

Modelo multicriterio para la asignación de tareas a personal polivalente

Ericka Zulema Rodríguez Calvo¹, Anna María Coves Moreno¹

¹ Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales. Universidad Politécnica de Cataluña. 08038 Barcelona. ericka.rodriguez@upc.edu, ana.maria.coves@upc.edu

Resumen

Se presenta un modelo multicriterio, para la asignación de personal polivalente. El modelo se presenta como PLEM, donde la función objetivo para la búsqueda de la asignación óptima considera diferentes criterios de evaluación basados en las necesidades de la organización y del personal. La experimentación se ha realizado mediante ILOG-CPLEX.

Palabras clave: Organización del trabajo, asignación de tareas, optimización multicriterio.

1. Introducción

Las organizaciones deben ser cada vez más competitivas para poder mantenerse en el mercado económico actual, lo que implica someterse a cambios constantes, ya que no sólo basta con tener la capacidad para generar productos (bienes y/o servicios), sino que cada vez los clientes son más exigentes en sus demandas, lo que obliga a ofrecer una gran variabilidad de productos, la satisfacción rápida de sus demandas, una reducción de costes, etc.

Para llevar a cabo estos cambios constantes, se debe hacer uso de la flexibilidad que el personal puede ofrecerles. Por esto, como ya se ha descrito en el trabajo de Rodríguez y Coves (2005), la organización del tiempo de trabajo (*OTT*) es una herramienta muy útil para el uso de esta flexibilidad laboral, lo que ha hecho que en los últimos años haya surgido un avance en el estudio de esta área de la gestión laboral. Además un factor importante para la flexibilidad es el uso del personal polivalente, ya que permite mover al personal en las diferentes tareas conforme varían las necesidades en cada una de las tareas.

Partiendo de la propuesta de Abernathy (1972) y como se refleja en los trabajos de Corominas y Pastor (2000), Corominas *et al.* (2005, 2003), Rodríguez y Coves (2005) el problema de asignación de tareas (*AT*) forma parte de la *OTT*. Donde la *AT* se encarga específicamente de asignar las tareas al personal a lo largo de un horizonte de asignación determinado, teniendo previo conocimiento de la demanda de tareas y del personal disponible en cada uno de los intervalos de tiempo en que se divide el horizonte de asignación.

En este trabajo se presenta una descripción general del problema de asignación de tareas, así como de las características del personal polivalente, seguido por el modelo multicriterio propuesto para abordar el problema de *AT* para personal polivalente. Se presenta

* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en el proyecto DPI2001-2176, titulado "Organización del tiempo de trabajo, con jornada anualizada, en la industria y en los servicios".

posteriormente la experimentación del modelo así como los resultados obtenidos y por último los comentarios finales.

2. Descripción del problema de asignación

El problema de AT en el que se enmarca este trabajo, toma como referencia la propuesta de Corominas y Pastor (2000), que define que este problema es el último eslabón de una estructura jerárquica para el trato del problema organización del tiempo de trabajo. Así pues, la AT parte de un resultado previo de dos fases realizadas a priori, es decir, generalmente ya se tiene conocimiento del personal presente en cada período de tiempo, de sus características y de los pronósticos de demanda para cada una de las tareas en cada período.

En el trabajo de Rodríguez y Coves (2005) se expone que el problema de asignación de tareas presenta una gran diversidad de características, las cuales son definidas por factores como la ley laboral, el tipo de personal, los contratos colectivos, naturaleza de las tareas, flexibilidad de la organización, etc. En el presente trabajo se trata el problema de AT de forma generalizada, pero teniendo en cuenta ciertas características peculiares que delimitan el tipo de problema de AT que es considerado. Estas características son: personal de tipo polivalente, demanda determinista (la demanda de bienes y servicios se traduce en requerimientos de personal), capacidad disponible inalterable (total de personal), personal clasificado en categorías, tareas independiente, asignación del personal a una sola tarea a la vez, así como consideración de prioridades de la organización y de preferencias del personal.

