

El proceso de comprometer pedidos de un paquete de productos integrado por productos del sector cerámico y productos complementarios: Parte II Descripción de la metodología de solución.

M^a M. E. ALEMANY¹, A. ORTIZ¹, F. ALARCÓN¹, F. C. LARIO¹, M. A BENGOCHEA²

¹Centro de Investigación de Gestión e Ingeniería de Producción
Universidad Politécnica de Valencia (España)

² Keraben (España)

La globalización, la creciente presión de industrias cerámicas tan alejadas como la china y el cambio en el gusto de los consumidores, hace que una de las claves del futuro del sector cerámico en Europa sea la satisfacción del cliente. Para lograrlo es necesario potenciar las actividades relacionadas con la comercialización y el diseño. En este contexto, surge el concepto de paquete de productos (P-P) como un medio para conseguir una diferenciación basada en el diseño y en la orientación al cliente. Un P-P puede definirse como una serie de productos cuya funcionalidad es complementaria y que por tanto pueden venderse de forma conjunta. Pero para aumentar el nivel de servicio al cliente es necesario hacer frente de manera fiable y eficiente a cualquier escenario que pueda presentarse en el proceso de comprometer pedidos de un P-P en un dominio de cadenas de venta colaborativo extendido (Extended Collaborative Selling Chain: ECOSELL), se propone una metodología de solución estructurada en tres niveles con los siguientes objetivos: 1) abordar cualquier tipo de dependencia con respecto a la fecha y lugar de entrega entre las diferentes líneas de pedido integrantes de un P-P, 2) considerar cualquier tipo de función de satisfacción (preferencia) del cliente o de la red con respecto a la fecha y lugar de entrega, 3) reducir la complejidad del problema global a través de su división en varios subproblemas, 4) coordinar las diferentes cadenas de suministro implicadas en la entrega de un P-P y 5) combinar el cálculo de diferentes niveles de disponibilidad de cada cadena de suministro (Available-To-Promise (ATP) y/o Capable-To-Promise (CTP) y Deliver-To-Promise (DTP))

Palabras clave: Proceso comprometer pedidos, Paquete de Productos, Metodología de Solución, Sector Cerámico, Productos Complementarios

The order promising process of a product pack composed by products belonging to the tile sector and complementary products: Part II A solution methodology description

The globalisation, the increasing pressure of far East tile ceramic industries and the changes in the preferences of the customers, have converted the customer satisfaction in a key aspect for the European tile sector. In order to increase the customer satisfaction it is necessary to improve drastically the delivery and commercialisation functions. Within this context, the concept of "Product Pack" (P-P) arises as a mean to achieve product differentiation based on integral design and customer orientation. A P-P can be defined as a group of products that are complementary in its function and can be commercialised jointly. A methodology is proposed for a three levels structured solution in order to face any scenario in a reliable and efficient way within the P-P order compromising process in an Extended Collaborative Selling Chain (ECOSELL) domain, to achieve the following objectives: 1) to solve any scenario with different kind of dependence on due date and delivery place of the P-P components, 2) to take in consideration any either customer or network preference (satisfaction function) regarding due date and delivery place for the P-P, 3) to reduce the complexity of the global problem by splitting it in various sub-problems, 4) to coordinate the different supply chains involved in a P-P delivery, and 5) to combine the calculation of different availability levels in the extended collaborative supply chain (Available-To-Promise (ATP), and/or Capable To Promise (CTP), and Deliver To Promise (DTP)).

Keywords: Order Promising Process, Product Pack, Solution Methodology, Tile Sector, Complementary Products.

1. INTRODUCCIÓN

Los indicadores macroeconómicos confirman la sospecha de que el crecimiento económico chino, y el de otros países de la zona de influencia Asia-Pacífico no ha hecho más que empezar (1). Este hecho se refleja también en el sorprendente crecimiento de la industria cerámica asiática. Aunque la producción mundial del azulejo cerámico sigue creciendo, la producción europea muestra síntomas de desaceleración. Ante estos síntomas de agotamiento, parece necesaria la introducción

de ciertos cambios que nos conduzcan a la diferenciación. Optar por la diferenciación es la clave del futuro del sector de Europa, por lo que se debe apostar por las actividades de comercialización en general y diseño, realizándolo de manera integrada y promoviendo la cooperación (2). En este contexto de búsqueda de la diferenciación, aparece el concepto de paquete de productos (P-P) definido como una serie de productos cuya funcionalidad es complementaria y que por

tanto pueden venderse de forma conjunta. En la industria cerámica son diversos los P-P que se pueden definir como ambientes (“ambiente cocina”, “ambiente cuarto de baño”, etc.). La comercialización de un P-P tiene, claramente, importantes implicaciones desde el punto de vista del diseño, pero también desde la perspectiva de establecer fechas de entrega fiables con los clientes. En el caso más general, un P-P se encuentra integrado por productos pertenecientes a diferentes cadenas de suministro. Por ejemplo el P-P “ambiente cocina”, estaría integrado por productos pertenecientes al sector cerámico, del mueble de cocina, de grifería, de electrodomésticos. En este contexto se hace necesaria una coordinación entre las diferentes cadenas de suministro implicadas con el objetivo de servir a tiempo al cliente de una manera eficiente para todas ellas. En el presente artículo se propone una metodología de solución capaz de hacer frente a cualquier escenario que pueda presentarse en el proceso de comprometer pedidos de un P-P en un dominio de cadenas de venta colaborativo extendido (Extended Collaborative Selling Chain: ECOSELL).

El conjunto de posibles escenarios a los que debe hacer frente una metodología de solución para el proceso de comprometer pedidos de un P-P es, sin duda, mucho más amplio y complejo que en el caso de pedidos tradicionales (ver (3)). Esta dificultad añadida se debe a las propias características del pedido de un P-P (posibles dependencias entre lugares y fechas de entrega de sus productos componentes) y a la necesidad de coordinar diferentes cadenas de suministro que, en el caso más general, presentan diferentes objetivos, políticas y estrategias de fabricación. En el caso de que se pretenda dar una respuesta al cliente en tiempo real en el momento de la compra, el escenario incrementa su complejidad de manera notable. Sin lugar a dudas el entorno competitivo actual y la dinamicidad del sector cerámico en España y también en Europa, hacen que las empresas del sector empiecen a considerar estos escenarios como una necesidad de seguir diferenciándose frente a otros competidores.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera. En primer lugar se muestra la importancia del modo de operación del proceso de comprometer pedidos en la elaboración de una metodología de solución. A continuación se analizan los cálculos necesarios para cubrir todos los escenarios que se puedan presentar durante el proceso de comprometer pedidos de un P-P. Finalmente, se describe la metodología de solución propuesta con objeto de cubrir todos los posibles escenarios y se extraen una serie de conclusiones

2. MODO DE OPERACIÓN

Una de las primeras decisiones a abordar cuando se diseña una metodología de solución para el proceso de comprometer pedidos es el modo de operación. Esto es así porque el modo de operación influye de manera importante en otros aspectos del proceso de comprometer pedidos, tal y como se muestra a en esta misma sección. En la literatura se distinguen dos modos de operación:

1. Modo de operación en tiempo real (on-line). Cuando se trabaja on-line, el proceso de comprometer pedidos se ejecuta cada vez que se produce una propuesta de pedido por parte de un cliente (ver por ejemplo, (4) y (5)).

