

Asignación de personal polivalente, basada en tiempos de rotación del personal a las tareas, buscando la satisfacción prioritaria de las tareas.

Ericka Rodríguez Calvo, Anna María Coves Moreno

Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales (IOC). Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).
08038 Barcelona (Cataluña). ericka.rodriguez@upc.edu, anna.maria.coves@upc.edu

Resumen

Se presenta el problema de asignación de personal polivalente, considerando el caso en que el personal disponible no coincide con la cantidad de personal necesario en cada intervalo de tiempo; por lo que se hace la asignación en base a la prioridad de cobertura de las tareas, respetando la cantidad de personal que pueda ser asignada a cada una de las tareas de manera simultánea y los patrones de rotación entre las tareas.

Palabras clave: Organización del trabajo, Asignación, Personal polivalente

1. Introducción

La necesidad cada vez mayor de las organizaciones de adaptarse a los cambios, que se dan de manera constante en el mercado, hacen que haya un creciente interés y progreso en lo referente a la organización del tiempo de trabajo y que exista una adaptación de las leyes laborales que lo permitan. Esto conlleva al logro de una organización flexible, que en términos generales consiste en la capacidad de la organización de adaptarse a situaciones de cambio de manera eficaz. Claver *et al.* (1996) establece que no es suficiente que las organizaciones puedan adaptarse a las necesidades del mercado, que es preciso además hacerlo con rapidez para llegar antes que los demás.

Las maneras tradicionales de competencia como son: la tecnología, los productos que ofrecen y/o los precios, solo le permite a la organización entrar en el mercado, pero no son suficientes para conseguir su permanencia, ya que estos recursos se pueden adquirir a menudo muy fácilmente también por sus competidores. Johannesse (1997) establece que para las organizaciones el lograr su ventaja competitiva y permanencia en el mercado le lleva a buscar nuevas soluciones basadas en la organización de sus recursos humanos y en las características de su colectivo.

El personal polivalente supone una ventaja para el logro de la flexibilidad laboral, ya que brinda la capacidad de organizar y trabajar en función de las demandas del mercado, dicho esto por Hottenstein y Bowman (1998). Además Maw y Sleezer (1995) y McCune (1994) muestran los beneficios que se pueden obtener de este tipo de personal en la reducción de costes, mejora de la calidad, mejor uso de los recursos, mejor servicio al cliente, alta satisfacción del personal, etc.

Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación financiado por CICYT con referencia DPI2001-2176, titulado "Organización del tiempo de trabajo, con jornada anualizada, en la industria y en los servicios".

Existen diferentes formas en que las organizaciones pueden conseguir la flexibilidad laboral, de forma general se identifican en flexibilidad interna y externa. La primera (interna) se refiere al manejo interno de su fuerza laboral, es decir asignar como mejor convenga para satisfacer sus necesidades de adaptación, y la segunda (externa) es la que se ayuda de agentes externos (despidos, contratos temporales, etc.) para la satisfacción de su demanda laboral.

La llamada Asignación de personal, mejor conocida como Asignación de tareas, se considera la tercera fase del problema de Organización del tiempo de trabajo (OTT), según lo descrito por Corominas y Pastor (2000). Los antecedentes en este tema se remontan a lo descrito por Abernathy (1972), que es quien para facilitar el trato de este problema, sugiere dividirlo en tres fases que se relacionan jerárquicamente. Por lo que la etapa de asignación de tareas, parte de un resultado previo de dos fases realizadas a priori (Planificación y Programación), como se muestra en los trabajos realizados por Corominas *et al.* (2003) y Ojeda (2004).

El problema que se presenta en este trabajo consiste en la asignación de tareas a personal polivalente a lo largo de un horizonte de planificación determinado. Este problema consiste básicamente en: teniendo conocimiento previo del personal disponible y de la demanda de tareas para cada uno de los intervalos (período de tiempo en los que se divide el horizonte de planificación), lograr la asignación de personal que respete el patrón de rotación del personal por las diferentes tareas y alcance una óptima satisfacción de las tareas.

Considera para este tipo de problema por lo tanto un personal con polivalencia total y el escenario en que se tiene una demanda determinista con una disponibilidad de personal no exacta con la demandada.