3. Aspectos generales de la polivalencia del personal

La polivalencia del personal es la capacidad del personal para realizar diferentes tipos de tareas (Lusa, 2003). Históricamente según Aquilano (1977), los primeros estudios sobre el personal en la organizaciones surgen con la especialización, introducida como una ventaja económica de la división del trabajo, lo cual funcionó y satisfizo con éxito a las organizaciones en el transcurso de la revolución industrial; pero el énfasis ha ido cambiando, con los años se va a la búsqueda de formas para motivar y satisfacer al personal, que permitan aumentar la complacencia de los mercados, lo que da lugar al nacimiento del personal polivalente.

El desarrollo de esta polivalencia del personal, se logra con un entrenamiento en las diferentes tareas, para conseguir desarrollar las diferentes habilidades que pueden ser utilizadas dependiendo de las necesidades de la organización en las diferentes tareas. Sennott *et al.* (2006).

Según los trabajos de Mc Cune (1994), Maw y Sleezer (1995) la polivalencia genera importantes beneficios los cuales se pueden ver reflejados en una reducción de costes, mejora de la calidad, mejor uso de los recursos, mejora del servicio al cliente, alta satisfacción de las personas. Por lo que la utilización del personal polivalente es muy importante en diferentes sectores productivos, como son: los sistemas de manufactura celular, sector de la construcción, sector hospitalario, talleres mecánicos, tiendas de autoservicio, etc.

4. Modelización

La necesidad de las organizaciones de ser eficientes, y todos los factores que se ven involucrados para lograrlo, han hecho que la tendencia en su toma de decisiones sea con un

enfoque multicriterio. Esta tendencia, se da porque, como lo establece Corominas y Crespán (1993) hay exigencias técnico-organizativas de la producción y también necesidades del personal, considerando importante el hecho de que sean medibles; y por lo tanto es importante contar con las herramientas precisas para conseguirlo.

Por lo antes mencionado, este trabajo propone tratar el problema de asignación de tareas, mediante el uso de la optimización multicriterio, realizando un modelo de PLEM. La función objetivo, incluye seis criterios ponderados de acuerdo a las conveniencias de la organización. Se considera además para dos de estos criterios, la aplicación de la programación por metas ponderadas (*weighted goal programming*).

En la función objetivo (1), el primer criterio hace referencia a que la asignación se realice conforme a las prioridades de satisfacción de las tareas, el segundo considera que el personal sea utilizado acorde a su prioridad de empleo, seguido por el criterio que evalúa que la asignación considere que el personal debe estar realizando las diferentes tareas un tiempo específico a lo largo del horizonte de asignación, el cuarto criterio certifica que el personal lleve acabo las tareas para las que esté mejor capacitado, el siguiente criterio (quinto) busca que la cantidad del personal asignado a las tareas sea lo más cercano a lo que se demanda y por último, el sexto criterio hace referencia a la consideración de las preferencias expresadas por el personal.

$$\begin{aligned} \min Z = & w_a \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^H [p t_c \times YNS_{t_c} \cdot \sum_{h=1}^H X_{pth}] + w_b \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^H [e_{ct} \times X_{pth}] / Co_{max} \sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C \sum_{h=1}^H [YI_{ph} \cdot \sum_{t=1}^T X_{pth}] \\ & w_l \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T [g_1 \times XIT_{pt}^+ + l_2 \times XIT_{pt}^-] + w_d \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T [e_{ct} \times X_{pth}] \times \sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C \sum_{h=1}^H [XIT_{pt}'] \\ & w_y \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^H [y_1 \times YSS_{t_c} + y_2 \times YNS_{t_c}] + w_f \sum_{p=1}^P \sum_{t=1}^T [pp_{pt} \times XIT_{pt}'] \end{aligned} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{t=1}^T X_{pth} \geq PS_{ph} \quad \forall p; \forall h \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^T X_{pth} = 1 \quad (3)$$