2. Modo de operación en diferido (off-line). En el caso off-line, normalmente se trabaja en modo “batch” de manera que en una primera etapa se agrupan las propuestas de

pedido que llegan durante un cierto intervalo de tiempo (batching interval), para en una segunda etapa, procesarlas conjuntamente a través de un algoritmo que determina simultáneamente o secuencialmente las cantidades y las fechas de entrega. De esta manera, el proceso de comprometer pedidos se ejecuta de periódicamente ((5), (6) y(7))

Los sistemas on-line proporcionan una respuesta inmediata, de manera que el nivel de servicio percibido por el cliente es superior en comparación a los sistemas off-line. En contraposición a este mayor nivel de servicio al cliente, el modo de ejecución on-line generalmente proporciona un menor rendimiento de la red en comparación con el modo de ejecución batch. Esto es así porque en el modo de ejecución on-line no es posible priorizar las propuestas de pedidos de los clientes, ni evaluar las consecuencias que tiene aceptar un determinado pedido sobre posibles pedidos que se produzcan en instantes posteriores. Por esta razón, se podría decir que los sistemas on-line están orientados hacia el cliente puesto que su prioridad es proporcionar un nivel de servicio máximo dejando en segundo lugar la eficiencia del sistema (8).

Por otro lado, el modo de operación también condiciona el método de solución empleado. Obviamente, un modo de ejecución on-line implica un tiempo de resolución muy reducido que, en ocasiones, puede conseguirse a través de la utilización de métodos no optimizados (heurísticas, metaheurísticas, etc.) y manejando información agregada acerca de la disponibilidad de los recursos de la red.

Como se ha señalado anteriormente, ciertas empresas del sector cerámico están considerando el servicio al cliente como una herramienta competitiva y diferenciadora frente a otras propuestas basadas en coste. Por este motivo, la metodología de solución presentada en el siguiente artículo supone un modo de operación on-line. Para paliar, en cierta medida, las desventajas apuntadas para este tipo de sistemas, se cree conveniente combinar ambos modos con el objetivo de mejorar no sólo el nivel de servicio al cliente, sino también el rendimiento de la red. Es decir, si se ha elegido el modo de ejecución on-line con el objetivo de dar una respuesta rápida al cliente, la red puede considerar la posibilidad de ejecutar un proceso batch complementario. Durante este último proceso las cantidades y fechas de entrega ya comprometidas actuarían como restricciones a ser respetadas, pero la asignación de los recursos de la red a cada uno de los pedidos podría ser alterada. A través de este mecanismo, la respuesta al cliente no cambiaría pero se lograría una utilización de los recursos de la red más eficiente.

3. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE SOLUCIÓN PARA LOS POSIBLES ESCENARIOS DE PROPUESTAS DE PEDIDOS DE P-P

En la presente sección se analizan los cálculos necesarios a realizar para dar una respuesta a la propuesta de un pedido realizada por el cliente en dos contextos distintos: el de un único producto (o varios productos independientes de un pedido) y el de un P-P (o varios P-P de un pedido).

3.1. Propuestas de pedido de un único producto: Cálculo Forward y Backward

Tal y como se describe en (3), cualquier método de solución para comprometer pedidos de propuestas de pedido de un

único producto debe ser capaz de resolver los dos posibles escenarios que en ese caso se pueden presentar:

- ◆ ESCENARIO 1) El cliente propone un conjunto de valores para la fecha y lugar de entrega.

- ◆ ESCENARIO 2) El cliente no propone un conjunto de valores para la fecha de entrega. En este caso es la red que establece un conjunto de valores para la fecha de entrega, de manera que el cliente procede a su aceptación final.

En el primer caso existe una fecha límite en la que el producto debe ser entregado en el correspondiente lugar de entrega. Para analizar si existe una solución factible a través de una determinada ruta, se procede a realizar un Cálculo Backward (BC) desde el nodo de entrega hasta los OEMs de dicha ruta (ver definición OEM en (3)). De esta manera, se pretende establecer fechas de entrega y cantidades necesarias en nodos intermedios de la red con el objetivo de cumplir con las cantidades solicitadas para la fecha estipulada en el lugar de entrega. El método de cálculo Backward puede considerarse como un procedimiento de delante hacia atrás o procedimiento “pull”.

Con objeto de proporcionar una respuesta al cliente en el segundo caso, se activa un Cálculo Forward (FC) desde los OEMs hasta el lugar de entrega para calcular la fecha de entrega en el lugar de entrega de manera que se cumplan con las cantidades solicitadas por el cliente en base a un cierto criterio. El método de cálculo Forward puede considerarse como un procedimiento de atrás hacia delante o procedimiento “push”.

Es importante resaltar que, con el fin de proporcionar una solución factible, durante ambos procedimientos de cálculo será necesario calcular el ATP, CTP y DTP (ver definición en (3)) a través de la cadena de suministro.

la cual se puede acumular la cantidad de producto final no comprometida (ATP) dando lugar a Q1 y Q2, respectivamente. Cualquier combinación de Q1 y Q2 que cumpla con la anterior restricción y sume Q (200m²) será una solución válida.

También en la figura 1 puede observarse un ejemplo de cálculo Forward para una propuesta de pedido de 200 m² a entregar en el punto de venta lo más pronto posible. En este caso, se empezaría realizando los cálculos en los OEMs, estableciéndose aquella combinación de Q1 y Q2 en base a los ATPs de los dos OEMs que proporcionase una fecha de entrega menor en el almacén central. En este caso la fecha más temprana en la que pueden estar disponibles los 200 m² en el almacén central es el día 13, 150 de los cuales serían proporcionados por la OEM1 (Q1=150 m²) y los 50 m² restantes por la OEM2 (Q2=50m²). Como el tiempo de transporte entre el almacén central y el punto de venta es de 4 días, la fecha de entrega más temprana en el lugar de entrega que se le daría al cliente sería el día 17 (13+4).

