

El uso de CRP simplificado mediante una aplicación informática

Inmaculada Rabadán Martín¹, Santiago García González¹

¹ Dpto. de Economía Financiera, Contabilidad y Dirección de Operaciones. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad de Huelva. Plaza de la Merced, s/n 21002.Huelva. rabadan@uhu.es, santiago@uhu.es

Resumen

La técnica de la Planificación de Necesidades de Capacidad [Capacity Requirements Planning (CRP)], aunque forma parte de los paquetes de software ERP comercializados en la actualidad, no ha alcanzado la gran difusión que sí han logrado otros módulos de estos sistemas, argumentándose, básicamente, motivos relacionados con los requerimientos de información y el proceso de cálculo.

Teniendo en cuenta estos problemas, nos propusimos desarrollar una técnica alternativa de planificación de capacidad a corto plazo para configuraciones job-shop que, con cálculos más simples y menos requerimientos de información, fuera capaz de elaborar un Plan que llegara conseguir niveles de cumplimiento similares, o incluso superiores (según el caso), a los obtenidos mediante CRP tradicional. .

En este trabajo se presentan las bases de la técnica propuesta, así como el software para su aplicación, el cual, con bajos requerimientos de hardware, puede proporcionar, no sólo un Plan de Capacidad a Corto Plazo, sino las herramientas para el cálculo automatizado de todos los datos y tiempos necesarios,

Palabras clave: Planificación de Capacidad a corto plazo, Planificación de Necesidades de Capacidad, Gestión de Capacidad.

1. Introducción

La técnica de la Planificación de Necesidades de Capacidad [Capacity Requirements Planning (CRP)] se puede definir como “una técnica que planifica las necesidades de capacidad de los pedidos planificados emitidos por MRP, bajo la consideración de la disponibilidad ilimitada de capacidad” (Domínguez y otros 1995, p.164). Según el diccionario APICS⁶⁹, el CRP es “la función de establecer, medir y ajustar los límites o niveles de capacidad [...] el proceso de determinar cuántos recursos humanos y máquinas son requeridos para acometer las tareas de producción. El CRP recibe las órdenes de fabricación en curso y las planificadas en el sistema MRP, y las convierte en horas de trabajo para cada Centro de Trabajo y periodo”. Esta técnica, aunque forma parte de los paquetes de software ERP comercializados en la actualidad, no ha alcanzado la gran difusión que sí han logrado otros módulos de estos sistemas (Krepchin, 1989; Burcher, 1992; Jonsson y Mattsson, 2003). Se argumentan muy diversas razones para justificar su baja utilización (Bernard, 1990; Burcher, 1992), si bien, básicamente son motivos relacionados con los requerimientos de

⁶⁹ Wallace (1987).

información y el proceso de cálculo (Dominguez et al., 1995, páginas 160-168) que conlleva esta técnica, de los cuales se derivan serios inconvenientes.

Teniendo en cuenta estos problemas hemos desarrollado una técnica de planificación de capacidad a corto plazo alternativa (Rabadán y García, 2005; Rabadán y García, 2006; Rabadán et al., 2006), para configuraciones productivas job-shop que, con cálculos más simples y menos requerimientos de información, pretende elaborar un Plan, que simplifique el del CRP tradicional (en adelante, CRPt), y que entendemos que podría llegar a conseguir niveles de cumplimiento similares, o incluso superiores (según el caso), a los obtenidos mediante CRPt.

Para una fácil implementación y uso de esta propuesta, se hacía necesario además, desarrollar un software capaz de ser empleado en entornos donde se utilice MRP, que permitiera a la empresa obtener una mayor eficiencia que la aplicación del tradicional MRP II/ERP. Siguiendo esta línea, en este trabajo pretendemos presentar la aplicación informática diseñada para facilitar la puesta en práctica de la técnica de planificación detallada de capacidad que simplifica el CRPt, al que llamaremos CRP simplificado o CRPs, que, precisando bajos requerimientos de hardware (incluso en un PC actual) y para entornos actuales (Windows 2000, XP o NT), proporciona la base de datos para ir registrando la información sobre los pedidos que se vayan elaborando.

En este trabajo se presentan las bases de la técnica propuesta, así como el software para su aplicación, el cual, con bajos requerimientos de hardware, proporciona, no sólo un Plan de Capacidad a Corto Plazo, sino las herramientas para el cálculo automatizado de todos los datos y tiempos necesarios, con sólo introducir las fechas y horas de entrada y salida de los pedidos en los Centros de Trabajo (CT). Compararemos además, las probabilidades de cumplimiento del Plan que desarrolla, con el que se obtendría mediante el CRPt, poniendo de manifiesto las superiores necesidades de información de este último.

