

Proyecto para la Planificación y la Gestión Centralizada de la Producción.

Faustino Alarcón Valero¹, María del Mar Alemany Díaz², Ángel Ortiz Bas³

¹Ingeniero de Organización Industrial, Centro de Investigación en Gestión en Ingeniería de Producción.

Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022 Valencia. faualva@omp.upv.es

²Ingeniero Industrial, Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022 Valencia. mareva@omp.upv.es

³Doctor Ingeniero Industrial. Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción. Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n. 46022 Valencia. aortiz@omp.upv.es

RESUMEN

El actual convenio entre la empresa Folqués S.A. y el CIGIP (Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción) tiene como primer objetivo diseñar un sistema de Planificación de la Producción y de la Capacidad (Rough-cut). La citada empresa pertenece al sector del calzado y trabaja bajo pedido. El sistema a diseñar debe contemplar: varias etapas productivas, trabajadores polivalentes y restricciones de personal, espacio, maquinaria y utillajes, así como el cumplimiento estricto de los plazos de entrega. Este sistema debe conectar con otro (que también se desarrollará en el Proyecto y que constituye un segundo objetivo) de Gestión Centralizada de la Producción, que anticipe los flujos de materiales en cada una de las secciones de la empresa y que, al mismo tiempo, pueda reaccionar, en tiempo real, a las posibles incidencias que se vayan dando durante la jornada laboral.*

1. Introducción.

La empresa objeto del presente estudio fabrica calzado para niños en su etapa preandante. Este tipo de calzado, por el tipo de cliente al que va dirigido, utiliza mayoritariamente tejidos, pieles y elementos blandos, a diferencia del calzado de adulto que está hecho de materiales más rígidos y resistentes. Esta característica repercute directamente en los procesos de fabricación que, de hecho, se asemejan más a los empleados en el sector textil que a los del sector del calzado.

Pero, esta similitud con el sector textil, no sólo se manifiesta en los procesos de fabricación sino lógicamente, en el propio producto, fuertemente marcado por la moda que, cada temporada, dirige el consumo en dicho sector.

En este sentido, podemos decir que nos encontramos con un producto que debe ir adaptándose a los cambios de moda de cada temporada. Teniendo en cuenta que las temporadas coinciden con las estaciones del año y que, debido a necesidades de agregación y simplificación y a las escasas diferencias que presenta el calzado de otoño con el de invierno y el de primavera con el de verano, se consideran dos temporadas por año: la de invierno y la de verano.

Todo ello hace que los productos tengan, por término medio, un ciclo de vida corto (algunos modelos sólo se fabrican durante una temporada) y grandes diferencias de unos a otros (en cuanto a tejidos, pieles, materiales, colores, adornos, tipos de envasado, etiquetajes, formas de presentación, etc.).

* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en un proyecto de colaboración entre la empresa Folqués S.A. y el CIGIP de la U. P. Valencia, titulado "Rediseño del sistema de planificación de la producción".

En este contexto, es fundamental el sistema de planificación de la producción en cuanto que permite, a partir de las previsiones de ventas, tomar las decisiones pertinentes y adaptarse así, temporada a temporada, a las necesidades de fabricación [1], [2] y [3].

En definitiva, a diferencia de otro tipo de sectores, donde los ciclos de vida del producto son más largos y estables, nos encontramos ante:

- Productos de alta rotación, que complican la planificación de la producción porque las decisiones tomadas para un determinado mix de fabricación no suelen servir cuando cambia el mix de fabricación.
- Productos que pueden ser muy diferentes entre sí (dependiendo de las tendencias de moda de cada temporada), con lo cual las cargas de trabajo también pueden ser muy diferentes, las necesidades en cuanto a capacidad de fabricación también y, por lo tanto se incrementa la complejidad de planificar la producción.
- Productos que suelen sufrir cambios bruscos en cuanto a unidades vendidas y que, al igual que en el punto anterior, complican la planificación de la producción.