3.2. Propuestas de pedido de un P-P: combinaciones necesarias de los métodos de cálculo Backward y Forward.

Tal y como se ha mostrado en la sección anterior, para dar respuesta a la llegada de una propuesta de pedido de un único producto, sólo es necesario activar el método de cálculo Backward o el Forward (que a su vez activarán los métodos de cálculo ATP/CTP/DTP). Sin embargo, la situación se complica en el caso de una propuesta de pedido de un P-P. Para dar respuesta a todos los posibles escenarios en el caso de una propuesta de pedido de un P-P (ver (3)) es necesario llevar a cabo una adecuada combinación de los dos métodos de cálculo anteriormente descritos.

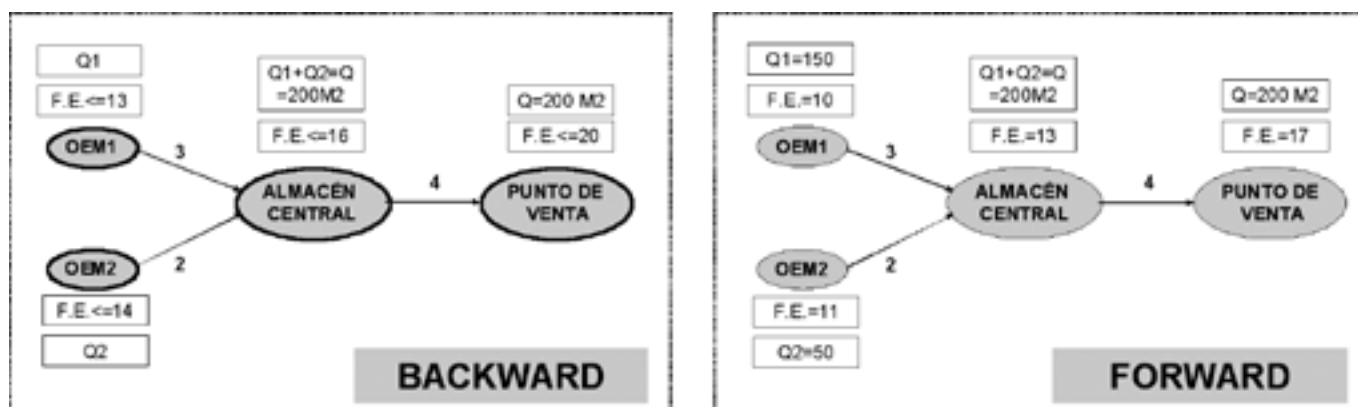


Fig. 1- Ejemplo elemental de cálculo Forward (FC) y Backward (BC)

En la figura 1 aparece un ejemplo de cálculo Backward para una propuesta de pedido de 200 m² de un cierto azulejo a entregar en el punto de venta para una fecha de entrega (F.E.) igual al 20-05-2006. El BC establecería que la cantidad requerida tiene que estar en el nodo punto de venta en una fecha igual o anterior al día 20. Suponiendo una capacidad de distribución infinita, como entre el nodo punto de venta y el almacén central existe un tiempo de transporte de 4 días, lo anterior implicaría que los 200 m² de azulejo deberían estar disponibles en el almacén central como muy tarde el día 16. A través del decalaje de los tiempos de transporte entre el almacén central y cada una de las OEMs se establece en cada OEM la fecha de entrega límite (la más tardía) para

Una propuesta de pedido de un P-P está compuesta por varias líneas de pedido de productos individuales cuyas fechas y lugares de entrega pueden ser idénticos o diferentes para algunas de ellas. En el primer caso, sólo será necesario activar el BC o FC (dependiendo del caso) una sola vez. Sin embargo, en el segundo caso y suponiendo que no existan dependencias entre las diferentes fechas y/o lugares de entrega será necesario activar de manera independiente el BC o el FC varias veces, o incluso combinarlos. Si además existen dependencias entre las diferentes fechas y/o lugares de entrega de las líneas de pedido, será necesario activar secuencialmente los procedimientos BC o FC empezando por las líneas de pedido independientes. De esta manera, puede

intuirse que para comprometer pedidos de P-P será necesario, en el caso más general, hacer uso del BC y FC en reiteradas ocasiones.

BC para comprobar su factibilidad. En caso de que exista una imposibilidad de servir a tiempo se volvería a activar el FC para calcular una nueva fecha de entrega de los azulejos lo

