

Planeamiento de la Producción industrial en Plantas distribuidas con Productos complejos

Armando De Giusti¹, Patricia Pesado², César Estrebou³, Nicolás Galdamez³, Andrés Romero³, Lucrecia Moralejo³

Instituto de Investigación en Informática (III-LIDI) – Facultad de Informática – UNLP

RESUMEN

Se presenta un análisis del sistema de planeamiento de la producción industrial, en el caso de plantas distribuidas con productos complejos.

En general el problema de la distribución física de la planta agrega varios elementos a la complejidad intrínseca del planeamiento de la producción, fundamentalmente por el tema de los recursos físicamente distantes (máquinas, materias primas, operarios), los tiempos de movimiento de los diferentes stocks así como la centralización/distribución del control de calidad.

Por otra parte se aborda el caso de los “productos complejos”, entendiendo por tales aquéllos en los que el Análisis de producción contiene no sólo materias primas, sino también productos semielaborados (en 1 o más niveles) cuya producción debe planificarse coherentemente con los productos “finales”. Esta estructura requiere una descomposición en niveles de los recursos de stock/semielaborados requeridos para cumplir los planes de producción, con relaciones de interdependencia que requieren validar el orden de producción.

Por último se discuten diferentes criterios de optimización de los planes de producción, analizando los resultados obtenidos con un enfoque basado en la reducción de complejidad en la gestión de planta.

Palabras Clave: *Planeamiento de la producción industrial, Sistemas distribuidos, Análisis de producción, Optimización multiobjetivo.*

Workshop de Procesamiento Distribuido y Paralelo.

1 Investigador Principal CONICET. Profesor Titular D.E. Facultad de Informática UNLP. degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

2 Profesor Titular D.E. Facultad de Informática UNLP. Profesional CIC. ppesado@lidi.info.unlp.edu.ar

3 Alumno de la Facultad de Informática. Becario III-LIDI {cesarest, ngaldamez, aromero, lmoralejo}@lidi.info.unlp.edu.ar

Esta investigación es financiada por la CIC (Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires)

1- Introducción

La planificación de la producción en la industria es un proceso complejo, que involucra diferentes subsistemas tales como Manejo de Stocks, Análisis de Componentes para la Producción, Máquinas en Planta, Ordenes de Pedido de Clientes, Planificación/Optimización de la Producción, Planes de Trabajo por períodos, Partes de Producción, Recursos Humanos en Planta, Clientes, Proveedores y Almacenes. [1], [2], [3], [4].

La informatización e integración de información de las diferentes fuentes en un Sistema de Planeamiento de la Producción permite un perfeccionamiento y agilización en la toma de decisiones que resulta esencial en la productividad de las empresas.

En general las empresas PYME de la Provincia y del país tienen una baja utilización de los recursos que ofrecen las TICs para la mejora de la productividad. Por otra parte, para empresas PYME es un alto costo incorporar este tipo de sistema informático y la capacitación en su utilización.

El Sistema de Planeamiento de la Producción resulta entonces uno de los más demandados (especialmente por empresas pequeñas y medianas que realizan el planeamiento de la producción en forma manual o con un experto y escaso soporte informático) para mejorar los tiempos de respuesta y disminuir los costos asociados con una incorrecta asignación de recursos (máquinas, turnos de operarios, stock ocioso de materias primas). [5], [6], [7].

La disponibilidad de este tipo de producto obliga también a una actualización tecnológica (y de procedimientos) dentro de las empresas PYME lo cual las acerca a estándares de calidad requeridos por el mercado internacional.

La experiencia en el análisis de diversas empresas [8], [9], [10], [11] demuestra la necesidad de disponer de sistemas flexibles de Planeamiento de la Producción, que se puedan parametrizar en función de características de cada tipo de planta y de la función objetivo o multiobjetivo a optimizar.

Por otra parte, normalmente los sistemas de Planeamiento de la Producción requieren un alto grado de interacción con el usuario técnico, a fin de contemplar el conocimiento de la heurística del problema. [12].

En particular es muy importante la aplicación de Sistemas de Planeamiento de la Producción en entornos con Plantas, Almacenes y Gestión distribuida, tal como se muestra en la Figura 1:

La distribución de las máquinas y la posibilidad de tener replicación de tipos de máquinas para clases de productos en las diferentes plantas permite un “balance de carga” así como la planificación de los períodos de mantenimiento programado en este modelo de sistema distribuido.

La generación de los Planes de Producción (globales y particulares para cada planta) puede estar centralizada o distribuida. En el estudio realizado se consideró que el Centro de Planificación es único y se encarga de adquirir los datos necesarios para la definición de los Planes. [13].