2. Descripción de la empresa y de su problemática

2.1 Empresa

La empresa en la que se está desarrollando el convenio se dedica a la fabricación y comercialización de calzado infantil, en su modalidad de preandante (de 0 a 12 meses). Tiene experiencia industrial y comercial desde 1963 y, en la actualidad, dispone de varias marcas comerciales que ocupan puestos relevantes en el mercado nacional e internacional (distribuye a los cinco continentes).

En la actualidad dispone de 139 trabajadores y de un gran nivel de automatización, si se compara con la media del sector (aunque todavía abundan las operaciones manuales debido a las características del producto: tamaño, materiales, etc.). Su potencial de fabricación le permite fabricar alrededor de 4.000 pares/día, utilizando como materia prima pieles, algodón, materiales naturales y varios tipos de adornos como cintas, termo sellados, serigrafiados, etc.

Fabrica contra pedido, apoyándose en una red comercial que hace posible una fabricación prácticamente ininterrumpida durante todo el año. En cuanto a las ventas, en el año 2001, el 43% se localizó en el mercado nacional mientras que el resto, el 57%, fue exportación.

Otros datos de interés son:

- Política de nivel de servicio del 100%, evitando, con prioridad absoluta, que un pedido llegue después de la fecha de servicio a su destino.
- En la actualidad se está en proceso de implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad según la norma ISO-9000.
- Existe una clara apuesta por la tecnología de vanguardia, fruto de la cual se mantienen varios acuerdos con institutos tecnológicos y se dedican recursos para viajes a ferias, eventos relacionados con el sector, etc.

2.2 Sistema productivo

En la empresa mencionada se realizan una gran cantidad de operaciones diferentes, agrupadas en las siguientes secciones:

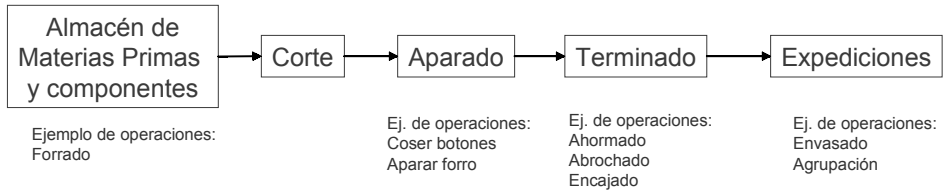


Figura 1: Esquema general del sistema productivo

2.3 Problemática

El proceso mediante el cual realizan la planificación es como se explica a continuación:

En primer lugar, el departamento de Ventas debe hacer un “pedido global” para la campaña próxima, con las colecciones que le indique el departamento técnico y en base a previsiones.

Con estos datos y otros datos de producto-proceso se puede establecer un “perfil” para la campaña. Este perfil o pronóstico sirve de base a la planificación y se conoce, aproximadamente, 6 meses antes de que se tenga que fabricar (una campaña antes).

Una vez producción tiene el pronóstico, comienza su análisis: En primer lugar analizan las necesidades de personal. Para ello se calcula el personal que hará falta para fabricar lo que se ha considerado en el pronóstico, mayorado para contemplar el absentismo, los defectos de calidad y otras mermas de capacidad. Con todo esto se obtienen las necesidades netas de personal. Si hubiese que contratar personal se tiene en cuenta que hay que dedicar tiempo a la formación de dicho personal.

A continuación se analiza la maquinaria. Una vez comprobada la capacidad, en cuanto a mano de obra y máquinas, se toma la decisión definitiva de aceptar o rechazar el pronóstico (aunque, realmente, nunca se rechaza).