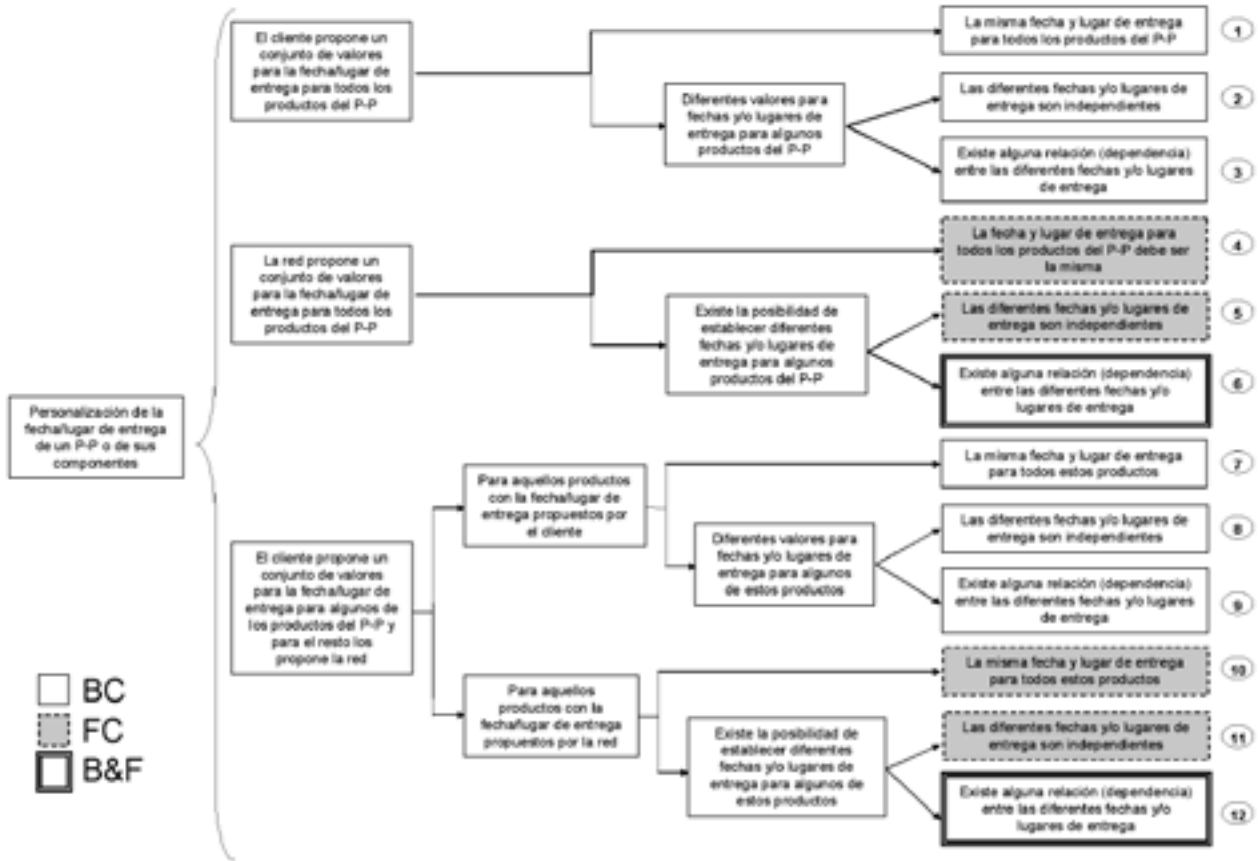


Fig. 2- Posibles escenarios de una propuesta de pedido de un P-P y su relación con los métodos FC y BC.

En la figura 2 los escenarios que requieren la activación (posiblemente en varias ocasiones) únicamente del método de cálculo BC son (1, 2, 3, 7, 8 y 9), aquellas que requieren sólo del FC son (4, 5, 10 y 11), mientras que las que requieren de ambos tipos de cálculo B&F son (6 y 12). Es necesario destacar que cualquier escenario puede resolverse a través de reiteradas llamadas a los métodos de cálculo FC y/o BC, los cuales a su vez necesitan de cálculos ATP, CTP, DTP.

A continuación se describe la combinación de FC y BC para cuatro de los escenarios más relevantes para el caso del ambiente o P-P de productos del sector cerámico y productos complementarios (figura 3). Así, en el caso 2 para dar una respuesta al cliente, la red deberá activar dos veces el BC de manera independiente. En el caso 3, se deberá establecer en primer lugar una fecha factible del conjunto de fechas proporcionado para los azulejos a través de la activación del BC, posteriormente calcular la fecha de entrega para los productos complementarios y comprobar si es factible a través de una llamada al BC. Si no es factible, se deberá probar con otras fechas de entrega de los azulejos y repetir el proceso hasta encontrar alguna factible o comprobarlas todas. En el caso 6, se activaría en primer lugar un procedimiento FC para establecer la fecha de entrega de los azulejos. A

raíz de esta última, se calcularía la fecha de entrega de los productos complementarios y se activaría el procedimiento

ESCENARIO	Descripción	Lugar entrega	Decisor	Fecha de entrega	Decisor
ESCENARIO 2	Azulejos	Casa del cliente	Cliente	05/04/2006	Cliente
	Productos complementarios	Casa del cliente	Cliente	20/04/2006	Cliente
ESCENARIO 3	Azulejos	Casa del cliente	Cliente	{05..10}/04/2006	Cliente
	Productos complementarios	Casa del cliente	Cliente	Fecha de entrega azulejos + 1 semana	Cliente
ESCENARIO 6	Azulejos	Punto de venta 45	Red	Tan pronto como sea posible	Red
	Productos complementarios	Punto de venta 45	Red	Fecha de entrega azulejos + 1 semana	Red
ESCENARIO 8-11	Azulejos	Casa del cliente	Cliente	05/04/2006	Cliente
	Productos complementarios	Punto de venta 45	Red	Tan pronto como sea posible	Red

Fig. 3- Algunos ejemplos de los escenarios más significativos del ambiente o P-P de productos del sector cerámico y productos complementarios.

más pronto posible pero posterior a la calculada inicialmente, repitiéndose el proceso. Finalmente, en el caso 8+11 se activarían independientemente un procedimiento BC para los azulejos y FC para los productos complementarios.

4. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN PARA COMPROMETER PEDIDOS DE P-P

En la presente sección se describe la metodología de solución propuesta para abordar todos los posibles escenarios que puedan surgir a la hora de comprometer pedidos de un P-P. Llegados a este punto es necesario remarcar que dicha metodología se puede aplicar para dar respuesta a propuestas tradicionales de pedidos de clientes compuestos por varias líneas de pedido de productos pertenecientes a la misma cadena de suministro (por ejemplo, diversos azulejos y diversos revestimientos) como para propuestas de pedidos integrados por varios P-P.

4.1. Metodología de solución en tres niveles

Como se ha expuesto anteriormente, todos los escenarios relativos a la fecha de entrega y lugar de entrega de un P-P pueden resolverse a través de la adecuada combinación de BC y FC. Además, dichos procedimientos requieren del cálculo del ATP/CTP/DTP a través de la red y su comparación con la cantidad necesaria para cada producto integrante del P-P. Por esta razón, con el objetivo de hacer frente a todos los posibles escenarios de la figura 2, la metodología de solución propuesta se estructura en tres niveles (figura 4). Cada nivel está compuesto por módulos. Un cierto módulo es asignado a un nivel j en caso de que sea activado por módulos de niveles inferiores al nivel j y al menos por un módulo de nivel $j-1$. En concordancia con lo anterior, el módulo gestor pertenece al nivel 1 porque es activado por la llegada de una propuesta de pedido de un P-P y no es activado por ningún otro módulo. Los módulos FC y BC pertenecen al nivel 2 porque únicamente son activados por módulos pertenecientes al nivel 1 (el módulo gestor). Finalmente, los módulos de cálculo ATP, CTP y DTP pertenecen al nivel 3 porque son activados tanto por módulos del nivel 1 como del nivel 2.

