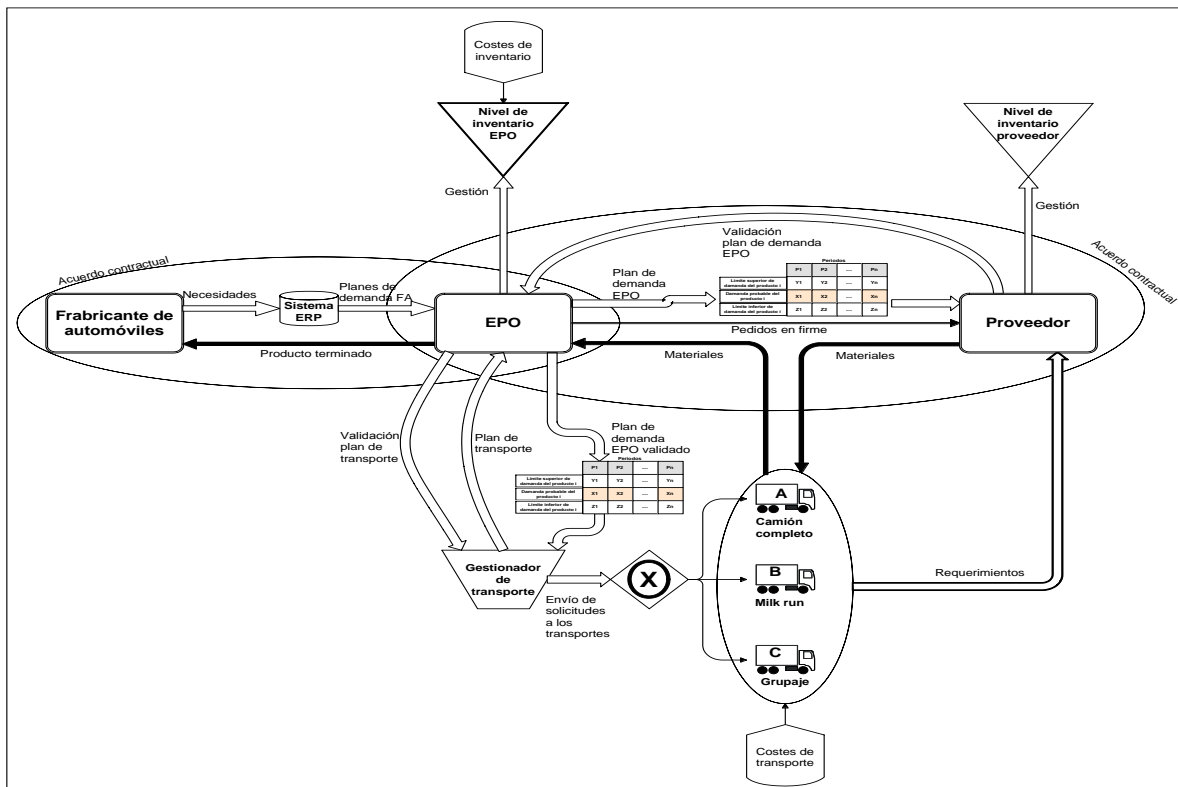
### 3. Caso aplicado a una Cadena de Suministro del Sector del Automóvil

La empresa pertenece a un grupo multinacional que es un proveedor líder de sistemas para el sector del automóvil. En particular, la planta bajo estudio aquí proporciona asientos para automóviles. El dominio de modelado abarca el proceso de planificación de la producción y del transporte a modo de dar soporte al aprovisionamiento colaborativo. La definición de este dominio estará englobado por: el producto, la información y los flujos de decisión de los nodos (Figura 2). El objetivo de la identificación de estos flujos es identificar los insumos y los productos relacionados con cada uno de ellos. Que serán identificados a través de una serie de entrevistas que han sido especialmente diseñadas para extraer los aspectos más relevantes de estos flujos. Más detalles del proceso de planificación de la producción y del transporte en la CS del sector del automóvil bajo estudio pueden encontrarse en Hernández et al. (2008, 2010).