Una vez aceptado el pronóstico se pasa a la gestión del día a día de la cartera de pedidos y a la preparación de los partes (conjunto o agrupación de pedidos) para el lanzamiento. En este momento aparece una decisión importante que tomar y es la de ¿qué pedidos conformarán el parte? y, en el caso de que haya problemas de capacidad y haya que adelantar algún pedido, ¿cual se adelanta? (habría que adelantar aquel pedido que equilibre la carga, el consumo de utillajes, etc., pero actualmente no se dispone de este tipo de información, es más, se debería diseñar una herramienta que buscarse el conjunto de pedidos, en cada lanzamiento, que facilitase más la producción).

Se ha detectado un cambio (o una nueva tendencia) en la naturaleza de los pedidos. El abanico en cuanto a cantidades de unidades pedidas se amplía es decir, ahora se reciben pedidos más grandes pero también más pequeños. Los pedidos más grandes generan nuevos cuellos de botella (en los utillajes). Además de todo esto, hay que tener en cuenta que se pueden combinar utillajes para aprovechar los golpes de la prensa y también que a veces se necesita

tener utillajes de varias medidas o modelos en el puesto de trabajo para el aprovechamiento de la piel, ya que hay defectos que hay que ir esquivando y teniendo varios utillajes es más fácil encontrar aquel que aprovecha mejor la piel.

Después del análisis del proceso actual para la planificación de la producción (incluyendo las herramientas utilizadas en él) se ha podido elaborar el siguiente listado de puntos de mejora:

- ❖ La planificación de la producción recae, en exceso, en el factor humano (conocimiento del planificador).
- ❖ Problema en cuanto a manejo de unidades de información diferentes en las primeras fases se habla de “pronósticos” y en la segunda de “partes”.
- ❖ El horizonte de planificación no es flexible (siendo, a veces, necesario contemplar ciclos de fabricación variables).
- ❖ Las herramientas actuales no facilitan la asignación de recursos a las distintas líneas y la simulación del consumo de capacidad por línea para realizar el análisis y tomar decisiones de reasignación si hay problemas.
- ❖ Disponibilidad y uso de capacidad de mano de obra, utillajes y/o maquinaria.
- ❖ El sistema puede sugerir una asignación de personas a puestos (considerando polivalencias), pero se debe poder alterar dicha sugerencia.
- ❖ Se deberían manejar, como unidad de medida, los puntos (unidad de carga de trabajo) y no los pares (que no aportan información real del consumo de capacidad en cada etapa del proceso).
- ❖ No se tiene capacidad de simulación. Con ella serían capaces, por ejemplo, de analizar si, a nivel estratégico, interesa fabricar al principio de la temporada, todo el conjunto de pares “raros” o inusuales de una forma agrupada. Actualmente, estos modelos “raros”, se van fabricando a medida que los clientes los piden, implicando pequeños lotes de cara a producción y las correspondientes ineficiencias.
- ❖ Desde el punto de vista de las cargas, sería muy interesante poder decirle a los comerciales el perfil de cargas actual que se necesita vender (en función de las cargas actuales de producción). De esta forma se podrían ofertar al cliente ciertos modelos porque se sabría que estos son los que nos cuadran la capacidad en fabricación (se puede tener sobrante o exceso de recursos en algún punto y este tipo de informaciones ayudaría mucho).
- ❖ La herramienta actual, basada en una hoja de cálculo, presenta numerosos inconvenientes que tienen que ver con:
 - La dificultad de su manejo.
 - La excesiva información presentada, siendo difícil su interpretación.
 - La falta de utilidades que hagan amigable el entorno.
 - Imposibilidad de personalización.
 - Falta de adecuación en la información de salida a las necesidades reales. Por ejemplo se considera necesaria la información sobre saturación de personal, máquinas, utillaje, etc.
 - Imposibilidad de medir las desviaciones con respecto a los pronósticos estimados por comercial.
 - No hay posibilidad de simular lanzamientos de partes en función de los pedidos y mostrar aquellos lanzamientos que den problemas. Con una nueva herramienta se podría simular un lanzamiento de partes y, cuando aparezcan problemas, parcializarlo para ver qué pedido-s del mismo genera-n problemas y cuál-es no.
- ❖ Actualmente la planificación se basa en el pronóstico. Cualquier desviación sobre el mismo, nos avisa de posibles problemas. Sin embargo, el pronóstico no es realmente una

restricción: la restricción vendrá dada en función de la capacidad de personal (considerando polivalencia), maquinaria y útiles (quizá agrupados por modelo). El pronóstico se utilizó en su día para dimensionar la capacidad de la empresa. Una vez dimensionada, la capacidad real es la que pasa a ser la restricción.