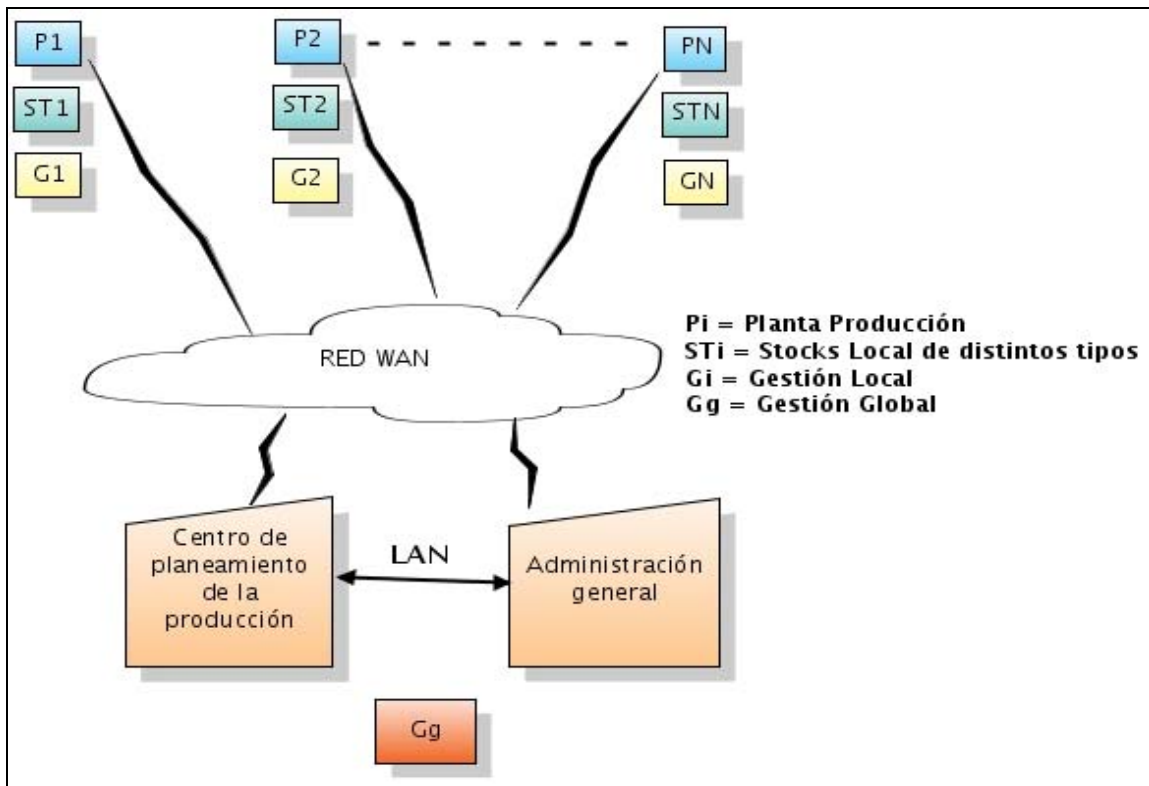


Figura 1

Tal como se indica en la figura 1, el sistema de almacenamiento puede también estar distribuido (con o sin replicación de materias primas y productos terminados) con lo cual debe estudiarse la matriz de asignación de estos recursos a las plantas de producción, para optimizar los movimientos de stock.

El tiempo asociado con estos movimientos resulta importante en la disponibilidad de los recursos y también en la respuesta a los pedidos de los clientes. [14], [15]. La Figura 2 muestra el flujo de materias primas y de productos terminados, así como se indica la necesidad de movilizar productos semi-elaborados que a su vez son componentes de los productos finales.

En cada planta (o en cada Unidad de recepción de stock) debe disponerse de los elementos técnicos para realizar el control de calidad que se establezca. Este tema no es menor, porque descentralizar los controles de calidad disminuye los costos de transporte inútiles, pero al mismo tiempo incrementa el costo fijo en cada unidad de producción. [16]

En estos sistemas existe un “stock de seguridad” (distribuido en nuestro caso) que debe tenerse en cuenta en la planificación. Por otra parte es habitual que en el caso de las materias primas el tiempo de reposición (debido a los tiempos de respuesta de los proveedores) sea variable según el producto y su origen.