De acuerdo con lo anterior, las actividades vinculadas al proceso de aprovisionamiento de la CS son las siguientes:

- **Generación de la información de la demanda por el cliente final.** Esta información desencadena las actividades relacionadas con los flujos de productos, tales como el suministro de materiales y el conjunto de asientos.
- **Aprovisionamiento de material.** Este bloque representa las actividades asociadas con el suministro de materias primas y componentes, que serán las entradas de flujo del producto.
- **Conjunto de asientos.** Este bloque representa el desempeño de las actividades de producción asociados con el flujo del producto y decisión.
- **Finalización línea de montaje.** Este bloque representa el punto en que el producto terminado debe ser asignada al vehículo específico que salió de la línea de suministro de conformidad con lo establecido en la solicitud de información al cliente.

Teniendo en cuenta lo anterior, y en base a un modelo de simulación, se presenta una perspectiva dinámica de la propuesta conceptual aplicada a una CS del sector del automóvil. Para esto, resulta importante mencionar que los experimentos de simulación se han realizado con Arena 11®. Así, a nivel cuantitativo, los datos y secuencia del proceso asociados a los experimentos de simulación son los siguientes. Los nodos, en el nivel superior, reciben un plan de la demanda real del fabricante de automóviles. Además se tiene en cuenta un plan de demanda (de características estacionarias y no temporal) y que cada nodo considera un inventario de seguridad igual. A continuación, según las necesidades de los nodos, se considera la necesidad de materiales para el horizonte de planificación. Además, se considera el método de horizonte rodante, definido por Le y Day (1982), con lo cual la simulación se realiza de forma iterativa para simular los instantes en que los pedidos se realizan período a período y, por tanto, son entregados en el período siguiente. A nivel de sistema, el proceso de aprovisionamiento colaborativo, se apoya por un sistema de clásico de MRP (Material Requirement Planning).



**Figura 2.** Modelo conceptual para apoyar la simulación del aprovisionamiento colaborativo en una CS del sector del automóvil (Adaptación del modelo propuesto por Hernández et al. (2010)).

En relación a la fase experimental del modelado conceptual, se han considerado dos escenarios, el primero definido por un proceso de aprovisionamiento no colaborativo, en donde los sistemas MRP calculan las necesidades de aprovisionamiento para cada nodo sin tener en cuenta, por ejemplo, adelantos de problemas futuros en los planes de demanda (dado que no existe colaboración en el intercambio de información) y, en segundo lugar, un escenario donde se tiene en cuenta un aprovisionamiento colaborativo. Éste estará soportado por el intercambio de planes de demanda que permiten, mediante la detección de posibles problemas futuros, adelantar pedidos y ajustar la variabilidad en la demanda. Por último, se han considerado veinticuatro períodos de planificación. Esto debido a que el sistema se mantiene estable en ese horizonte temporal.

Las hipótesis de trabajo sobre la propuesta de aprovisionamiento colaborativo son: (1) cuando un cliente colabora con un proveedor, ofrece su plan de demanda para el horizonte considerado; (2) si un proveedor no recibe los planes de la demanda por parte de sus clientes, solo podrá prever sus necesidades en base a técnicas de previsión, lo cual implicaría una generación de pedidos con un error potencial alto. (3) Más información exacta implica una mejor decisión relacionada con el proceso de planificación, por lo tanto, se espera la reducción al mínimo de los niveles de inventario y una maximización en la utilización de las capacidades y los transportes.