2. Comparación de los datos requeridos y el procedimiento de cálculo seguido por la técnica CRPs y CRPt

En la búsqueda de un Plan de Capacidad que no presente excesivas desviaciones con respecto a la realidad, lo cual la haría casi inservible para la toma de decisiones, nos basamos en la utilización de un menor número de variables aleatorias y valores más actualizados de éstas (Cuadro 1).

Los datos necesarios para desarrollar la planificación de capacidad a corto plazo con el CRPt y el CRPs se han resumido en la Cuadro 2. En él se observa, por un lado, el menor número de variables aleatorias necesarias para la determinación del Plan de Carga con la técnica CRPs, a lo que hay que añadir que, al ser estimadas a partir de valores históricos continuamente actualizados, se reduce la necesidad de realizar complejos y costosos estudios de Medición del Trabajo o Teoría de Colas. Por otro lado, los cálculos necesarios para determinar la carga originada por cada lote en los distintos periodos del horizonte de planificación, se ven claramente simplificados al estimar los momentos de entrada en los CT a partir de datos históricos, en vez de calcularlos mediante la acumulación de los tiempos que componen el tiempo de suministro.

Cuadro 1. Razones para justificar la baja utilización de CRPt comparándolas con CRPs.

CRPt	CRPs
1.- La gran cantidad de información que precisa, la cual ha de ser muy exacta para obtener un resultado realista en los planes obtenidos.	1.- Necesita un pequeño número de datos que con el uso de la aplicación informática desarrollada, están totalmente actualizados.
2.- El gran volumen de información y de cálculos a realizar, si bien no son complejos, hacen que se requieran mucho tiempo de computación.	2.- El manejo de menos datos origina una reducción importante en los cálculos a realizar, disminuyendo los tiempos de computación.
3.- Las dos cuestiones anteriores, provocan que sea una técnica bastante costosa.	3.- Las razones anteriores, junto con la reducción de la necesidad de contratar analistas de tiempos, origina una reducción de los costes.
4.- Es necesaria una importante formación del personal y una gran disciplina en la generación, ejecución y seguimiento de los planes, lo que hace que sea una técnica bastante compleja de implementar para lograr buenos resultados.	4.- No es necesaria una alta formación del personal y como la elaboración, ejecución y seguimiento de los planes generados está apoyada por una herramienta informática diseñada para tal fin, la técnica resulta bastante sencilla de implementar.
5.- Si el Plan de Carga obtenido genera sobrecargas en algún CT, es casi imposible apreciar qué las provocan, debido a que se derivan de diferentes pedidos de distintos ítems de diferentes períodos.	5.- Tras el desarrollo del Plan de Carga, si éste genera sobrecargas en uno o varios CT, es muy fácil determinar qué las provocan.

Además de las diferencias que tienen origen en el menor número de variables aleatorias con las que trabaja el CRPs y de su forma de estimación (a través del valor medio extraído de los valores que tomaron las variables para un determinado tamaño de lote), esta técnica tiene en cuenta la reducción del tamaño de lote que se produce, a lo largo del proceso productivo, debido a la detección de unidades defectuosas.

Cuadro 2. Comparación de los datos requeridos por CRPt y CRPs.

	CRPt	CRPs
	Plan de Materiales (fecha de emisión y tamaño de lote emitido Q_j).	
	Pedidos en curso.	
	Información sobre los períodos que componen el horizonte de planificación.	
	Rutas de fabricación.	
	Factores eficiencia y utilización (E_k y U_k).	
	Tiempo real disponible por periodo en cada CT.	
DATOS	$Tconf_j$ = tiempo de confección de un pedido de j .	$Ten_{Q_{ijk}}$ = entrada en CT k para ejecución de la operación i .
	Tdm_{Q_j} = tiempo de desplazamiento de los materiales.	$Tfo_{Q_{ijk}}$ = fin de la operación i a un lote de Q_j unidades.
	$Td_{Q_{jk}}$ = tiempo de desplazamiento de un lote.	Tf_{Q_j} = finalización del proceso productivo de un lote (para determinar el tiempo de suministro).
	$Tcola_{ijk}$ = tiempo de espera medio en cola.	
	te_i = tiempo de ejecución unitario para la operación i .	
	tp_{ik} = tiempo de preparación del CT k para la operación i .	
	$Tesp_{ijk}$ = tiempo de espera, a la salida del CT para su traslado.	
	$Tinsp_{ijk}$ = tiempo dedicado a la inspección de las unidades que componen el lote ⁷⁰ .	