- ❖ Es importante que los comerciales conozcan la duración real del ciclo de producción para cada pedido, cuando lo teclean por primera vez, porque una vez aceptado, se abre una carta de crédito, se envían los pedidos de compras, etc. y todo esto puede ser un problema si luego hay que anularlo o atrasarlo.
- ❖ Se desean conocer los perfiles de carga cuando se añade un pedido en cartera. Si existe algún problema que alargue el ciclo de producción normal (13 días), se debería transmitir inmediatamente a producción. Puede ser que, aun existiendo problemas, ese pedido se siga cargando en las fechas establecidas a priori pero, al menos, ya se sabe que es problemático.
- ❖ Quizá fuese conveniente pensar en otra manera de establecer los partes: por ejemplo, agrupar pedidos de la manera que se hace actualmente, pero teniendo en cuenta si existe algún problema de capacidad.

3. Resolución

A partir de la problemática expuesta se plantea desarrollar una herramienta que permita identificar, a partir de los pedidos lanzados a fabricación y de la cartera, “cuellos de botella” según diversos factores (personal, maquinaria, útiles, otros) y a un nivel que se considere adecuado (línea, grupo de líneas, etc.).

La herramienta debe ayudar al planificador, según los siguientes **objetivos iniciales**:

- ◊ El planificador debe poder manejar información coherente para tomar decisiones
- ◊ La herramienta debe poder identificar problemas potenciales de capacidad
- ◊ La herramienta debe permitir realizar simulaciones para ayudar a definir un buen plan

Las **entradas** de información de dicha herramienta deben ser:

- ◊ Capacidad disponible de cada línea en cada periodo de tiempo
- ◊ Polivalencia de operarias: Posibilidad de asignar o no una operaria a una línea y capacidad máxima por operaria que se puede asignar a una línea por periodo.
- ◊ Capacidad disponible de una operaria en cada periodo de tiempo: Lo cual permitiría discriminar aquellas operarias que son más/menos eficientes, definiendo diferentes capacidades
- ◊ Máximo número de operarias por línea
- ◊ A partir de ficha técnica y tiempos de ciclo para el conjunto de pedidos elegidos por el usuario (posibilidad de elegir diferentes Horizontes): Carga generada por el en curso+pedidos seleccionados en las líneas (preprocesamiento) y Carga generada por el en curso+pedidos seleccionados en las operarias (preprocesamiento).

Las salidas de dicho modelo permitirán comprobar si existe alguna asignación de operarias a líneas que posibilite la realización del en curso+pedidos seleccionados, de forma que, lo que sabremos en función de la respuesta será:

- ◊ SI:
 - ¿Cuántos puntos debe realizar cada operaria en cada línea por cada periodo?
 - Cargas por línea y operaria en cada periodo de tiempo: permite identificar cuellos de botella.