#### 4. Método de simulación

El proceso de simulación establecido para este modelo conceptual de aprovisionamiento colaborativo se basa en un enfoque de eventos discretos, soportado por el *software* de simulación Arena 11 ®. Así, el método de simulación, con el fin de apoyar la propuesta

de aprovisionamiento colaborativo, se centra en la recepción de los planes de demanda (NB) el cual es analizado para evaluar el impacto en la utilización de las unidades de transporte. Por lo tanto, mediante la utilización de Arena 11 ®, se ha implementado un algoritmo para analizar dichos planes de demanda y evaluar, teniendo en cuenta las restricciones de capacidad del transporte, cómo se podría conseguir un plan de producción y de transporte que implique un utilización óptima del transporte sin provocar situaciones no factibles en, por ejemplo, el sistema MRP de los nodos. De esta forma, tal como se ha considera en la lógica del proceso de aprovisionamiento colaborativo (ver Figura 1), dependiendo del horizonte de planificación, se detectará aquellas órdenes que se podrían presentar como problemáticas al momento de calcular los lanzamientos planificados y que no generen una asignación óptima de acuerdo a las capacidades de las unidades de transporte así como las capacidades del propio nodo. A partir de entonces, y teniendo en cuenta las capacidades de las unidades de transporte y apoyado por la información de intercambiada desde la unidad gestonadora de transporte, los pedidos se adelantan y se fijan de modo de adaptar las NB para adaptar los pedidos planificados con lo idea de conseguir una utilización máxima de las unidades de transporte en cada periodo del horizontes de planificación. A continuación el aprovisionamiento colaborativo, con el apoyo del proceso de simulación, se desarrolla de manera iterativa bajo el concepto de horizonte rodante.

A nivel de pseudo-código, la Figura 3 nos presenta la lógica considera para la resolución de los pedidos conflictivos bajo la perspectiva colaborativo. Es decir, donde se tiene acceso a la información de los pedidos futuros. Por lo tanto, y dependiendo del horizonte de colaboración (CH), se identificará al orden problemática (NB), que se queda fuera de rango con respecto a la capacidad de las unidades de transporte (CAP). Entonces, considerando el valor seleccionado (SV) según las capacidades de los nodos y de las unidades de transporte, se realizara un adelantamiento de las NB futuras para ir cubriendo las ineficiencias de capacidad.

```

For i = 1 To CH
If NB(i) > CAPx Then
  Forward = NB(i) //get the future problematic value
  For aux = 1 To i - 1 //review the rest of the values
    If NB(i) > CAPx Then
      If NB(aux) < CAPx Then
        SV = NB(aux) //the selected value
        dif = CAPx - SV //find to where forward the value
        dif2 = Forward - dif //the forwarded quantity
        If (SV + dif2) > Val1 Then
          SV = CAPx
        Else
          SV = SV + dif2
        End If
        Forward = dif2
        NB(aux) = SV //collect the selected value
        NB(i) = Forward //upgrade the order value
      Else
        //look for the next value
      End If
    Else
      //look for the next value
    End If
  Next aux
Else
  //look for the next value
End If
Next i //keep looking the exced values.

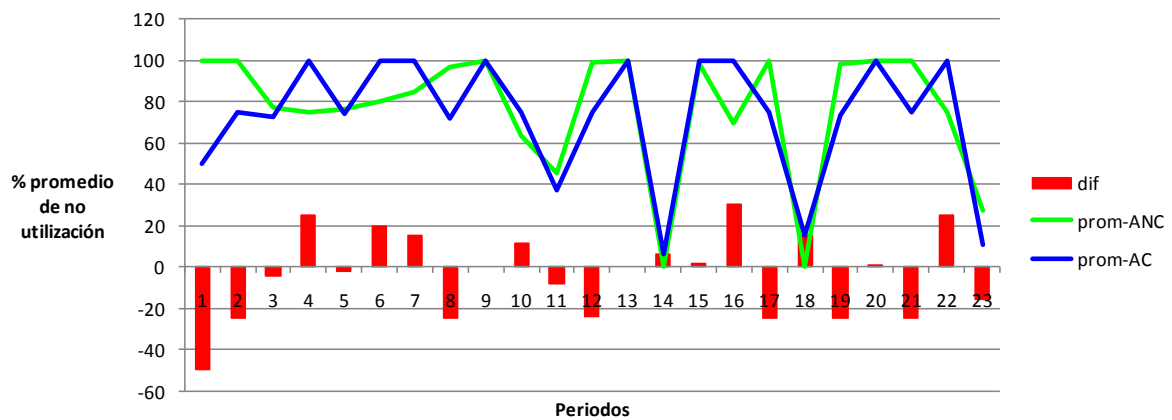
```

**Figura 3.** Pseudo-código perspectiva colaborative resolución conflictos futuros en planes de demanda (ver Hernández et al (2009a) para más detalles del código).