Como puede observarse en la figura 4 el módulo gestor se activa por la llegada de una propuesta de pedido de un P-P, el cual a su vez activa al resto de módulos con el objetivo de dar una respuesta al cliente. Una vez el proceso completo ha finalizado, la salida proporcionada al cliente puede ser o la

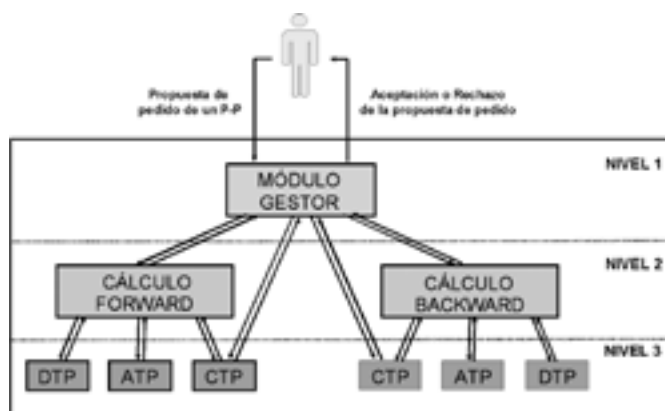


Fig. 4- Metodología de solución en tres niveles.

aceptación por parte de la red de dicha propuesta de pedido o el rechazo de la misma (imposibilidad o no conveniencia por parte de la red de cumplir con los requerimientos del cliente). La salida esperada cuando se acepta una determinada propuesta de pedido puede ser diferente dependiendo de las características de la misma. En caso de que el cliente haya propuesto una única fecha de entrega y lugar de entrega, la respuesta al cliente contendrá un "sí". Pero en caso de que se hayan propuesto diferentes fechas de entrega o bien la condición tan pronto como sea posible haya sido realizada, la salida deberá especificar la fecha elegida por la red. A continuación se pasa a detallar cada uno de los módulos integrantes de la metodología de solución.

4.2. Nivel 1: Módulo Gestor

El módulo gestor está compuesto por una heurística la cual es activada cada vez que llega una propuesta de pedido de un P-P al sistema. Las principales actividades desarrolladas por la heurística son las siguientes:

- ♦ Desagregar la propuesta de pedido de un P-P en diferentes propuestas de pedido para los productos individuales que lo integran (líneas de pedido)
- ♦ Establecer el nivel de dependencia de cada línea de pedido anterior con respecto a la fecha de entrega y el lugar de entrega. Una determinada línea de pedido, pertenecería al nivel de dependencia 1 si tiene una fecha de entrega y un lugar de entrega independiente. Para $n > 1$, una línea de pedido pertenece al nivel de dependencia n si tiene una fecha y/o lugar de entrega dependiente al menos de otra línea de pedido perteneciente al nivel de dependencia $n-1$, siendo posible que dependa también de otras líneas de pedido pertenecientes a niveles de dependencia inferiores al $n-1$.
- ♦ Comprobar si existe la suficiente capacidad de instalación (en caso de que fuese necesaria) para las líneas de pedido pertenecientes a un determinado nivel de dependencia n .
- ♦ Ejecutar el BC y FC para cada nivel de dependencia empezando por el nivel 1 hasta llegar al último nivel (nivel N). Para un nivel de dependencia dado, el módulo gestor agruparía aquellas líneas de producto con la misma fecha y lugar de entrega y para cada grupo activaría el BC o el FC según se requiriese.

En caso de que ciertas líneas de pedido integrantes del P-P requieran un cierto servicio (por ejemplo, la instalación), la comprobación acerca de la capacidad disponible se lleva a cabo fuera del procedimiento de cálculo BC. Esta es la razón por la que en la figura 4, el módulo gestor (nivel 1) activa el módulo CTP (nivel 3), capacidad disponible no comprometida de los proveedores de servicios, para ser más exactos. Con esto se consigue aumentar la rapidez de la respuesta proporcionada al cliente, porque si no hay capacidad de instalación, no se puede servir a tiempo.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta heurística son principalmente tres:

1. El primer objetivo persigue abordar la complejidad adicional de las dependencias con respecto a la fecha y lugar de entrega que pueden aparecer entre las diferentes líneas de pedido integrantes de un P-P. A través del procedimiento heurístico propuesto todos los escenarios definidos en la figura 2 estarían cubiertos. Además, es necesario destacar que la heurística desarrollada es válida para cualquier tipo de función de dependencia, es decir, no estaría restringida únicamente, por ejemplo, a dependencias de tipo lineal. A

través de este mecanismo se podría resolver, por ejemplo, el caso de una fecha de entrega de un producto p₃ que fuera una semana después de la máxima fecha de entrega de otros dos productos (p₁, p₂) del P-P ($FE(p_3) = \text{Max}(FE(p_1) + FE(p_2)) + 1$ semana).

2. El segundo objetivo consiste en reducir la complejidad del problema. Para lograrlo, el problema global de dar respuesta a una propuesta de pedido de un P-P se divide en tantos subproblemas como niveles de dependencia existan en un P-P. Estos subproblemas son resueltos secuencialmente, empezando desde el primer nivel "nivel 1" hasta el último "nivel N". Además, para cada subproblema de un nivel de dependencia dado, es posible diferenciar e independizar el BC del FC.

3. El tercer objetivo consiste en recoger cualquier tipo de preferencia de la red o del cliente con respecto a lugares y fechas de entrega en caso de que exista más de un posible valor. En caso de que un determinado producto del P-P presente un conjunto de valores para la fecha y lugar de entrega, el módulo gestor ordena, en primer lugar, ese conjunto de valores según una función de satisfacción (establecida por el cliente o la red) para, posteriormente, ir comprobando la factibilidad de cada una de ellas hasta encontrar la primera factible.

Para ver de forma simplificada cómo funcionaría el módulo gestor (figura 5) tomemos como ejemplo el que aparece en la figura 6. En este caso el módulo gestor dividiría la propuesta de pedido del P-P en dos líneas de pedido y establecería dos niveles de dependencia. La línea de pedido de los azulejos pertenecería al nivel de dependencia 1 (n=1) por presentar una fecha de entrega y un lugar de entrega independiente, mientras que la línea de pedido de los productos complementarios pertenecería al nivel de dependencia 2 (n=2) puesto que su fecha de entrega final depende de la fecha de entrega establecida para los azulejos. Tal y como se ha dicho anteriormente, el módulo gestor empezaría por el nivel de dependencia 1. Para cada nivel de dependencia n, el módulo gestor diferenciaría entre aquellas líneas de pedido que presentan valor en el campo fecha de entrega (rama backward) y las que no (rama forward). En el caso del nivel de dependencia n=1, sólo existe una línea de pedido y presenta un conjunto de valores en la fecha de entrega, por lo que sólo la rama backward se ejecutaría. A continuación el módulo gestor crearía la denominada MATRIZ BACKWARD. Esta matriz estaría compuesta por tantas columnas como líneas de pedido backward existan en un determinado nivel de dependencia multiplicadas por dos (fecha de entrega y lugar de entrega) y por tantas filas como posibles combinaciones con respecto a la fecha de entrega (DD) y lugar de entrega (DL) exista para dichas líneas de pedido. Además, dichas filas estarían ordenadas según una determinada función de satisfacción. Para el ejemplo bajo consideración, supongamos que el cliente desea que el lugar de entrega sea la "casa del cliente" dentro del rango de fechas de entrega [19..26] pero preferiblemente lo antes posible. En esta situación el Módulo Gestor, crearía una MATRIZ BACKWARD con dos columnas y ocho filas ordenadas de manera creciente. Así el Módulo Gestor, empezaría comprobando la factibilidad de entregar los azulejos en la casa del cliente el día 19 (fila r=1), luego el 20 (fila r=2), y así sucesivamente hasta encontrar la primera fecha factible. Para comprobar la factibilidad de una determinada fecha y lugar de entrega de los azulejos, el módulo gestor comprobaría primero, en caso de ser necesaria, si existe la suficiente capacidad de instalación (nivel 3). Si no hubiese suficiente capacidad de instalación, la heurística pasaría a