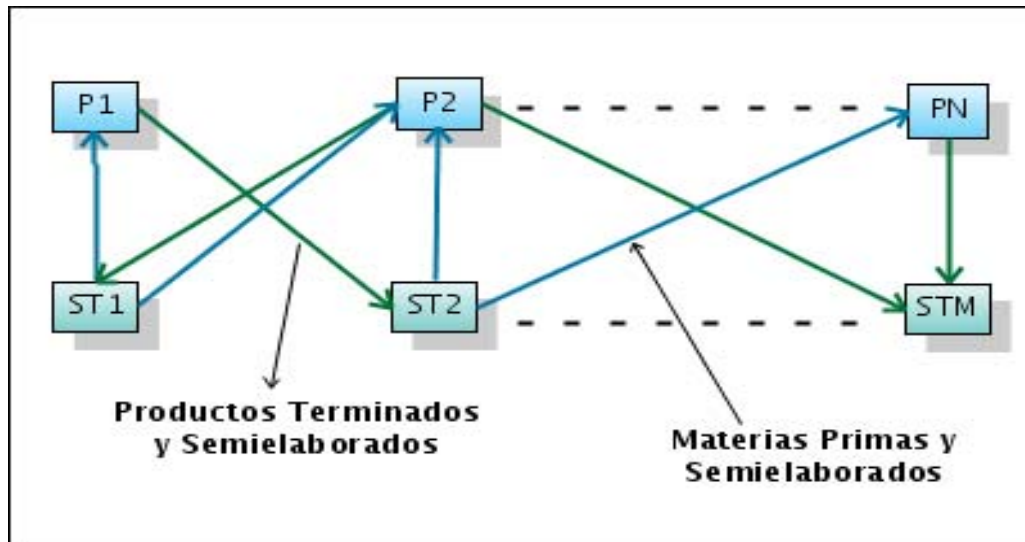


Figura 2

Dos nociones son importantes para completar este análisis conceptual:

- Normalmente existe alguna función multiobjetivo F que depende de los recursos (máquinas, operarios, stock), de los costos (de materias primas, productos semielaborados y productos finales), de la prioridad de los clientes y del tiempo cuya optimización (o la obtención de un óptimo relativo al menos) será el eje de la función de planificación. $F(Mi, Op, St, Ci, Cl, T)$. Decimos que se trata de una función multiobjetivo porque (tal como se discute en el punto 5 de este trabajo) podemos buscar un óptimo relativo según varios ejes de la actividad de la organización y combinar una solución híbrida que tenga en cuenta 2 o más de estas soluciones parciales.
- Nos interesa estudiar las fábricas de “productos complejos”. Se denominan así aquellos productos finales cuyo análisis de producción tiene varios niveles, requiriendo la fabricación de componentes intermedios (semielaborados) que a su vez pueden tener análisis de producción con otros semielaborados en su fórmula. Típicamente la industria electrónica ofrece ejemplos de esta clase donde los productos finales requieren la fabricación de subsistemas que a su vez pueden tener plaquetas y recién luego llegar al nivel de componentes. De hecho subsistemas y plaquetas pueden ser parte de los Análisis de fabricación de diferentes productos finales. Esta noción de “reuso” aparece también en industrias como las de pinturas/barnices y en el desarrollo de medicamentos. [17], [18].

2- Caracterización de la clase de problema de Planeamiento de la Producción estudiado

En este trabajo nos hemos concentrado en plantas medianas multi máquina y multi producto, en las que existe más de un punto de producción y una administración centralizada.

Todos los productos tienen un Análisis de producción conocido, pero en su composición pueden aparecer productos semielaborados, que a su vez tienen su propio Análisis de producción. De este modo un plan de trabajo para una de las plantas (diario, semanal, mensual, etc.) significa la fabricación de los productos finales y los productos intermedios en un orden adecuado para no generar bloqueos innecesarios.

En un principio nuestro modelo simplificará algunos aspectos: trataremos una distribución de los recursos (máquinas, operarios) en las plantas de modo que los productos finales a producir en cada una de ellas sea un conjunto disjunto respecto de las otras plantas. De este modo en la planificación se reduce la complejidad de la decisión de la planta donde se debe producir un producto determinado.

Asimismo en una primera etapa del modelo, las restricciones de máquinas y operarios servirán para determinar tiempos de respuesta, pero no hemos considerado tiempos ociosos de máquinas por fallas, ni la posibilidad de agregar turnos extra en los operarios para obtener una disminución en los tiempos promedio de fabricación.

Por último el transporte tiene límites conocidos para los flujos de materia prima hacia las plantas y de retorno de productos elaborados hacia el centro de administración y distribución.

Dividiremos el Análisis en 3 puntos: el problema de los requerimientos y recursos, el problema de los análisis de fabricación de productos complejos y el problema de la planificación de la producción y su optimización.

3- Requerimientos y Recursos

El modelo de planta estudiada tiene dos fuentes de generación de pedidos de productos finales, en un dado intervalo de tiempo T :

- Los pedidos directos de Clientes (Pdc) que son recepcionados en la Administración Central. (abarcando un período de tiempo breve $T_1 < T$ ya que normalmente la demanda es inmediata).
- La proyección de Ventas (Pv), que genera la propia organización. Normalmente estas proyecciones tienen en cuenta datos históricos y contemplan todo el intervalo T e incluso múltiplos de T (por ejemplo $T = 2$ meses y se dispone de proyecciones tentativas a 2, 4 y 6 meses).

Así resulta que Pedidos en una cierta función $F(Pdc, Pv, t)$ donde t es la variable tiempo.

Es interesante considerar el impacto de la incertidumbre que se origina en estos dos mecanismos: por un lado si T_1 es muy corto (pensemos 1 día para simplificar), obliga a ajustar los planes de producción dinámicamente para asegurar un tiempo de respuesta acotado.