## 5. Resultados

Para efectos de obtener una visión más cuantitativa del impacto generado al tener una perspectiva colaborativo en los procesos de aprovisionamiento de la CS del sector del

automóvil, se realiza un ejercicio en el que, para un número fijo de unidades de transporte. En este contexto, la figura 4 muestra la evolución de la no-utilización de los transportes bajos las perspectivas de aprovisionamiento clásico o no-colaborativo (ANC) y aprovisionamiento colaborativo (AC). Esta perspectiva se realizar para la totalidad de la flota de transporte, incluyendo los resultados parciales por cada unidad de transporte. De esta manera, considerando la colaboración en la demanda de planes para evitar la mayor parte de la incertidumbre en el sistema, y por tanto adelantar los pedidos conflictivos según las capacidades de las unidades de trasporte (Figuras 1 y 3), es posible que observar que las decisiones de aprovisionamiento impactan directamente en la utilización del transporte. Así, es posible observar en la Figura 4 que la perspectiva de AC reacciona mejor frente a la incertidumbre en la demanda, esto debió a que presenta una disminución, y por tanto una atenuación, mayor en el tiempo, para el nivel de no-utilización del trasporte, es decir, que cada unidad de transporte estará siendo utilizada, en la mayoría de las veces, en un porcentaje mayor que la perspectiva ANC.



**Figura 4.** Evolución del porcentaje promedio de capacidad no-utilizada del transporte por periodo.

Dado que esto se presenta como una evolución agregada de la utilización de los transportes, en algunos casos se la perspectiva ANC se presenta mejor que la AC, lo cual se puede deber a que efectivamente la demanda para ese periodo ya era lo suficientemente ajustada en relación a las capacidades de las unidades de transportes, por tanto la lógica y algoritmo, Figuras 1 y 3, respectivamente, no se presentan como una solución sustancial al problemas de la asignación de pedidos a los transportes. No obstante, a nivel de resultados numéricos (ya abalados por la representación gráfica de la Figura 4), el promedio de no utilización para el caso del AC es de 73,32%, mientras que para el caso de ANC es de 76,80%, considerando una desviación estandar de 24,05 y 23,06 para los casos AC y ANC, respectivamente. De esta forma, se desprende de la perspectiva AC que la utilización de cada camión en este enfoque mejora, apoyando así los procesos de toma de decisiones en la CS para mejorar sus procesos de planificación de la producción y el transporte.

## 6. Limitaciones

A partir de los experimentos de simulación realizados para demostrar las implicancias del modelo propuesto para el aprovisionamiento colaborativo descentralizado en la CS, se desprenden limitaciones como: (1) el modelo propuesto no tiene en cuenta el impacto económico en la CS y los diferentes niveles de esta; (2) no se mide el impacto en la calidad de las decisiones de los recursos; (3) El modelo aun se encuentra en fase de



validación por su contraste con datos reales de la CS; finalmente, (4) Se ha considera una flota de transportes estática para un solo producto.