⁷⁰ El número de variables aleatorias necesarias para CRPt depende de las características productivas y la política de la empresa en cuanto a las inspecciones de calidad, pudiéndose eliminar algunas de ellas cuando las configuraciones productivas son más simples. Así, no serían necesarios los tiempos de cola y espera en el caso

Los tiempos, eficiencia y utilización se calculan con Medición del Trabajo o Teoría de Colas. Necesita realizar nuevos estudios para actualizarse.

Los tiempos son calculados con datos históricos. Los factores eficiencia y utilización se calculan con Medición del Trabajo. Actualización continua.

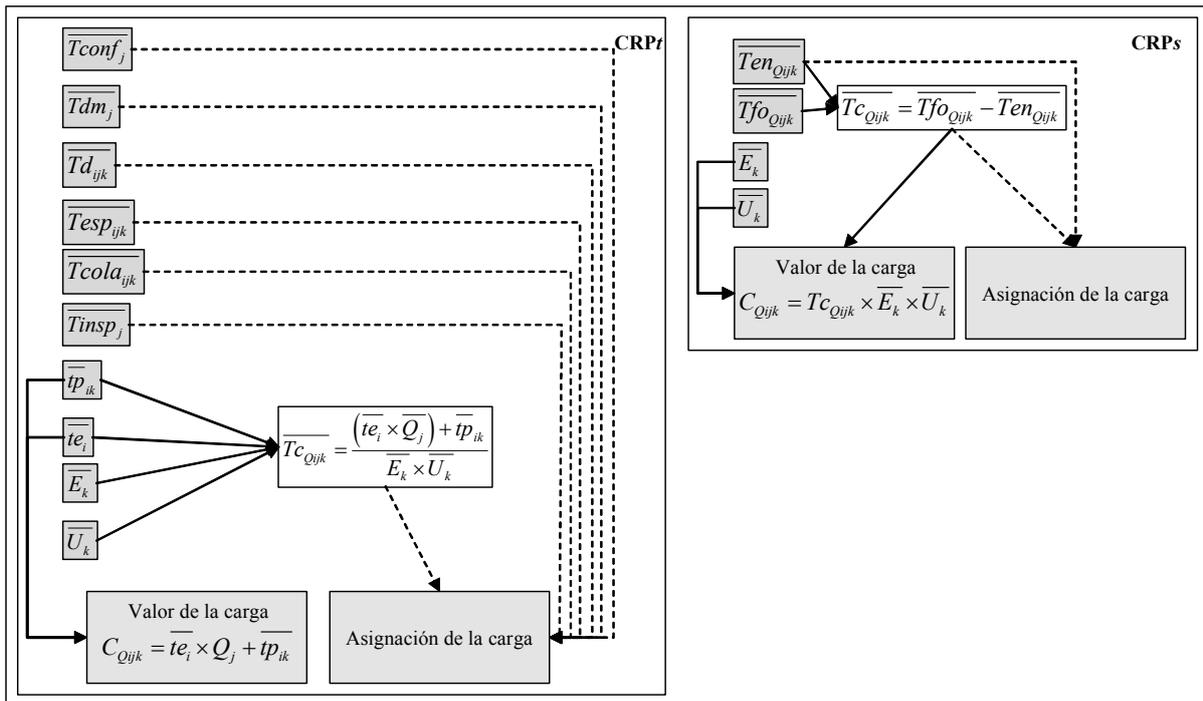
Cuadro 2 continuación. Comparación de los datos requeridos por CRPt y CRPs.