2. Descripción del problema

El problema de asignación de una manera general, Díaz y Fernández (2001) lo describen como la asignación de n tareas a m agentes, sujeto a las restricciones aplicables, donde se busca la optimización de los recursos.

Hablando de la asignación de tareas dentro de la organización del trabajo, es definido por Corominas y Pastor (2000) como dada una previsión de la capacidad de trabajo necesaria, a lo largo del horizonte, determinar a que tipo de tarea se dedicará en cada momento cada uno de los trabajadores.

Zülch *et al.* (2004) mencionan la existencia de muchas formas de asignar el personal a las tareas y por lo tanto la asignación elegida tendrá importantes efectos en los costes de la fuerza laboral y el logro de los objetivos de la organización.

Hay una gran diversidad de características que se presentan en la problemática de la asignación de tareas, por lo que para llevar acabo la asignación se han de seguir ciertas pautas establecidas previamente, las cuáles se basan en el ambiente que lo rodea, regido este, por diversos factores como son: la capacidad del personal, flexibilidad de la organización, los niveles de demanda, contratos colectivos, leyes laborales, naturaleza de las tareas, prioridades del personal y organización, costes, etc.

En el presente trabajo, se estudia una situación generalizada del problema de asignación de tareas considerando la peculiaridad de la rotación del personal a las tareas. Dicha peculiaridad

se da por diferentes motivos: respetar la curva de rendimiento del personal, mantener el nivel de entrenamiento y polivalencia del personal, optimizar los tiempos de set-up, proteger la salud del personal, evitar la fatiga, sortear la monotonía, lograr mejor reparto de las tareas, mantener un buen clima laboral, optimizar el tiempo de preparación previa y posterior a cada tarea, etc.

No siempre se consigue tener una disponibilidad de personal igual a la necesaria, si no que en muchas ocasiones se dispone de una cantidad de personal inferior o superior a la demanda real, en cada uno de los intervalos de tiempo. Surge pues la necesidad de buscar una asignación basada en una satisfacción prioritaria de las tareas, en la que la prioridad de las tareas se establece por motivos económicos, por afectación entre tareas o por el equilibrio de la organización, entre otros.

Además se tiene que tener en cuenta, que independiente de la cantidad de personal demandado en cada intervalo de tiempo para cada tarea, se tiene limitación de capacidad, es decir, existe un número máximo de personas que se puedan asignar simultáneamente a una misma tarea, esto puede ser por razones de espacio, herramientas de trabajo, niveles de supervisión, etc.

En los siguientes apartados, se comentan los parámetros de rotación entre tareas considerados para la asignación del personal, así como la exposición detallada del modelo y su método de resolución. Se presenta además un ejemplo de aplicación del modelo.

3. Modelización y resolución.

La problemática que trata la asignación de tareas es muy extensa por la diversidad de características y criterios de evaluación que pueden ser considerados. Por lo que el procedimiento que se propone se enfoca a una característica en específico, tomando la evaluación en base a un sistema de prioridades de las tareas.

El procedimiento que se propone trata dos diferentes patrones de rotación: por bloque (es aquel que establece un número exacto de intervalos continuos que se ha de realizar cada tarea) y por rango (contempla un número mínimo y máximo de intervalos continuos que se ha de realizar cada tarea). Según el objetivo y el ambiente en que se aplica este procedimiento se tiene la libertad de elegir el patrón de rotación (por bloque o rango) que mejor convenga, pero hay que considerar que no se puede hacer una mezcla de los dos tipos de rotación.

Se presenta en este trabajo un modelo de programación lineal que se resuelve mediante ILOG-OPL-STUDIO versión 3.7 (librerías de ILOG-CPLEX 9.0), en el que se considera la posibilidad de respetar dos tipos de patrones de rotación de personal en las tareas, por bloque y por rango, y con el objetivo de satisfacer las tareas mediante un sistema de prioridades.

3.1. Índices

p	Para las personas.
h	Para los intervalos de tiempos.
t	Para las tareas.