## **7. Conclusiones**

El aprovisionamiento colaborativo en una CS implica la consideración de aspectos simultáneos, como son: identificación de clientes colaborativos y no-colaborativos, así como la información que están dispuestos a intercambiar. Desde una perspectiva de los sistemas de simulación, la propuesta de aprovisionamiento colaborativo ha demostrado su bondad así como el soporte para el modelado de la CS. Además, se ha visto como según una aplicación de criterios de colaboración, el objetivo de los procesos de aprovisionamiento colaborativo, no sólo es mejorar la exactitud de los indicadores clave de rendimiento, sino gestionar cómo el nivel de inventario, o la utilización de productos, evoluciona según los diferentes escenarios de simulación. De igual forma, apoya al establecimiento de vínculos entre la información interna y externa para mejorar el rendimiento en la CS. Así, desde el punto de vista de los flujos de decisión, el aprovisionamiento colaborativo, apoyado por los experimentos basados en simulación, ayuda a mejorar el control y la gestión de la producción mediante una respuesta rápida a los cambios, la reducción de los inventarios y, en última instancia, la mejora de los niveles de beneficio. Por lo tanto, es posible identificar las informaciones principales a ser consideradas en cualquier nivel de toma de decisión a fin de ejecutar el impacto en cualquier centro de decisión de la toma de decisiones del modelo. Por último, se han identificado las siguientes líneas futuras de investigación: (1) el modelo propuesto será vinculado a los modelos matemáticos de programación lineal y de conjuntos difusos propuestos por Díaz-Madroño et al. (2009) y Mula et al. (2010), respectivamente, para apoyar los procesos de toma de decisión de aprovisionamiento en la CS; (2) se tendrán en cuenta perspectivas de modelado adicional, tales como los sistemas multiagente; y (3) se tendrán en cuenta, más en detalle, aspectos de interoperabilidad para apoyar la propuesta en cadenas de suministro reales.

## **Agradecimientos**

Este trabajo se vinculara al proyecto EVOLUTION (Ref. DPI2007-65501) financiado parte por el Proyecto Nacional del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) del Gobierno Español titulado y parte por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia. [www.cigip.upv.es/evolution](http://www.cigip.upv.es/evolution).

## **Referencias**

- Akkermans, H.; Bogerd, P.; van Doremalen, J. (2004). Travail, transparency and trust: A case study of computer-supported collaborative supply chain planning in high-tech electronics. *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, pp. 445–456.
- Ashayeri, J.; Kampstra, P. (2003). Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach, Ref: KLICT Project: OP-054, Dynamic Green Logistics, Tilburg University.
- Díaz-Madroño, M.; Mula, J.; Peidro, D. (2009). Modelo para la planificación operativa del transporte en una cadena de suministro del sector del automóvil. XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Barcelona-Terrassa. España.

- Hernández, J.E.; Mula, J.; Ferriols, F.J.; Poler, R. (2008). A conceptual model for the production and transport planning process: An application to the automobile sector. *Computers in Industry*, Vol. 59, No. 8, pp. 842–852.
- Hernández, J.E.; Poler, R.; Mula, J.; De La Fuente, D. (2009a). A Multi-Agent based-model to support the collaborative manufacturing resource planning in supply chain networks. *ICAI'09 - The 2009 International Conference on Artificial Intelligence*. Las Vegas, USA.
- Hernández, J.E.; Alemany, M.M.E.; Lario, F.C.; Poler, R. (2009b). SCAMM-CPA: A Supply Chain Agent-Based Modelling Methodology That Supports a Collaborative Planning Process. *Innovar*, Vol. 19, No. 34, pp. 99-120.
- Hernández, J.E.; Poler, R.; Mula, J.; Lario, F.C. (2010). The reverse logistic process of an automobile supply chain network supported by a collaborative decision-making model. *Group Decision and Negotiation Journal*. EN PRENSA.
- Le, K.D.; Day, J.T. (1982). Rolling horizon method: a new optimization technique for generation expansion studies. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-101, No. 9, pp. 3112-3116.
- Mula, J.; Peidro, D.; Poler, R. (2010). The effectiveness of a fuzzy mathematical programming approach for supply chain production planning with fuzzy demand. *International Journal of Production Economics*. EN PRENSA.
- Poler, R.; Hernández, J.E.; Mula, J.; Lario, F.C. (2008). Collaborative forecasting in networked manufacturing enterprises. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 19, No. 4, pp. 514-528.
- Satapathy, G.; Kumara, S.R.T. (2000). Negotiation for transportation tasks with stochastic payoffs. *Computers in industry*, Vol. 42, No. 2-3, pp. 193-202.