comprobar la siguiente fila de la MATRIZ BACKWARD, hasta encontrar la primera fecha factible o comprobarlas todas. Para los azulejos, la instalación no es necesaria por lo que este paso siempre daría factible. Para la fila factible (r) desde el punto de vista de la instalación de la MATRIZ BACKWARD bajo consideración, se pasaría a comprobar si existe alguna estrategia factible desde el punto de vista de los recursos de la red para satisfacer los requerimientos de la fila r a través de un llamada al módulo BC (nivel 2). En caso de que se estableciese como fecha de entrega candidata (DDC) para los azulejos el 20/04/2006, el siguiente paso consistiría en actualizar la MATRIZ BACKWARD de dicho nivel de dependencia de manera que sólo quedasen reflejadas aquellas filas cuya factibilidad no ha sido testada. A continuación se trataría de establecer la fecha de entrega candidata de los productos complementarios a partir de la función de dependencia definida para esta línea de pedido. Es decir, de crear la MATRIZ BACKWARD para el siguiente nivel de dependencia (n=2). En este caso concreto, la matriz anterior estaría compuesta por una sólo fila que reflejaría el único valor posible para la fecha de entrega de los productos complementarios: el 20+7/04/2006. La línea de pedido de los productos complementarios si requiere instalación, por lo que el módulo gestor llamaría al módulo CTP (nivel 3) de los instaladores y comprobaría si existe suficiente capacidad. En caso de que existiera, restaría a la fecha de entrega inicial de los productos complementarios el tiempo de instalación y con esta nueva fecha de entrega llamaría al BC para comprobar si la red es capaz de servir a tiempo dicho producto en la casa del cliente (lugar de entrega). En caso de que existiera alguna infactibilidad, el módulo gestor pasaría a comprobar si alguna otra fecha de entrega de los azulejos es factible (llamando a la MATRIZ BACKWARD actualizada del nivel de dependencia n=1), y derivaría la nueva fecha de entrega de los azulejos. Este proceso finalizaría bien cuando se hubiese encontrado una solución factible o cuando se hubiese comprobado la ausencia de la misma. En caso de que se hubiese encontrado una solución factible, el proceso establecería como fecha y lugar de entrega final (DDF y DLF, respectivamente) de cada una de las líneas de pedido las últimas fechas y lugares de entrega candidatos (DDC y DLC, respectivamente) y se las transmitiría al sistema.

4.3. Nivel 2: Módulos FC y BC

El segundo nivel se encuentra compuesto por el módulo FC y el BC. Como se ha comentado anteriormente, el módulo gestor activaría los módulos FC o BC para cada grupo de líneas de pedido pertenecientes al mismo nivel de dependencia y que presentasen la misma fecha de entrega y lugar de entrega. Esto se hace así, porque para este conjunto de productos existe la posibilidad de unificarlos y tratarlos como un único producto antes del lugar de entrega. Es decir, existe la posibilidad por parte de la red de definir el punto de consolidación (CP). El CP es el lugar donde coinciden físicamente y temporalmente todos o algunos de los productos del P-P y el lugar a partir del cual estos productos se manipulan conjuntamente como si se tratasen de un único producto (ver (3)). Una vez que el CP se ha definido para este subconjunto de productos, el BC y el FC se ejecutarían en dos etapas (figura 7): aguas arriba y aguas abajo del CP.