	CRPt	CRPs
Valor	<p>Necesita: tiempo de ejecución, tamaño de lote emitido y tiempo de preparación.</p> $Tc_{Q_{ijk}} = (te_i \times Q_j) + tp_{ijk}$	<p>Está en función del tamaño de lote emitido. Considera el efecto de las defectuosas.</p> $Tc_{Q_{ijk}}$
CARGA	<p>Según los componentes del tiempo de suministro.</p> $\overline{TS}_{Q_j} = \overline{Tconf}_j + \overline{Td}_{Q_{mj}} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^M \overline{Td}_{Q_{ijk}} +$ $+ \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^M \overline{Tcola}_{ijk} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^M \overline{Tc}_{Q_{ijk}} +$ $+ \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^M \overline{Tesp}_{ijk} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^M \overline{Tinsp}_{Q_{ijk}}$	<p>Determinada por la entrada prevista en el CT.</p> $\overline{Ten}_{Q_{ijk}}$

La facilidad de obtención de la información necesaria para el desarrollo de la planificación de capacidad con CRPs, así como la simplificación que se alcanza en el número de datos y en el proceso de cálculo, en comparación con los que precisa CRPt, se puede observar a través de las Figuras 1 y 2. En la primera de ellas se aprecia que donde existe una mayor diferencia entre ambas técnicas es en las variables necesarias para la asignación de la carga, ya que mientras que la técnica alternativa requiere tan sólo el tiempo de entrada y el de carga, CRPt precisa conocer los tiempos de confección, desplazamiento de materiales y de lote, espera, cola y carga, para cuyas estimaciones necesita de un gran número de variables aleatorias.

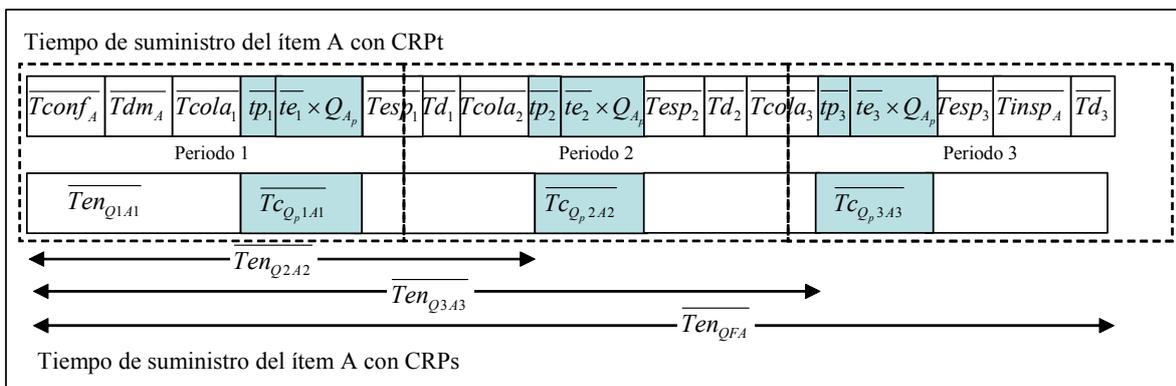
Figura 1. Comparativa de la obtención de datos necesarios para CRPt y CRPs.

de que los lotes pasen automáticamente de un CT a otro, por ejemplo en el caso del uso de cintas transportadoras.



A todo lo anterior hay que añadirle el hecho de que CRPt necesita un control continuado para observar las variaciones que se producen en los valores de las variables aleatorias que utiliza, momento en el cual se debe proceder a volver a estimar la gran cantidad de datos necesarios. Sin embargo, el CRPs recalcula automáticamente los valores medios de los dos únicos tipos de variables que precisa (tiempo de entrada y carga), por lo que mantiene actualizada la información que utiliza.

Figura 2. Variables incluidas en el tiempo de suministro con el uso del CRPt frente al CRPs (ejemplo)



3. Probabilidad de cumplimiento del Plan de Carga elaborado con CRPt frente al generado mediante CRPs

El hecho de que el Plan de Carga calculado se cumpla, depende tanto de si se ha establecido bien el valor de la carga generada en cada CT por las operaciones, que hay que realizar a cada lote del Plan de Materiales, como de si éstas han sido adecuadamente asignadas a los momentos concretos del tiempo en que van a producirse. Además, esto no debe originarse por casualidad; es decir, debería cumplirse la planificación realizada para cada una de las cargas generadas, en cada CT y periodo, por todos los lotes procesados. En este sentido, la probabilidad de cumplimiento de la planificación de la carga se puede representar, para un

horizonte de planificación HP , donde se procesen hasta L lotes de cada uno de los J ítems (cuyo tiempo de suministro abarque P_{Qjl} periodos), que elabora la empresa utilizando M CT, como la indicada en la expresión (1).