Por otro lado si el Planeamiento se basa en las proyecciones de Venta y extendemos T aumenta el grado de error esperable y el riesgo de tener excedentes o faltantes de producción (que se traducen en costos directos como el Stock ocioso o indirectos como el incumplimiento de plazos con el Cliente).

Como consecuencia inmediata del análisis anterior, la organización requiere de un Stock crítico St_c de productos terminados que aseguren la respuesta a los clientes más allá de algún error en la proyección de la demanda. Este Stock crítico se medirá en días y se ajustará dinámicamente con la demanda, partiendo de las proyecciones de venta.

Debe notarse que el nivel de Stock crítico determina un costo que se reducirá cuanto más preciso sea el Sistema de Planeamiento de la producción. Éste objetivo estará presente en el desarrollo de la heurística de Planeamiento.

También debemos considerar que el tiempo de respuesta de los proveedores a los requerimientos de Materia Prima puede ser variable (al menos asociado con la Materia Prima en particular), lo que resulta en una restricción que debe contemplarse en la Planificación.

Si analizamos los Productos Terminados (Pt), los procesos asociados con su Análisis de Producción y las máquinas disponibles (Mq) en cada Planta (Pi) tendremos de mínima una matriz por Planta que relacione las Máquinas asignables a la fabricación de cada Producto y los tiempos/costos asociados.

Estas matrices constituyen un elemento importante en la Planificación, al que se agrega la relación de dependencia entre un Producto Terminado y los Productos Semi-elaborados (Pse) que entren en su fórmula, ya que éstos a su vez utilizan las máquinas disponibles en las Plantas.

Es interesante notar que para algunos modelos de Planta se requiere un componente “intermedio” de personalización de la máquina para ser empleada en la fabricación de un determinado Pt o Pse. Este es el caso de los moldes en el caso de plantas tales como las de inyección de plástico o extrusión de aluminio.

Volviendo por un momento a la Figura 2, el flujo de Stock tiene dos componentes principales y una restricción general:

- Desde los depósitos de Stock se envían materias primas y productos semi-elaborados a las Plantas, para tener los elementos necesarios para la producción de los Pt que se hayan planificado para el intervalo de tiempo T .
- Desde las Plantas se devuelven Productos terminados y también semi-elaborados a los depósitos que correspondiera, incluyendo la Administración Central si el despacho de productos terminados se concentrara en ese punto.
- La restricción general es el número de camiones de transporte por unidad de tiempo que la organización puede emplear (en cualquier sentido). Esto limita el tonelaje diario de movimiento y fija restricciones a la Planificación de la producción y también a los plazos de entrega a los clientes.

4- Análisis de fabricación de Productos complejos.

Uno de los aspectos fundamentales en el Planeamiento de la Producción está relacionado con la definición del Análisis de Producción (AP) para un artículo a ser fabricado en la planta. En los casos de productos “simples”, el análisis involucra sólo un conjunto de materias primas Mp y cantidades Cmp asociadas al proceso. En el caso de los “productos complejos” el análisis de producción comprende no sólo materias primas, sino también productos semielaborados Pse (en 1 o más niveles) cuya producción debe planificarse coherentemente con los productos “finales”.

En todos los casos habrá un conjunto de procesos (Pr), el ordenamiento relativo de los mismos y los tiempos involucrados: $AP = F (Mp, Cmp, Pse, Cse, Pr, t)$

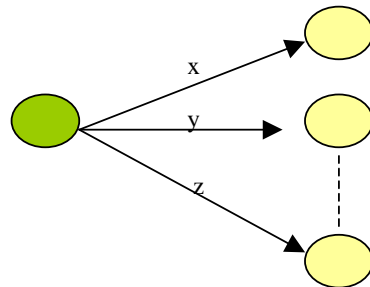
Llamamos *explosión* a la presentación por niveles de todas las necesidades de materias primas (Mp) y productos semielaborados (Pse) que permiten fabricar un producto terminado (Pt).

Como consecuencia del anidamiento de Análisis en el caso de “productos complejos”, se podría ver la explosión como un grafo cuyas hojas serían las Mp, en los niveles intermedios los Pse para finalmente encontrar en los nodos de partida los Pt.

Las aristas contienen las cantidades de los componentes de un análisis de producción en particular.