3.2. Parámetros

P	Número total de personas ($p = 1 \dots P$).
H	Horizonte de planificación ($h = 1 \dots H$).
T	Número total de tipos de tareas ($t = 1 \dots T$).
$D=[d_{th}]$	Matriz de demanda de la capacidad necesaria en las tareas t en los intervalos h .
$R=[r_{pt}]$	Matriz binaria de rendimiento, que indica si el personal p esta capacitado para realizar la tarea t .
$SD=[sd_t]$	Vector de porcentaje que indica el nivel de escasez de capacidad permitido para cada tarea t . $sd_t \leq 1$.
$SE=[se_t]$	Vector de porcentaje que indica el exceso de capacidad permitido por tarea t . $se_t \leq 1$.
$[lmin_t]$	Vector que indica los intervalos consecutivos mínimos que ha de realizarse la misma tarea t .
$[lmax_t]$	Vector que indica los intervalos consecutivos máximos que ha de realizarse la misma tarea t .
$IE=[ie_t]$	Matriz de intervalos consecutivos ideales que se han de realizar de la tarea tipo t .
$PT=[pt_t]$	Vector de prioridades de satisfacer cada tarea t . $\sum_{t=1}^T pt_t = 1$
$PS=[ps_{ph}]$	Matriz binaria que indica si el personal p esta presente o ausente en cada intervalo h . $\sum_{t=1}^T ps_{th} \leq P$

3.3. Variables

$X_{pth} \in \{0,1\}$	Variable binaria que adopta valor 1 si la tarea t ha sido asignada a la persona p en el intervalo h y 0 en caso contrario.
$X'_{th} \in [0, P]$	El total de personal asignado a realizar la tarea t en el instante h . $X'_{th} = \sum_{p=1}^P X_{pth} \quad \forall t; \forall h$
$se'_{th} \in [0, d_{th}]$	Indica el exceso de personal permitido en cada tarea t en el intervalo h . $se'_{th} = se_t \bullet d_{th} \quad \forall t, \forall h$
$sd'_{th} \in [0, d_{th}]$	Indica la escasez de personal permitido en cada tarea t en el intervalo h . $sd'_{th} = sd_t \bullet d_{th} \quad \forall t, \forall h$
$d_{th}^+ \in [0, se'_{th}]$	Indica el exceso de personal asignado a la tarea t en el intervalo de tiempo h . $X'_{th} - d_{th}^+ + d_{th}^- = d_{th} \quad \forall t; \forall h$
$d_{th}^- \in [0, sd'_{th}]$	Indica la escasez de personal asignado a la tarea t en el intervalo de tiempo h . $X'_{th} - d_{th}^+ + d_{th}^- = d_{th} \quad \forall t; \forall h$
$YNS_{th} \in [0,1]$	Indica el nivel de escasez de capacidad en la tarea t en el intervalo h . $YNS_{th} = d_{th}^- / d_{th} \quad \forall t; \forall h$

Y_{pth}	$[0, ie_{pt}]$	Indica los intervalos continuos que el personal p lleva realizando la tarea t hasta el intervalo h .
M_{pth}	$\{0,1\}$	Variable auxiliar binaria que adopta valor 1 si el personal p ha empezado a ejecutar la tarea t en el intervalo h y 0 en caso contrario.

3.4. Función Objetivo

“Minimizar la insatisfacción ponderada de las tareas de acuerdo a su prioridad.”

$$\min Z = \sum_{h=1}^H \sum_{t=1}^T [pt_t \cdot YNS_{th}] \quad (1)$$

3.5. Restricciones

$$X_{pth} = 0 \quad \forall r_{ph} = 0 \quad (2)$$

$$X'_{th} \leq [d_{th} (1 + se_t)] \quad \forall t; \forall h \quad (3)$$

$$X'_{th} \geq [d_{th} (1 - sd_t)] \quad \forall t; \forall h \quad (4)$$

$$X_{pth} = 0 \quad \forall ps_{ph} = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{t=1}^T X_{pth} = ps_{ph} \quad \forall p; \forall h \quad (6)$$

3.5.1 Restricciones para la rotación por rango

$$X_{pth} \cdot l \min_t \leq \sum_{j=h}^{j=l \min_t} X_{ptj} \quad h = 1; \forall p; \forall t \quad (7)$$

$$M_{pth} \geq X_{pth} - X_{pt(h-1)} \quad \forall h \in 2 \dots H; \forall p; \forall t \quad (8)$$

$$M_{pth} \cdot l \min_t \leq \sum_{j=h}^{j=\min|h+l \min_t - 1, H|} X_{ptj} \quad \forall h \in 2 \dots H; \forall p; \forall t \quad (9)$$

$$\sum_{j=h-l \max_t}^{j=h} X_{ptj} \leq l \max_t \quad \forall p; \forall t; \forall h \in (l \max_t + 1 \dots H) \quad (10)$$