$$\begin{aligned}
 P(\text{Cumpla Plan de Carga}) &= \prod_{j=1}^L P(\text{Cumpla } PC_j) = \prod_{j=1}^L \prod_{l=1}^{HP} P(\text{Cumpla } PC_{j_l}) = \\
 &= \prod_{j=1}^L \prod_{l=1}^{HP} \prod_{p=2}^{P_j} P(\text{Cumpla } PC_{j_l p} / \text{Cumpla } PC_{j_l h} \text{ " } h / h < p) \prod_{k=1}^M P(\text{Cumpla carga } Q_{i,k1} / \text{Cumplida carga } Q_{i,k1} \text{ " } k) \prod_{h=1}^p P(\text{Cumpla periodo asignado }_1 / \text{Cumplidas cargas } Q_{i,kh} \text{ y periodo }_h \text{ " } k \text{ y " } h / h < p)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Es necesario establecer unos criterios de cumplimiento del valor y asignación de la carga, los cuales se han recogido en la Cuadro 3. Con este objetivo se ha notado como Tp al tiempo de duración de un periodo y se ha definido el tiempo intermedio o tiempo que transcurre entre operaciones ($Tint_{Qijk}$) como el intervalo existente desde que finaliza el procesamiento de la operación i hasta la entrada en el CT siguiente de su ruta. Para su cálculo tomaremos los datos referentes a los momentos de salida (Tfo_{Qijk}) y entrada (Ten_{Qijk}) de los CT. Por otro lado, se ha llamado $f_{x/y}$ a la fracción de carga número x de la y en las que se reparte la carga de una operación.

La mayor fiabilidad alcanzada con la aplicación de CRPs en vez de CRPt se basa en el hecho de que un número menor de variables y la mayor agregación de éstas reduce la aleatoriedad del resultado⁷¹. En este sentido, la aplicación de la técnica alternativa a CRPt ofrece mayores ventajas cuanto más complejo sea el sistema productivo de la empresa (alta variedad de ítems, más operaciones, horizontes de planificación largos, etc.), lo que puede mejorar en gran medida, la probabilidad de cumplimiento de la planificación de capacidad.

Cuadro 3. Criterios de cumplimiento del valor y asignación de la carga por periodo⁷².

Valor	Primer periodo	$C_{Qijkp_1} = [Tp \times [E(Ten_{Qijk} / Tp) + 1] - Ten_{Qijk}] \times \overline{E_k} \times \overline{U_k} \pm M$
	Periodo intermedio	$C_{Qijkp_b} = Tp \times \overline{E_k} \times \overline{U_k} \pm M$
	Último periodo	$C_{Qijkp_aQijk} = [Tp - [Tp \times [E(Ten_{Qijk} / Tp) + a_{Qijk}] - Tfo_{Qijk}] \times \overline{E_k} \times \overline{U_k}] \pm M$

⁷¹ En concreto, probabilidad de cumplimiento de la planificación de capacidad depende de: los CT de que disponga la empresa, que incidirán sobre el número de factores eficiencia y utilización; la variedad de ítems que elabora la empresa, ya sean componentes o productos finales; el número de lotes que se emiten de cada ítem en el horizonte de planificación; las operaciones necesarias para elaborar cada uno de los ítems que fabrica la empresa; los tiempos que componen el tiempo de suministro, dependientes de la configuración productiva (que afecta a la existencia de esperas en el proceso) y de las políticas de la empresa con respecto a las inspecciones de calidad; el tamaño del horizonte de planificación, es decir, el número de periodos para el que se desea realizar el Plan de Carga, lo que incidirá sobre los factores eficiencia y utilización y el número de lotes a considerar.

⁷² Hemos considerado la hipótesis de que no se adelantará el comienzo de una operación si con ello origina desplazamiento, a otro periodo, de alguna carga. Si no se considera esta hipótesis la probabilidad de cumplimiento de la planificación de capacidad sería aún menor.