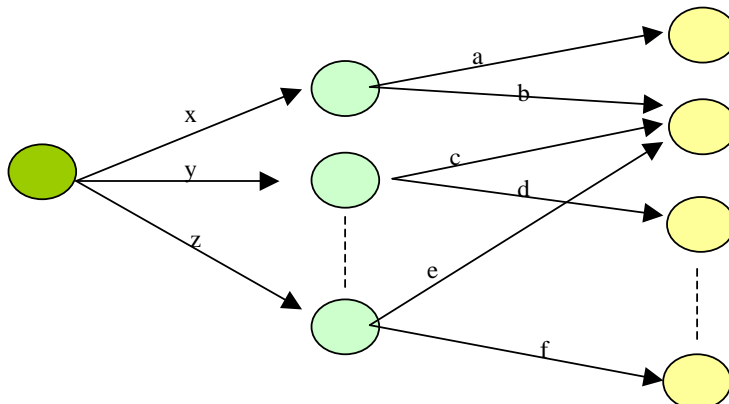
Grafos de explosión de Productos Simples y Complejos

4.1-Explosión de Pt “simple” (la explosión sólo retorna Mps)

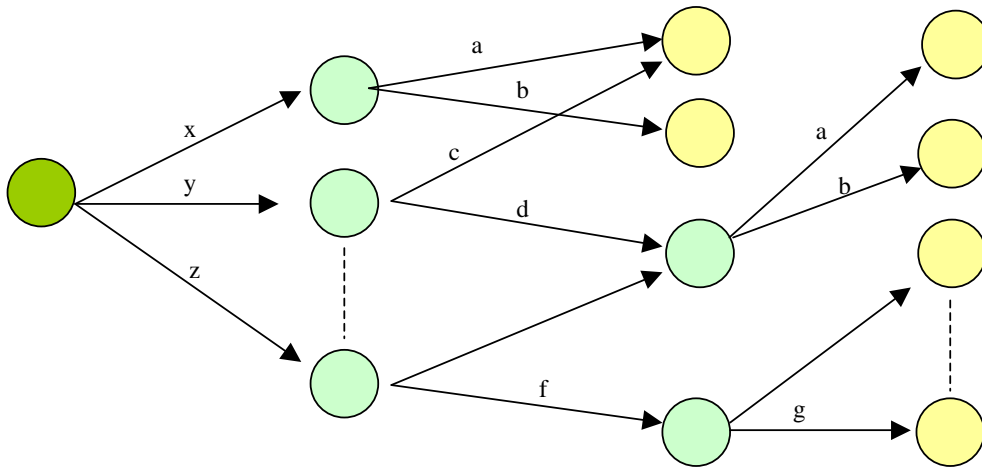


4.2-Explosión de Pt “complejos”

4.2.1.) Con un nivel de semielaborados



4.2.2-Con varios niveles de semielaborados



5- Planificación de la Producción. Estrategias de optimización.

El primer punto a parametrizar en la función de Planeamiento de la Producción es el intervalo de tiempo que se utilizará en el ciclo “Planificación-Producción-Actualización”. En el caso de Plantas con productos complejos y demanda variable, a la que se agrega la incertidumbre propia de la función de Proyección de Ventas, el ajuste de este intervalo resulta esencial.

Hemos trabajado con 3 variables de tiempo:

- T es el período “a mediano plazo” sobre el que se calcula la producción tentativa futura y se proyectan las compras de materias primas necesarias. Típicamente se ha utilizado 2,3 y 6 meses para T.
- T1 es el intervalo para el que se planifica, con órdenes de producción aprobadas y en principio fijas. Hemos utilizado $T1 = T/3$ y $T1 = T/4$ para probar el ajuste a las variaciones de la demanda.
- T2 es el intervalo mínimo de corrección de la planificación, en base a la evolución de las ventas y pedidos en el período actual de producción T1. En todos los casos se adoptó $T2 = T1/2$, para permitir 1 ajuste del planeamiento de la producción por ciclo.

El sentido que tiene T2 (supongamos 2 semanas para $T1 = 4$ semanas y $T = 12$ semanas) es observar la evolución de las ventas y corregir las proyecciones para el siguiente T2 y los recursos necesarios para los próximos ciclos T1 (en este caso hay 3 ciclos T1 antes de completar T). Esto permite también asegurar el mantenimiento del stock de seguridad de los Productos Terminados y Semielaborados.

En la parametrización de la función multiobjetivo a optimizar se han discutido diferentes prioridades (en algunos casos contradictorias):

Minimizar los stocks ociosos: Se trata de una estrategia que trata de producir “just in time” reduciendo al mínimo las compras preventivas. Para esto se utilizan proyecciones de venta “seguras” o de caso peor y se acortan los períodos T, T1 y T2. El costo indirecto es la pérdida de seguridad en los plazos de entrega a los clientes y/o la exigencia de incorporar turnos adicionales o transporte adicional a los previstos (con un costo mayor).

Disminuir los tiempos de entrega: Una estrategia opuesta a la anterior consiste en trabajar con proyecciones optimistas de ventas y asegurando el almacenamiento local de materias primas y productos semielaborados para reducir al mínimo el tiempo de respuesta a los clientes. Si bien en algunos casos responde a una política de inserción en el mercado por aportar una ventaja competitiva, también incrementa el costo financiero de los stocks inmóviles.