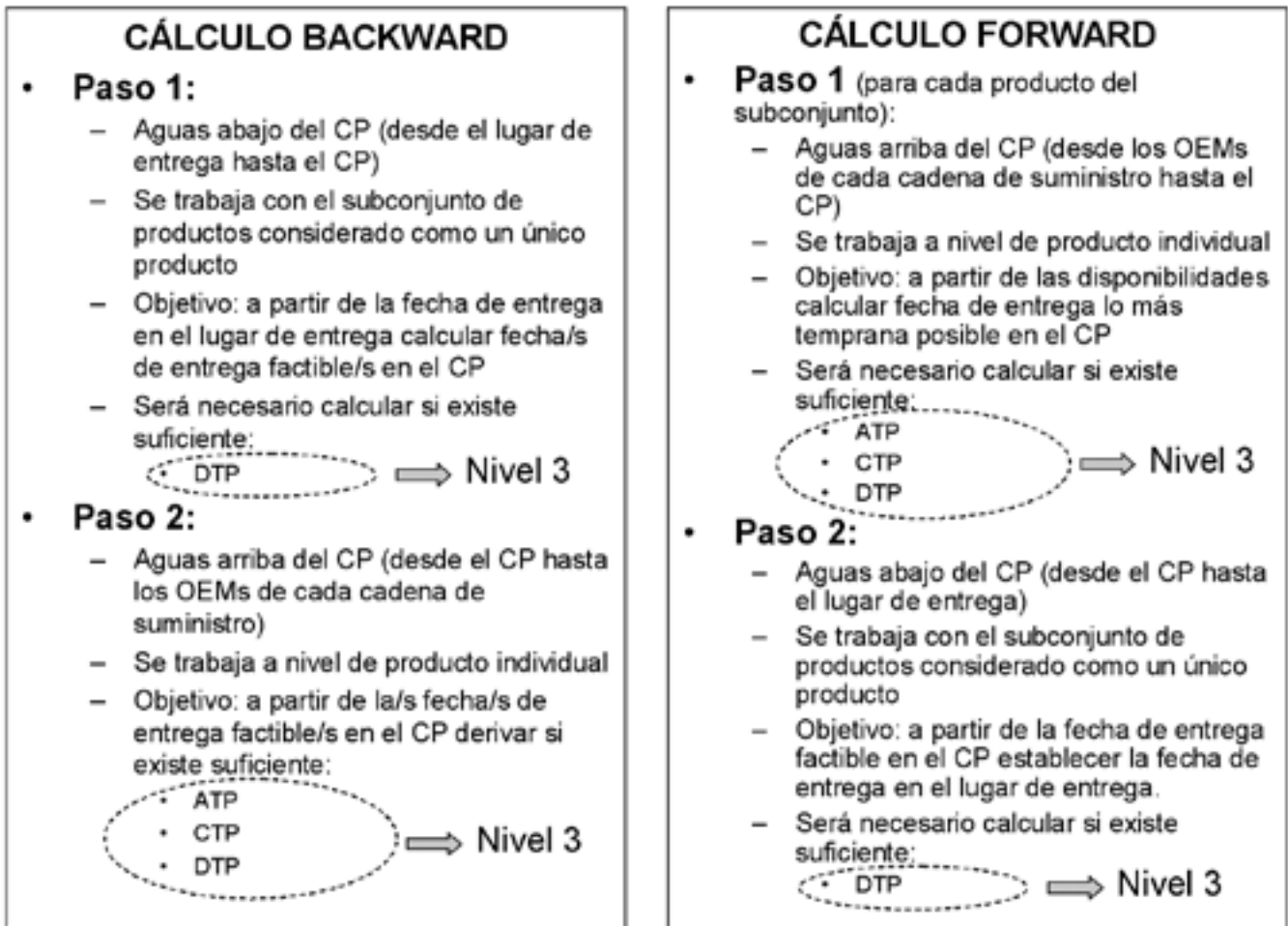


Fig. 7- Cálculo Backward y Forward en dos pasos.

de procesar finalmente cada producto individual. Llegados a este punto, cada producto perteneciente a un subconjunto se considera como independiente a través de su correspondiente cadena de suministro. Para cada producto perteneciente a un subgrupo específico se le asigna como lugar de entrega el CP y una fecha de entrega igual a la fecha de entrega calculada para el subconjunto de productos en el CP a través del primer paso. Una vez se calcula esta fecha de entrega, se puede considerar que empieza para cada producto un proceso de comprometer pedidos independiente con el objetivo de determinar si existe suficiente ATP, CTP y/o DTP (nivel 3) a través de la cadena de suministro de cada producto.

El tipo de disponibilidad (ATP, CTP) que se calcule en los nodos de la cada cadena de suministro dependerá de la estrategia de fabricación de las OEMs. Así, para el caso de los azulejos, como se trabaja con una estrategia de fabricación contra almacén será necesario calcular el ATP en los OEMs o en nodos de almacenamiento intermedios. Si no existiera suficiente ATP, se podría calcular adicionalmente el CTP en los nodos OEM. Como los productos complementarios se fabrican bajo pedido, en los OEMs únicamente se calcularía el CTP.

Para el segundo tipo de cálculo (FC), existe un proceso de atrás hacia delante para obtener las fechas de entrega y las cantidades necesarias en nodos intermedios de la red para alcanzar un determinado criterio. En este caso, el primer paso trata con los productos individuales integrantes del subgrupo de productos y su correspondiente

cadena de suministro. El proceso empieza con el cálculo del correspondiente nivel de disponibilidad necesario (ATP, CTP, DTP) (nivel 3) para cada producto individual perteneciente al subconjunto de productos. En base a las cantidades necesarias y las disponibilidades, el proceso establece las fechas de entrega factibles en las que cada producto puede estar listo en el CP. En un segundo paso, aguas abajo del CP, todos los productos pertenecientes al subgrupo de productos se tratan como si fuesen un único producto. Posteriormente, la comparación entre las capacidades de distribución necesarias para el subconjunto de productos con el DTP hace posible proporcionar una fecha en la que el subconjunto de productos estará disponible físicamente en un determinado lugar de entrega. La fecha de entrega final deberá tener en cuenta los posibles servicios asociados al subconjunto de productos (por ejemplo, la instalación).

Como puede observarse a través de este procedimiento, no sólo se consigue una simplificación del proceso global de cálculo sino que es posible una coordinación entre las diferentes cadenas de suministro y el cálculo de diferentes niveles de disponibilidad (ATP, CTP) reflejo de diferentes estrategias de fabricación.

4.4. Nivel 3: Módulos ATP, CTP y DTP

En la sección anterior se muestra como tanto el BC como el FC (nivel 2) requieren conocer de los niveles de disponibilidad

de los diferentes recursos de la red. Para proporcionarles dicha información se definen en el último nivel (nivel 3) tres módulos:

- ◆ El módulo ATP es responsable de calcular la disponibilidad de productos finales no comprometidas de un determinado producto

- ◆ El módulo CTP calcula la disponibilidad no comprometida de los recursos de fabricación (OEMs) implicados en la fabricación de un determinado producto y los implicados en la realización de un servicio asociado a los productos (como por ejemplo, la instalación).

- ◆ El módulo DTP calcula la disponibilidad de los recursos de distribución no comprometida implicados en la distribución de un producto individual o de un subgrupo de productos.

El método de cálculo de cada tipo de disponibilidad ha sido investigado por diferentes autores: (9) muestra diferentes métodos para calcular el ATP; (10) sugieren una simple técnica para calcular el CTP utilizando técnicas de capacidad finita. Sin embargo, en la literatura consultada sobre el tema de comprometer pedidos se ha detectado una carencia de trabajos que traten el tema del DTP y por tanto, una ausencia de método de cálculo para el mismo.

Aunque las empresas cerámicas trabajan contra almacén, las propias características tecnológicas productivas hacen que el cálculo tradicional del ATP resulte insuficiente. En la mayoría de las empresas pertenecientes al sector del pavimento y revestimiento cerámico cada pieza debe ser inspeccionada y clasificada. Ello implica que, normalmente, cada modelo debe ser almacenado por subgrupos en función del tono y del calibre, lo que supone la necesidad de un sistema de almacenamiento y distribución que tenga en consideración estos elementos (11). Lo anterior afecta, lógicamente, al cálculo del ATP. En el sector cerámico para comprometer una propuesta de pedido de un producto determinado será necesario calcular diferentes ATPs (función del tono y del calibre) en un mismo nodo de almacenamiento. Además, el proceso se complica porque, normalmente, se deberá satisfacer el pedido de un cliente en base al mismo tono y calibre del producto. Esto implica que las diferentes disponibilidades función del tono y del calibre (ATPs) de un mismo producto no se puedan unificar a la hora de satisfacer un pedido de un cliente. Por otro lado, debido a la existencia para un mismo producto de diferentes ATPs basados en el tono y el calibre, será necesaria la definición de un método que elija de la manera más eficiente posible el tono y el calibre del ATP que se va a utilizar para satisfacer el pedido.