- Análisis sensibilidad:
 - Impacto sobre la dispersión en las asignaciones al modificar dentro de un rango: la capacidad disponible en cada línea, la capacidad disponible de cada operaria en cada línea (ideas sobre futuros planes de formación), la capacidad disponible de cada operaria, el número máximo de operarias por línea permitido.
- ◇ NO: Cambiar generación de partes o ir a procesador 2

En cuanto a las posibilidades de **simulación**, la herramienta permite testear:

- ◇ La factibilidad de realizar el en curso+ pedidos seleccionados considerando diferentes:
 - Horizontes
 - Políticas para planificación de generación de partes:
 - Política actual de planificación (los pedidos en cartera de una misma fecha generan un parte) u otras Políticas
 - El usuario elige qué pedidos entran a conformar cada parte y especifica:
 - Fecha de terminación del parte (verificación de que la fecha de comienzo sea factible), Fecha de inicio del parte (verificación de que la fecha de finalización no produzca retrasos) o Posibilidad de acortar tiempos de suministro en cada sección (pedidos urgentes)
 - Posibilidad de elegir pedidos para el horizonte que se desee
- ◇ El impacto de ampliar capacidad: Modificar capacidad de cada línea en cada periodo de tiempo (en parte se da en análisis sensibilidad).
- ◇ El impacto de modificar las polivalencias: futuros planes de formación.
- ◇ Fijar apriorísticamente la asignación parcial/total de operarias a líneas y testear si existe solución factible.
- ◇ El impacto de modificar el máximo número de operarias por línea.

El esquema de la herramienta desarrollada para la resolución de la problemática expuesta es el siguiente:

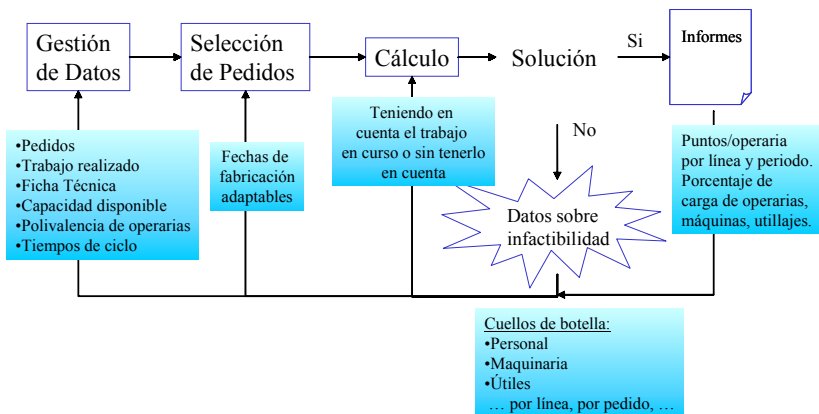


Figura 2: Esquema de la herramienta informática desarrollada

4. Desarrollo del modelo

El modelo, en el cual se basa la herramienta planteada para la fase de cálculo, es el siguiente:

Índices:

op= operarias

i= lanzamientos (partes) o pedidos (según convenga)

j= líneas o secciones (para que el modelo pueda trabajar con las dos, según convenga)

t= periodos de tiempo

Parámetros:

$prlin[i, j, t]$ =capacidad necesaria de máquina del pedido i en la línea j en el periodo t (esto hay que calcularlo a partir de cargas de ficha técnica y tiempos de ciclo, en función de líneas o secciones).

$prop[i, j, t]$ =capacidad necesaria de operaria del pedido i en la línea j en el periodo t (esto hay que calcularlo a partir de cargas de ficha técnica y tiempos de ciclo, aquí si que importa lo de líneas o secciones).

Realmente $prlin[i, j, t]$ y $prop[i, j, t]$ son lo mismo, en este caso. Para controlar el primer proceso de cálculo, con uno sería suficiente.

$caplin[j,t]$ =capacidad de las máquinas de la línea j en el periodo t

$caplinmo[op,j,t]$ = capacidad máxima disponible de la operaria op en la línea j en el periodo t (con esto se definen simultáneamente las polivalencias y se impone restricciones a posibles asignaciones)

$capmo[op, t]$ =capacidad disponible total de la operaria op en el periodo t.

$maxop[j]$ = número máximo de operarias por línea.