Simplificar la gestión de planta, minimizando los bloqueos: Dado el problema de los productos complejos, que obliga al análisis del grafo de dependencia entre productos semielaborados y finales, así como al estudio de los casos posibles de fabricación “paralela”, una estrategia de planeamiento que responde muy bien a la organización interna es priorizar (en la primer parte del período T1) la producción de productos semi-elaborados, de modo de asegurar la disponibilidad de los mismos al encarar (en la segunda fase de T1) la fabricación de los productos terminados. El costo de esta estrategia es una demora “de startup” para las entregas a los clientes. Su mayor beneficio es facilitar la organización interna en las plantas.

Asegurar el mantenimiento de los stocks críticos: Se estudiaron diferentes políticas respecto del Stock crítico, desde mantener cantidades fijas por producto a cantidades variables de los mismos (asociadas con el número de días de demanda que se quisiera satisfacer) y también políticas “dinámicas” en las que el nivel de Stock crítico se ajusta en cada T2 de acuerdo a los producido, las ventas actuales y lo proyectado para el siguiente T1. Esta última estrategia resulta la más adecuada y al mismo tiempo la más compleja.

Optimizar el flujo financiero: Naturalmente el flujo de caja de la empresa está condicionado al orden de fabricación que se decida en el Planeamiento de la Producción. En el caso de PYMEs esto resulta particularmente importante y se desarrollaron los algoritmos para que sea elegible una estrategia de flujo de caja óptimo (lo cual condiciona las compras y al mismo tiempo puede retrasar los tiempos promedio de entrega de productos finales).

En el sistema se desarrollaron las heurísticas para cada uno de estas 5 prioridades y el Planificador puede contar con las soluciones como alternativas “elegibles”.

Hasta el momento el trabajo concreto en planta ha optado por la tercer estrategia (*Simplificar la gestión de planta, minimizando los bloqueos- SGP*) dado que se ha trabajado con un caso en el que existe capacidad ociosa en las plantas y este esquema tiende a obtener igual tiempo global de respuesta con una organización interna simple.

6- Modelo y solución desarrollada.

Se ha desarrollado un modelo de sistema distribuido para la gestión de plantas PYME distribuidas, multi máquina y multi producto con posibilidad de atender el caso de fabricación de productos complejos. Para esto se ha utilizado una arquitectura distribuida centrada en un servidor WEB instalado en la administración central y con conexión de InterNet a las plantas y depósitos de stock.

La estrategia de optimización elegida ha sido la de SGP utilizando un ordenamiento temporal que asegura la ausencia de bloqueos, ordenando primeramente los productos semi-elaborados a fabricar que se requieran en las fórmulas de los productos finales.

El control en tiempo real de la producción se logra con la actualización inmediata del stock a través de los partes de producción, así como de los remitos de proveedores y a clientes. Los partes de producción permiten también reflejar el cumplimiento de las órdenes de producción planificadas diariamente.

El departamento de Ingeniería de la organización puede controlar el tiempo real el avance de los planes de producción previstos para T2 y T1, al mismo tiempo que tiene la información del flujo de compras y de transporte para cumplir lo especificado en el plan.

Actualmente se ha instanciado una primer solución al modelo, en el marco del FONTAR “Desarrollo de herramientas digitales para mejorar las estructuras de la producción, control de la producción, carga de máquinas, abastecimiento de materias primas y servicios, trazabilidad, almacenamiento y distribución de Productos Terminados“ para una empresa de tintas y barnices. Este caso tiene 2 Plantas físicamente distantes más de 1000 Km. y centraliza la administración, planificación y control del transporte en Buenos Aires. Tiene depósitos distribuidos de Stock y control diario de los mismos, que se refleja en la BD central.

Los principales elementos del modelo analizado son:

Stock: Se debe manejar el stock considerando que se tienen materias primas requeridas para la producción, productos terminados y productos semielaborados que pueden ser comercializados o utilizados para completar un producto final. En todos los casos se visualizan los costos/precios.

Máquinas: En este caso se tienen reactores, dispersores y mezcladoras que son las máquinas adecuadas para diferentes productos. El manejo de las máquinas, su capacidad de producción y su estado (por ejemplo si están utilizables o en mantenimiento) permite la planificación a futuro de la producción. Además se tiene en cuenta que los productos se asocian a posibles máquinas, a fin de evitar tiempos y costos de preparación por cambios de tipo o color de las pinturas.

Operarios: Desde el punto de vista de la producción, es importante tener un manejo de las personas capacitadas para utilizar para las diferentes máquinas. Su actividad puede reflejarse en el parte de producción, para análisis de rendimiento de la planta.