Por otro lado, las nuevas presiones del mercado global hacen necesario potenciar las actividades del final de la cadena de valor del sector cerámico (2), especialmente las relacionadas con el objetivo de maximizar la satisfacción del cliente. La necesidad de agilización de la cadena de suministro en su parte final implica un cambio de estrategias pasando de calcular las disponibilidades basándose en las disponibilidades no comprometidas de producto final (ATP) a las basadas en capacidad (CTP). La metodología de solución propuesta se encuentra diseñada para soportar cambios de este tipo pues permite la combinación de diversos niveles de disponibilidad. Por otro lado, un primer paso para el cálculo del CTP es el desarrollo de herramientas de programación de producción que permita resolver adecuadamente los problemas y responder a las necesidades actuales de diversificación y diferenciación de productos (12). Ya que el cálculo del CTP real, requiere conocer el estado de la programación de los trabajos.

5. CONCLUSIONES

La situación actual del mercado cerámico obliga a las empresas a realizar cada vez mayor número de productos y mejorar el servicio al cliente, así como adaptarse a los cambios en los gustos de los consumidores. El nivel de servicio al cliente se perfila clave como un arma competitiva y de posicionamiento de este tipo de empresas en el sector. En este sentido, tanto la oferta de productos novedosos desde el punto de vista del diseño (p.e. el P-P) como el establecimiento de fechas de entrega fiables a través de un adecuado proceso de comprometer pedidos, resulta de vital trascendencia. En el presente artículo se ha descrito una metodología de solución para abordar el proceso de comprometer pedidos de un P-P capaz de tratar con todos los escenarios posibles en este contexto (ver (3)) y dar respuesta a las diferentes particularidades que este hecho conlleva. El proceso de comprometer pedidos de un P-P es más complejo que el tradicional, no sólo por que se deben coordinar diferentes cadenas de suministro con distintos objetivos, políticas, estrategias de fabricación, etc. sino también por las características intrínsecas de la propia propuesta de pedido. Para una propuesta de pedido de un P-P es posible definir diferentes lugares y fechas de entrega para cada uno de los productos integrantes del P-P siendo posible incluso definir algún tipo de dependencia entre ellos. La fecha y lugar de entrega pueden ser no sólo un valor único sino un rango o conjunto de valores. Además, en este último caso se ha mostrado como es posible incorporar las preferencias del cliente o de la red a la hora de establecer una fecha y lugar de entrega final entre todos los posibles.

La metodología de solución propuesta no sólo da respuesta a las anteriores particularidades sino que a través de su estructuración en tres niveles es capaz de reducir la complejidad global del problema. El nivel 1 (Módulo Gestor) tiene el objetivo de gestionar los diferentes escenarios (ver (3)) a través de la adecuada combinación de llamadas a los métodos de cálculo FC y BC (nivel 2). Los procedimientos de cálculo BC y FC se han estructurado en dos pasos y consisten en la adecuada activación del cálculo de los niveles de disponibilidad (ATP, CTP, DTP) a lo largo de las rutas definidas en la red. Aunque muchos de los modelos existentes comprueban el ATP, pocos el CTP y muy pocos la combinación de ATP y CTP simultáneamente, la metodología propuesta incluye no sólo el cálculo del ATP y/o CTP dependiendo de la estrategia de fabricación de los OEMs de cada cadena de suministro (bajo pedido, contra almacén, ensamblaje bajo pedido, etc) integrantes de la red, sino que también trata con el cálculo de las disponibilidades de capacidad de los proveedores de servicios (CTP instaladores) y de los recursos de distribución (DTP). No se tiene constancia de ningún trabajo que contemple el cálculo de estos dos tipos de disponibilidad aunque es claro que ambas son tan importantes como el resto para proporcionar la entrega del P-P a tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido desarrollada parcialmente en el marco del Proyecto 'Extended Collaborative Selling Chain' (ECOSELL), GRD1-2001-40692, perteneciente al V Programa Marco de la Unión Europea (Competitive and Sustainable Growth).

BIBLIOGRAFÍA

1. E. Sánchez, J. García-Ten, M. Regueiro. «Materias para la industria cerámica española. Situación actual y perspectivas». Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 45 [1], 1-12, (2006).
2. J. Albors, J.L. Hervás, «La industria cerámica europea en el siglo XXI. Retos tecnológicos y desafíos de la próxima década». Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 45 [1], 13-21, (2006).
3. M.M.E. Alemany, F.Alarcón, A. Ortiz, F.-C. Lario, M. A. Bengochea, «El proceso de comprometer pedidos de un paquete de productos integrado por productos del sector cerámico y productos complementarios: Descripción y caracterización de la problemática», Bol. Soc. Esp. Ceram. V. Aceptado para publicación.
4. C.-Y. Chen, Z.-Y. Zhao, M.O. Ball. «Quantity and due date quoting available to promise.» Inform Syst Front, 3, 4, pp. 477-488 (2001).
5. C.-Y. Chen, Z.-Y. Zhao, M.O. Ball. «A model for batch advanced available-to-promise.» Prod Oper Manag, 11, pp. 424-440 (2002).
6. R. Pibernik, «Advanced available-to-promise: Classification, selected methods and requirements for operations and inventory management». Int J Prod Econ, 93-94, pp. 239-252 (2005).
7. M.O. Ball, C.-Y. Chen, Z.-Y. Zhao «Available to promise», Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era. Editado por D. Simchi-Levi, S.D. Wu, Z.M. Shen.(Kluwer Academic Publishers) (2004).
8. F. Alarcón «Desarrollo de una Arquitectura para la definición del proceso de Comprometer Pedidos en contextos de Redes de Suministro Colaborativas. Aplicación a una Red compuesta por Cadenas de Suministro en los Sectores Cerámico y del Mueble.» Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia (2005).
9. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., Hoffmann, T.R., «Master Scheduling», pp.121-153, Production & Inventory Management, South Western (1991).
10. Taylor, S.G., Plenert, G.J., «Finite Capacity Promising», Prod Inventory Manag J, 40, pp. 50-56 (1999).
11. I. Tortajada, G. Peris-Fajarnés, M. Aguilar, P. Latorre. «Análisis del proceso de clasificación cerámico». Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 45 [1], 22-27 (2006).
12. E. Vallada, C. Maroto, R. Ruiz, B. Segura., «Análisis de la programación de la producción en el sector cerámico español».Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 44 [1], 39-44 (2005).

Recibido: 23.01.06
 Aceptado: 10.04.06