3.5.2 Restricciones para la rotación por bloque

$$X_{pth} \bullet ie_t \leq \sum_{j=h}^{j=ie_t} X_{ptj} \quad h = 1; \forall p; \forall t \quad (11)$$

$$M_{pth} \geq X_{pth} - X_{pt(h-1)} \quad \forall h \in 2 \dots H; \forall p; \forall t \quad (12)$$

$$M_{pth} \bullet ie_t \leq \sum_{j=h}^{j=\min\{h+ie_t-1, H\}} X_{ptj} \quad \forall h \in 2 \dots H; \forall p; \forall t \quad (13)$$

$$\sum_{j=h-ie_t}^{j=h} X_{ptj} \leq ie_t \quad \forall p; \forall t; \forall h \in (ie_t + 1 \dots H) \quad (14)$$

El modelo básico está conformado por las siguientes funciones que regulan la asignación, como son: que la tarea se asignada al personal que tiene la capacidad para desarrollarla (2), seguido por (3) y (4) que aseguran que el personal asignado a cada tarea no supere los límites de capacidad mínima y máxima permitida. Únicamente asignar tareas al personal presente está garantizado por la expresión (5) y además que solo pueda realizar una tarea simultáneamente esta regulado por la función (6).

Cuando se desea una asignación por rango se han de agregar las funciones (7), (8), (9) y (10) las cuales son las que hacen que se logre una asignación de tareas al personal, con un número consecutivo de intervalos que esté entre el mínimo y máximo de períodos preestablecidos. Para el caso en que se busque una asignación hecha por bloques, se ha de considerar las funciones (11), (12), (13) y (14) que regula que se haga la asignación de personal a una tarea en número exacto de intervalos continuos.

4. Ejemplo

Se presentan los resultados obtenidos en un ejemplo de aplicación del procedimiento que se propone. El ejemplo esta conformado por la asignación de 10 trabajadores, 3 diferentes tareas y un horizonte de planificación de 1 semana. Donde se consideran los 2 diferentes parámetros de rotación entre tareas, los cuales se muestran en la tabla que aparece a continuación (Tabla 1), además también se indica de la prioridad de cobertura de cada una de las tareas.

Tabla 1. Parámetros de rotación y preferencia de las tareas.

Tipo de Tarea	Rango		Bloque	Prioridad de cobertura
	Intervalos Mínimos	Intervalos Máximos	Número de intervalos	
A	1	3	1	0
B	2	4	2	1
C	2	5	1	0

Los resultados del ejemplo realizado, basado en los datos presentados (Tabla 1), se pueden ver en la tabla que se exhibe a continuación (Tabla 2), donde se hace una comparación de los

valores obtenidos al hacer una asignación de tareas considerando los dos diferentes parámetros de rotación.

Tabla 2. Datos comparativos de la asignación hecha con los dos tipos de rotación.

Rotación Parámetros	Rango	Bloque
Valor de la función	0	0
Tiempo computacional	72,89 segundos	39,13 segundos
Número de variables	48552	48552
Número de restricciones	107202	107282

A continuación se presentan gráficas que muestran la distribución de capacidad asignada a cada una de las tareas y el nivel de demanda cubierta en cada una de ellas. Como se observa, el objetivo de cubrir la demanda de las tareas de forma prioritaria se ha conseguido satisfactoriamente, respetando las restricciones.

La necesidad de capacidad ha sido cubierta plenamente para la tarea que se ha presentado como prioritaria (tarea tipo B), al ser considerado ambos tipos de rotación (rango y bloque).

Gráfico 1. Representación de la asignación hecha a la tarea A considerando la rotación por rango.