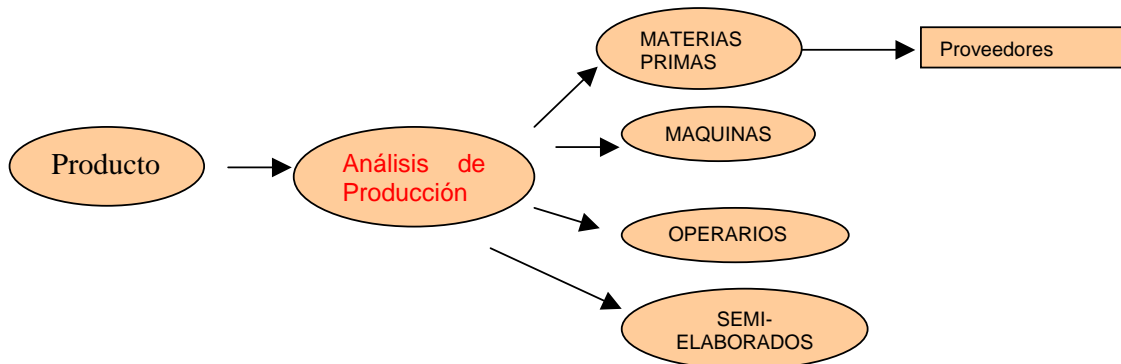
Cientes: Desde el punto de vista de la producción, es importante tener un manejo de los datos básicos de los clientes y su prioridad. Por otra parte puede servir para fines estadísticos. La información de base de los clientes se encuentra en un subsistema que utiliza la empresa para sus procesos de facturación.

Proveedores: Desde el punto de vista de la producción, es importante tener los proveedores/proveedores alternativos de las materias primas y sus tiempos de respuesta/grado de cumplimiento. La información de base de los proveedores se encuentra en el subsistema que utiliza la empresa para sus procesos de facturación.

Almacenes: Si bien pueden estar asociados al stock, es conveniente tener en cuenta los lugares físicos de almacenamiento de los diferentes tipos de stock, para su mejor ubicación y seguimiento.

Sistema de producción:

Análisis de Producción: cada producto final (o semielaborado) tiene una fórmula propia que indica las materias primas, los productos semielaborados, los recursos adicionales necesarios para su producción (ejemplo el tipo de máquina donde se puede hacer), los tiempos y el scrap o pérdida promedio asociada con su fabricación. La explosión del stock (y sus costos) asociada con la producción es esencial para tener información confiable. También deben figurar los tiempos medios de producción.



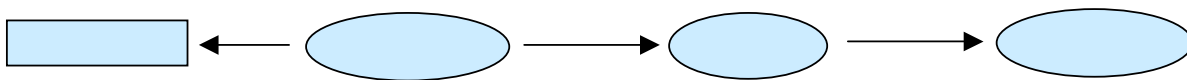
Esquema de los elementos participantes en el análisis de producción

Pedidos/Proyecciones de Venta: El manejo de las órdenes de pedido es el elemento a tener en cuenta para poder planificar o modificar/actualizar un plan vigente. Los pedidos se asocian también con los clientes que se utilizarán en los remitos y facturas (en principio esta información se capturará de subsistemas ya activos y sólo se debe intercambiar información con ellos).

Planificación de la Producción: Este subsistema debe poder buscar un óptimo (semanal o mensual) para la producción que se planifique, en base a una proyección de ventas y pedidos especiales, así como ajustar las nuevas órdenes que entren diariamente para obtener una planificación que trate de optimizar diferentes parámetros (ejemplo: tiempo medio de respuesta, clientes prioritarios, monto final a facturar, etc.). Presenta opciones y permitir la interacción con el experto en planificación, para definir el plan de acuerdo a las necesidades del momento.

Ordenes de Producción: El sistema debe realizar la asignación de máquinas a cada orden de producción. De esta manera se podrá realizar el seguimiento de la fabricación, planificación y cálculo de capacidad, y obtener indicadores de productividad, utilización, etc. El sistema entrega la información de la transferencia de las materias primas requeridas para los procesos de fabricación en cada planta, de acuerdo a las órdenes de producción.

Planes de trabajo y Partes de Producción: Por un lado el resultado de la planificación es un plan (diario, semanal, mensual) que se debiera corresponder diariamente con un parte de producción (o más de uno, si es conveniente). Naturalmente los partes de producción actualizan stock (de todo tipo) y su contraste con el plan de trabajo diario permite supervisar los desfases en planta. Los partes permiten hacer seguimientos de rendimiento y planificar mantenimientos.



El sistema se completa con un módulo de interacción con el experto, de modo de presentar alternativas (con sus costos relativos en caso que correspondiera) y permitir la toma de decisiones “manuales” en caso de ser necesario.

7- Conclusiones y Líneas de Trabajo futuro.

La complejidad del problema de Planeamiento de la Producción se incrementa con la distribución física de las plantas y el desarrollo de productos complejos. Existen diferentes enfoques para la optimización del planeamiento y la utilización dinámica de los mismos requiere herramientas de software para el soporte a la toma de decisiones.