Asignación (según características del periodo)

Todas las operaciones que se realizan en un periodo se procesan totalmente en él.

$$\sum_{k=1}^M Tint_{Q_{n-1,j,kp}} + \sum_{i=n}^m \sum_{k=1}^M Tc_{Q_{ij,k}} + \sum_{i=n-1}^{m-1} \sum_{k=1}^M Tint_{Q_{ij,k}} \leq Tp$$

Se origina carga fraccionada únicamente al final del periodo

$$\sum_{k=1}^M Tint_{Q_{n-1,j,kp}} + \sum_{i=n}^m \sum_{k=1}^M Tint_{ij,k} + \sum_{i=n}^m \sum_{k=1}^M Tc_{Q_{ij,k}} + \sum_{k=1}^M (f_{y_{m+1}}^{y_{m+1,j,k}} \times Tc_{Q_{m+1,j,k}}) \leq Tp$$

Se termina la ejecución de una operación comenzada en periodos anteriores y queda algún lote en proceso.

$$\sum_{k=1}^M (f_{y_{n-1}}^{y_{n-1,j,k}} \times Tc_{Q_{n-1,j,k}}) + \sum_{i=n-1}^m \sum_{k=1}^M Tint_{Q_{ij,k}} + \sum_{i=n}^m \sum_{k=1}^M Tc_{Q_{ij,k}} + \sum_{k=1}^M (f_{y_{m+1}}^{y_{m+1,j,k}} \times Tc_{Q_{m+1,j,k}}) \leq Tp$$

Finalización de una operación parcialmente ejecutada, no quedando carga fraccionada para periodos posteriores
Todo el tiempo del periodo se destina al procesamiento parcial de una única operación.

$$\sum_{k=1}^M (f_{y_{n-1}}^{x_{n-1,j,k}} \times Tc_{Q_{n-1,j,k}}) + \sum_{i=n-1}^{m-1} \sum_{k=1}^M Tint_{Q_{ij,k}} + \sum_{i=n}^m \sum_{k=1}^M Tc_{Q_{ij,k}} \leq Tp$$

$$\sum_{k=1}^M (f_{y_{m+1}}^{x_{m+1,j,k}} \times Tc_{Q_{m+1,j,k}}) \leq Tp$$

En un caso muy simple, como el reflejado en la Figura 2, en el que, por periodo y CT, sólo se genere carga procedente de un único ítem, que precisa de tres operaciones para elaborarse (O1 en el CT 1, O2 en el CT 2 y O3 en el CT 1), procesándose cada una de ellas en un cubo de tiempo distinto, las variables a considerar en el modelo se simplifican en gran medida si se aplica, en vez de CRPt, el CRPs, lo que conlleva una mejora en la probabilidad de cumplimiento del Plan de Carga⁷³.

4. Aplicación del CRPs a través de un programa informático

Con objeto de facilitar la puesta en práctica de CRPs se ha diseñado un programa informático que nos permite utilizar gran cantidad de información, automatizar los cálculos y eliminar la necesidad del uso de muestras. Con todo ello se pretende reducir el tiempo necesario para la obtención de las estimaciones de las variables y para la elaboración de la planificación de capacidad a corto plazo y además permite mantener y actualizar los datos de las operaciones realizadas a los distintos ítems que elabora una empresa.

El programa necesita bajos requerimientos software (en concreto se precisa tan sólo de Windows© XP o superior y el programa Microsoft© Access©) y se puede adaptar a cualquier empresa con configuraciones por lotes necesitando, tan sólo, que se le incorpore las

⁷³ Como se observa en las siguientes expresiones, el número de variables se reduce casi a la mitad (las cuales se caracterizan por mantenerse más actualizadas que con el uso de CRPt):

$$P(\text{Cumpla Plan de Carga CRPt}) = \hat{P}(C_{Q11} = \overline{C_{Q11}} \pm M) \cdot P(Tconf_j + Tdm_{Q1} + Tcola_{1j1} + \overline{C_{Q11}} / (E_{11} \cdot U_{11}) \leq Tp) \hat{P}(C_{Q22} = \overline{C_{Q22}} \pm M) \cdot P(Tesp_{Q1j12} + Tinsp_{Q1j12} + Td_{Q1j12} + Tcola_{2j22} + \overline{C_{Q22}} / (E_{22} \cdot U_{22}) \leq Tp) \hat{P}(C_{Q13} = \overline{C_{Q13}} \pm M) \cdot P(Tesp_{Q2j23} + Tinsp_{Q2j23} + Td_{Q2j23} + Tcola_{3j13} + \overline{C_{Q13}} / (E_{13} \cdot U_{13}) + Tesp_j + Tinsp_{Q1} + Td_{Q3j1} \leq Tp) \hat{P}$$

$$P(\text{Cumpla Plan de Carga CRPs}) = \hat{P}(C_{Q11} = \overline{C_{Q11}} \pm M) \cdot P(\overline{Tent_{Q1j1}} + \overline{C_{Q11}} / (E_{11} \cdot U_{11}) \leq Tp) \hat{P}(C_{Q22} = \overline{C_{Q22}} \pm M) \cdot P(\overline{Tint_{Q1j12}} + \overline{C_{Q22}} / (E_{22} \cdot U_{22}) \leq Tp) \hat{P}(C_{Q13} = \overline{C_{Q13}} \pm M) \cdot P(\overline{Tint_{Q2j23}} + \overline{C_{Q13}} / (E_{13} \cdot U_{13}) + \overline{Tf_{Q1}} \leq Tp) \hat{P}$$