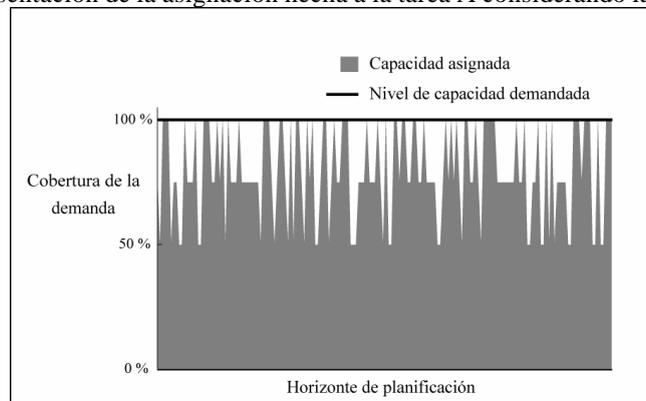


Gráfico 2. Representación de la asignación hecha a la tarea B considerando la rotación por rango.

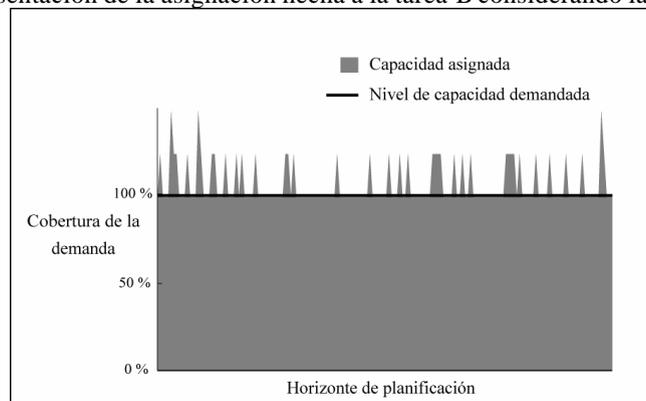


Gráfico 3. Representación de la asignación hecha a la tarea C considerando la rotación por rango.

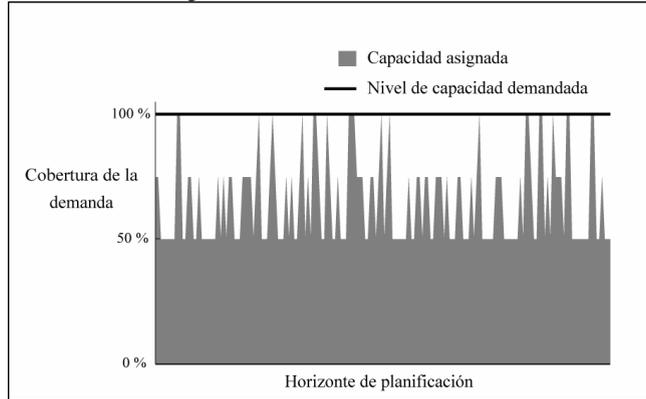


Gráfico 4. Representación de la asignación hecha a la tarea A considerando la rotación por bloque.

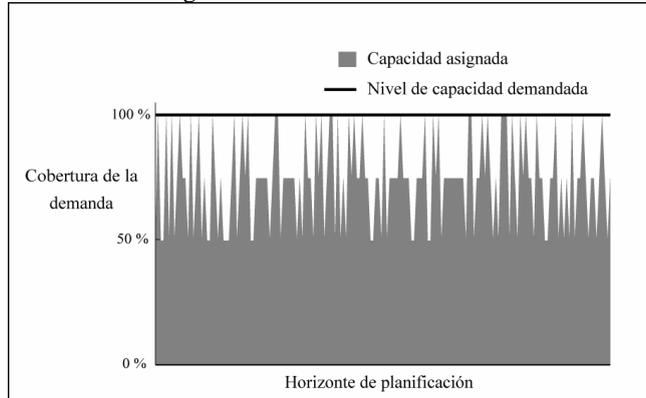


Gráfico 5. Representación de la asignación hecha a la tarea B considerando la rotación por bloque.