Las líneas de trabajo en este tema son varias y están enmarcadas en los puntos que se han simplificado en esta primer solución:

- Considerar la posibilidad de fabricar un producto final en más de una planta e incorporar criterios de asignación de la producción a las plantas.
- Ajustar estadísticamente la demanda posible a fin de ajustar la planificación de recursos necesarios a fecha futura, para bajar los stocks críticos.
- Analizar los tiempos y costos del transporte y otorgarle cierta flexibilidad (asociada con un costo).
- Considerar alternativas en los Análisis de producción (si las hubiera) con su costo asociado.
- Considerar los ciclos de mantenimiento de las máquinas (programados).
- Estudiar el período óptimo de planificación de la producción.

8- Referencias

- [1] Bernroider E., Hampel A. "Enterprise resource planning and its governance in perspective: strategic planning and alignment, value delivery and controlling". Academic Publishers 2005. Viena (Austria).
- [2] Kumar, K., Hillergersberg, J. "ERP Experiences and Evolution". Communication of the ACM, vol. 43, n° 4, April (2000), 23-26.
- [3] Oliver, D., Romm, C. "Enterprise Resource Planning Systems: Motivations and Expectations". 1° International Workshop on Enterprise Management Resource and Planning Systems EMRPS, Venice, Italy, 119-126.
- [4] Esteves, J., Pastor, J. "Towards the Unification of Critical Success Factors for ERP Implementations". 10th Annual BIT conference, Manchester, UK., November (2000).
- [5] Sprott, D. "Enterprise Resource Planning: Componentizing the Enterprise Application Packages". Communications of the ACM, vol. 43, n° 4, April (2000), 63-69.
- [6] Estrebow C., Romero A., Galdamez N., Moralejo L., " Sistema Web para Planeamiento de la Producción de una empresa con Plantas distribuidas". Jornadas AUGM 2006. Campinas. Brasil. (en prensa)
- [7] Parr, A., Shanks, G. "A Model of ERP Project Implementation". Journal of Information Technology, vol. 15, n. 4, December (2000), 289-304.
- [8] Everdingen, Y., Hillegersberg, J., Waarts, E. "ERP Adoption by European Midsize Companies". Communications of the ACM, vol. 43, n° 4, April (2000), 27-31.
- [9] Rebstock, M., Selig, J. "Development and Implementation Strategies for International ERP Software Projects". 8th European Conference on Information Systems ECIS(2000), Vol. 2, Vienna, 932-936.
- [10] Mabert V., Soni A., Ventakaramanan M. "Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms" Production and Inventory management Journal, Vol 41, Nro.2, Jun.2000, 52-63.
- [11] Bernroider, E. W. N. & Koch, S., "The decision making process concerning investments in ERP software - results of an empirical study in Austrian organizations," Wirtschaftsinformatik, 2000, 42(4), 329-338.
- [12] Adam, F., O'Doherty, P. "Lessons from Enterprise Resource Planning Implementation in Ireland - Towards Smaller and Shorter ERP Projects". Journal of Information Technology, vol. 15, n. 4, December (2000), 305-316.
- [13] Rosemann, M., Wiese, J. "Measuring the Performance of ERP Software – a Balanced Scorecard Approach". 10th Australasian Conference on Information Systems ACIS, Wellington, New Zealand. 1999.
- [14] Pastor, J., Franch, X. "On the Formalisation of ERP Systems Procurement". Second Customer Off The-Shelf Software Workshop COTS'00, 22nd Int. Conference on Software Engineering ICSE'00, Feb (2000).
- [15] Perez, M., Rojas, T., Padron, J. "SAP, Change Management and Process Development Effectiveness II: Case Study". Americas Conference on Information Systems AMCIS, Milwaukee, USA. 1999
- [16] Thompson PCI MNL117-77 "Manual for Quality Control for Plants and Production of Architectural Precast Concrete Products" Jan-1996 226 pages
- [17] Vikram, S., Vijay, S., David, M., Chitti, G. "An Examination of Success Factors for SAP Implementation". Americas Conference on Information Systems AMCIS, Milwaukee, USA. 1999.
- [18] Rosemann, M., Frink, D., Uthmann, Chr. Von, Friedrich, M. "Workflow-Based ERP: A New Approach for Efficient Order Processing". 1° International Workshop on Enterprise Management Resource and Planning Systems EMRPS, Venice, Italy, 239-247. 1999.
- III-LIDI - Proyecto FONTAR. "Planeamiento de la producción para PYMES con productos complejos". Aprobado y subsidiado por la Agencia Nacional de Promoción de Ciencia y Tecnología 2005-2007.
- III-LIDI - Proyecto de transferencia de tecnología. "Sistema integrado de Planeamiento de la Producción para PYMES". Aprobado y subsidiado por la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Peia. de Buenos Aires. 2005-2007.
- III-LIDI – Proyecto de investigación y desarrollo acreditado. "Sistemas de Software Distribuidos. Aplicaciones en Procesos Industriales, E-government y E-learning".