Para más información, véase Rabadán y otros (2006).

características del proceso productivo (CT, operaciones y datos de la planificación temporal) y el Plan de Materiales, que conforman las entradas del sistema. Además, este programa informático no sólo agrupa en un único software la aplicación encargada de la Planificación de Capacidad a Corto Plazo (Ilustración 1), sino que entre sus salidas se encuentran también la Planificación del Tiempo de Suministro y la posibilidad de utilizar herramientas de estudio de la evolución de las desviaciones de capacidad y del comportamiento de las variables aleatorias (Ilustración 2), con objeto de observar anomalías en su distribución que originen una disminución de la fiabilidad de las estimaciones de capacidad o que sean indicativas de alteraciones en el proceso productivo.

Si bien el software diseñado funciona de forma independiente, también podría vincularse con programas de Gestión de la Producción, importando de ellos la información que necesita⁷⁴.

El proceso de cálculo seguido para la determinación del Plan de Carga es el que ya se ha indicado en la Figura 1. En este sentido, el tiempo de carga de un lote se estima a partir del valor medio de los valores que se registraron en todas las ocasiones en las que se emitió un lote del mismo tamaño (calculados como $Tc_{Qijk} = Tfo_{Qijk} - Ten_{Qijk}$)⁷⁵. Igualmente, la estimación del momento de entrada en el CT se calculará a partir de la media de los valores que se produjeron en todas las ocasiones en las que se emitió un lote del mismo tamaño (Ten_{Qijk}), que se encuentran almacenados en las bases de datos.

Para determinar la existencia de posibles sobrecargas o subcargas, es preciso comparar la capacidad necesaria (calculada con el procedimiento expuesto) con la disponible por CT k y periodo p (CD_{kp}), que se calcula como se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cálculo de la capacidad disponible.

$$\overline{CD}_{kp} = \sum_{t=1}^T \left\{ u.r._{kt} \times \left[\min \left(\frac{n^{\circ} \text{trab } maq_{kt}}{n^{\circ} \text{trab por } maq_k}, n^{\circ} \text{maq}_{kt} \right) + n^{\circ} \text{trab}_{kt} \right] \right\} \times \text{días laborables del periodo}_p \times \overline{E}_k \times \overline{U}_k$$

$u.r._{kt}$ = unidades reales de tiempo del turno t correspondiente al CT k .

$n^{\circ} \text{trab } maq_{kt}$ = n° de trabajadores que necesitan una máquina para ejercer su trabajo en el turno t y el CT k .

$n^{\circ} \text{trab por } maq_k$ = n° de trabajadores necesarios para el funcionamiento cada máquina que compone el CT k .

$n^{\circ} \text{maq}_{kt}$ = n° total de máquinas que pertenecen al CT k y que se utilizan en el turno t .

$n^{\circ} \text{trab}_{kt}$ = n° de trabajadores, en el turno t del CT k , a los que no les afecta la disponibilidad de máquinas para trabajar y que pueden realizar su trabajo ya sea individualmente o en grupo.

T = número de turnos de la empresa.

Igualmente, la planificación del tiempo de suministro se realiza a partir del valor medio que tomó el tiempo de finalización de los lotes con el mismo tamaño (Tfo_{Qijk}), que se elaboraron en la empresa con anterioridad.

Ilustración 1. Plan de carga por CT.

⁷⁴ Esta doble opción amplía su utilidad tanto a las empresas que tienen instalado ERP como a las pequeñas y medianas empresas que no pueden permitirse implantar un software de gestión integral de la producción.