Con los límites que aparecen a continuación se fuerza o no a la asignación de ciertas operarias a líneas. $LIASIG[op, j, t]$ =límite inferior de la variable de decisión, puntos que se asignan de una determinada operaria a una línea en un periodo. Si no estamos simulando nada, todos los valores deben valer cero. Si se está imponiendo alguna asignación de cargas de operarias a líneas (p.e., 500 ptos), el valor inferior y superior tomarían ese valor (500 ptos)}.

$LSASIG[op, j, t]$ = límite superior de la variable de decisión, puntos que se asignan de una determinada operaria a una línea en un periodo.

$LIY[op, j, t]$ =Límite inferior de la variable de decisión asignación o no de una operaria a una línea.

$LSY[op, j, t]$ = Límite superior de la variable de decisión asignación o no de una operaria a una línea.

Variables de Decisión

$ASIG[op, j, t]$ = puntos la operaria op asignada a la línea j en el periodo t

$Y[op, j, t]$ = variable binaria que vale 1 si la operaria op tiene alguna carga asignada a la línea j en el periodo t, y 0 en caso contrario.

Función Objetivo (Minimizar la dispersión de asignaciones de operarias a líneas)

$$Min [Z] = \sum_{op} \sum_j \sum_t Y(op, j, t) \quad (1)$$

Restricciones

$$\sum_i prlin(i, j, t) \leq caplin(j, t) \quad (2)$$

$$\sum_t prop(i, j, t) = \sum_{op} ASIG(op, j, t) \quad (3)$$

$$ASIG(op, j, t) \leq Y(op, j, t) * caplinmo(op, j, t) \quad (4)$$

$$\sum_j ASIG(op, j, t) \leq capmo(op, t) \quad (5)$$

$$\sum_{op} Y(op, j, t) \leq \max op \quad (6)$$

$$LIASIG(op, j, t) \leq ASIG(op, j, t) \quad (7)$$

$$ASIG(op, j, t) \leq LSASIG(op, j, t) \quad (8)$$

$$LIY(op, j, t) \leq Y(op, j, t) \quad (9)$$

$$Y(op, j, t) \leq LSY(op, j, t) \quad (10)$$

(Para no aumentar en exceso la extensión del presente trabajo se ha omitido el modelo de minimización infactibilidades)

5. Conclusiones

Partiendo de la problemática típica de la Planificación de la producción y Gestión de la capacidad, el estudio pormenorizado de un contexto concreto ofrece nuevas perspectivas e interpretaciones de dicha problemática, favoreciendo el desarrollo de nuevas aproximaciones resolutivas.

En la actualidad, se ha desarrollado un prototipo de la herramienta final, el cual tiene como características:

- El proceso de planificación de la producción se ha automatizado en un elevado porcentaje.
- Se aporta información concisa sobre la capacidad productiva, sobre todo en cuanto a la detección de problemas y a la resolución-gestión de éstos.
- Se ofrece una potencialidad en cuanto a la simulación de diversas alternativas de producción que puede ser útil para anticiparse a los problemas de capacidad y para resolverlos o, incluso, para simular distintas estrategias de producción.
- Se eliminan, en gran parte, las ineficiencias que planteaba la herramienta de planificación basada en hoja de cálculo.
- Se favorece la integración del sistema de planificación de la producción con el sistema de información de la empresa.

El desarrollo de esta herramienta favorece la integración de las áreas de comercial y de producción, en cuanto que, desde comercial, se pueden conocer los problemas de capacidad que ciertos pedidos pueden suponer en producción. Esto posibilitará que el área comercial obtenga pedidos que equilibren la carga en producción.

Referencias

- [1] Vollmann, Thomas E.; Berry, W. L.; Whybark, D.C., (1995) "Sistemas de Planificación y control de la fabricación", 3ª edición, pp. 281-315.
- [2] Chase, R.B.; Aquilano, N.J., Jacobs, F.R., (2000) "Administración de Producción y Operaciones", 8ª edición.
- [3] Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P. (1999), "Administración de operaciones", 5ª edición, pp. 693-732