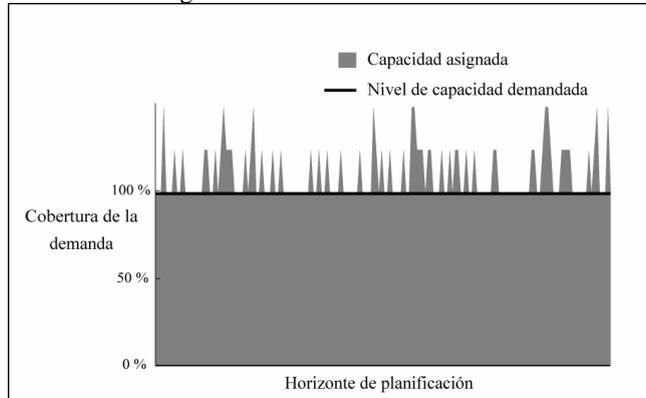
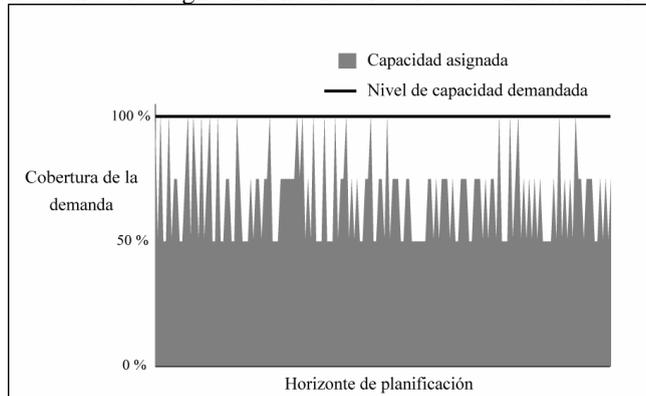


Gráfico 6. Representación de la asignación hecha a la tarea C considerando la rotación por bloque.



5. Comentarios finales

El modelo permite hacer la asignación que mejor se adapta a las necesidades de la organización, es decir, si los intervalos de realización de un trabajo han de ser exactos o bien existe un rango de intervalos seguidos de realización para una tarea. El tiempo de ejecución del procedimiento está relacionado no sólo con la cantidad de variables y de restricciones que se impliquen en el problema, sino también con los datos de partida.

En el ejemplo que presentamos, el realizar cambios en los datos de entrada como puede ser la prioridad de las tareas, el tamaño de los bloques y los límites del rango de asignación, puede afectar considerablemente el tiempo de ejecución del proceso.

Este trabajo que se presenta en el marco de desarrollo de una tesis doctoral sobre el tema de asignación de tareas, por lo que el estudio sobre el tema continúa, considerando las demás características del tema y diversas formas de evaluación. Se ha utilizado para la realización del ejemplo un ordenador *Pentium 4* a 2.99 GHz. con 512 MB de RAM.

Referencias

- Abernathy, W.J. (1972). A three-stage manpower planning and scheduling model- A service-sector example. *Operations Research*, Vol. 21, pp. 693-711.
- Corominas, A.; Pastor R. (2000). Un mètode per a la planificació d'horaris i d'activitats en serveis amb demanda estacional. *Working paper*, IOC-DT-P-200-10, IOC-UPC, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Corominas, A.; Pastor, R.; Rodríguez, E. (2003). Asignación temporalizada de tareas al personal de un centro de servicios. *V Congreso de Ingeniería de Organización*. Valladolid-Burgos Septiembre 2003.
- Claver, C.E.; Gascó, G.L.; Taverner, J.L. (1996). Los recursos humanos en la empresa: un enfoque directivo. Ed. Cívitas.
- Díaz, J.A.; Fernández, E. (2001). A tabu search heuristic for the generalized assignment problem. *European Journal of Operational Research*, Vol.132, pp.22-38.
- Hottenstein, M.P.; Bowman, S.A. (1998). Cross-training and worker flexibility: A review of DRC system research. *The Journal of High Technology Management Research*, Vol.9, No.2, pp. 157-174.
- McCune, J.C. (1994). On the train gang. *Management Review*, Vol.83, No.10, pp. 57-60.
- Maw, J.A.; Sleezer, C.M. (1995). Multiskilling: The quiet revolution in healthcare education and training. *Journal of Health Occupations Educations*, Vol.10, No.1, pp.39-53.
- Ojeda, R.J. (2004). Programación de horarios semanales de trabajadores polivalente en un centro de servicios. *Tesis Doctoral*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Johannessen, J.A.; Olsen B.; Olaisen J. (1997). Organizing for Innovation. *Long Range Planning*, Vol. 30, No. 1, pp. 96-109.
- Zülch, G.; Rottinger, S.; Vollstedt, T. (2004). A simulation approach for planning and re-assigning of personnel in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, Vol. 90, pp. 265-277.