⁷⁵ Dado que tomamos valores reales de entrada y salida del CT estamos considerando la capacidad necesaria para procesar las unidades sin defectos que han llegado a la operación. Por lo tanto ya se tiene en cuenta el factor aprovechamiento de todas las operaciones anteriores en su ruta y también otras pérdidas de unidades que pueden producirse en el proceso productivo (por ejemplo, en el desplazamiento o en la inspección).

del CRPs, como alternativa a CRPt, podría permitir a la empresa reducir el número de variables aleatorias necesarias para la determinación de la planificación de capacidad a corto plazo, lo que unido a la continua actualización de las estimaciones de dichas variables, podría reducir los cálculos necesarios para la obtención de los valores y periodos de asignación de la carga, los costes totales de estimación, el tiempo necesario para realizar replanificaciones y puede mejorar la probabilidad de cumplimiento de la planificación de capacidad. En este sentido, creemos que el CRPs podría ofrecer mayores ventajas cuanto más complejo sea el sistema productivo de la empresa (alta variedad de ítems diferentes, más operaciones, horizontes de planificación largos, etc), al existir una mayor diferencia entre las variables utilizadas por las dos técnicas.

El programa informático elaborado para la puesta en práctica del CRPs, podría ampliar las ventajas propias de esta técnica de planificación detallada de capacidad, ofreciendo una importante herramienta de simulación de las cargas y fechas de entrega, la reducción de los costes totales de estimación de las variables aleatorias, el almacenamiento de los datos de las operaciones, la consideración de las unidades defectuosas que se generan en todo el proceso de producción, la unificación en un solo software de las herramientas necesarias para la estimación de las variables aleatorias y la elaboración de la Planificación de Capacidad a Corto Plazo, el almacenamiento de la información de los pedidos en curso, la representación de la evolución de algunas de las variables aleatorias más relevantes para la empresa, el estudio de la evolución las desviaciones de la capacidad necesaria frente a la disponible y de la exactitud de las planificaciones de capacidad y de los tiempos de suministro.

En definitiva, consideramos que el modelo CRPs, apoyado con el programa informático diseñado, podría aplicarse en muchas empresas con configuración productiva por lotes, no siendo preciso que tenga implantado un sistema ERP, como en el caso de CRPt, y podría conseguir unos niveles de fiabilidad iguales o superiores a los alcanzados por esta última técnica. Ofrece planificaciones de capacidad actualizadas y dispone de herramientas de análisis que ayudan al planificador en la toma de decisiones. Además, su implantación resulta muy sencilla, ya que una vez que se han introducido las características del sistema productivo, tan sólo es necesario que se incorpore la información del Plan de Materiales.

Los bajos requerimientos para la puesta en práctica del CRPs, así como su mayor facilidad de uso y la reducción de los costes de planificación, lo podrían hacer muy útil para aquellas pequeñas y medianas empresas que no puedan permitirse el coste de implementación de ERP, o que, simplemente, no puedan disponer del personal técnico necesario para la determinación de las variables y aplicación del CRPt.

Referencias

Bernard, P. (1990). "Inaccurate Schedules? Check your CRP Logic". *Production & Inventory Management Review & Apics News*, 10(1):37-40.

Burcher, P.G. (1992). "Effective Capacity Planning". *Management Services*, 36(10) :22-25.

Domínguez Machuca, J. A.; García González, S.; Domínguez Machuca, M. A.; Ruíz Jiménez, A.; Álvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill.

Jonsson, P.; Mattsson, S. (2003). "The implications of fit between planning environments and manufacturing planning and control methods". *International Journal of Operations & Production Management*, 23(8):872-900.

Krepchin, I. P. (1989). "Using Computers for Planning and Control". *Modern Materials Handling*, 44(13):68-71.

Rabadán Martín, I.; García González, S. (2005). "Un análisis teórico de la probabilidad de cumplimiento del plan de capacidad a corto plazo". *Actas de las XV Jornadas Hispano lusas de Gestión Científica*, Sevilla.

Rabadán Martín, I.; García González, S. (2006). "CRP simplificado: una propuesta para mejorar la eficiencia en de la planificación de la capacidad a corto plazo". *Actas del XV Congreso Hispano-Francés AEDEM*, Palma de Mallorca.

Rabadán Martín, I.; García González, S.; Gessa Perera, A.; Sancha Dionisio, M. P. (2006). "Planteamiento teórico de una técnica de planificación de capacidad a corto plazo alternativa a CRP". *Actas de las XVI Jornadas Hispano lusas de Gestión Científica*, Evora.

García González, S.; Rabadán Martín, I.; y Gessa Perera, A (2004). "Una aproximación a la aleatoriedad de la Planificación de Necesidades de Capacidad (CRP)". *XVIII Congreso anual y XIV Hispano Francés de AEDEM*.