$$XE_{ct} \leq e_{ct} \quad \forall c; \forall t; \forall h \quad (4)$$

$$X'_{th} \leq [d_{th} (1 + se_t)] \quad \forall t; \forall h \quad (5)$$

$$X'_{th} \geq [d_{th} (1 - sd_t)] \quad \forall t; \forall h \quad (6)$$

$$it_{pt}^{\min} \leq XIT_{pt} \leq it_{pt}^{\max} \quad \forall p; \forall t \quad (7)$$

$$X_{pt1} \cdot l \min_t \leq \sum_{h=1}^{l \min_t} X_{pth} \quad h = 1; \forall p; \forall t \quad (8)$$

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

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

$$\forall p; \forall t$$

$$w\alpha, w\beta, w\lambda, w\delta, w\psi, w\phi \geq 0$$

$$\lambda_1, \lambda_2 \geq 0$$

$$\psi_1, \psi_2 \geq 0$$

Donde:

<i>p</i>	Para las personas. ($p = 1 \dots P$)
<i>c</i>	Para las categorías. ($c = 1 \dots C$)
<i>h</i>	Para intervalos. ($h = 1 \dots H$)
<i>t</i>	Para las tareas. ($t = 1 \dots T$)
<i>P</i>	Número total de personas.
<i>C</i>	Número total de categorías.
<i>H</i>	Número de intervalos que comprende el horizonte de planificación para el que se realizar la asignación.
<i>T</i>	Número total de tipos de tareas
PC_p	Categoría a la que pertenece la persona p . ($\forall p$)
NP_c	Cantidad total de personas que pertenecen a la categoría c ($\forall c$). [0, P]
$R' = [r'_{ct}]$	Matriz que indica las tareas que puede realizar cada categoría. Para el caso de rendimiento uniforme los valores serán binarios, dando un valor de 1 si el personal de la categoría c puede realizar la tarea t y 0 en caso contrario. Para el caso en que se tiene rendimiento no uniforme, el rendimiento del personal de la categoría c para la tarea t puede tomar un valor entre 0 y 1, donde 1 es el máximo rendimiento. ($\forall c$) y ($\forall t$) $\sum_{c=1}^C r'_{ct} > 0$ y $\sum_{t=1}^T r'_{ct} > 0$
$D = [d_{th}]$	Matriz de personal necesario para la tarea t ($\forall t$) en el intervalo h ($\forall h$).
$CO = [co_c]$	Vector de prioridad del personal de cada categoría c ($\forall c$) respecto a las otras categorías. [0, ∞]
$SD = [sd_t]$	Vector de porcentaje que indica el nivel de escasez de personal permitido en la tarea t ($\forall t$). [0, 1]
$SE = [se_t]$	Vector de porcentaje que indica el nivel de exceso de personal permitido por tarea t ($\forall t$). [0, 1]
$ITC = [itc_{ct}]$	Matriz de proporción ideal de tiempo de dedicación a lo largo del horizonte de asignación en cada tarea t ($\forall t$) para la categoría

$$c(\forall c) \cdot \sum_{t=1}^T itc_{ct} = 1$$

TOL Tolerancia general permitida para alejarse de la proporción ideal de tiempo de dedicación a cada tarea $t(\forall t)$. Esta tolerancia no depende de las tareas. $[0,1]$

ITC^{min} = $[itc_{ct}^{\min}]$ Matriz de proporción mínima de tiempo que una persona de la categoría $c(\forall c)$ ha de dedicar a una tarea $t(\forall t)$ a lo largo del horizonte. $[0,1]$

$$itc_{ct}^{\min} = itc_{ct} \cdot (1 - tol) \quad \forall p; \forall t$$

ITC^{max} = $[itc_{ct}^{\max}]$ Matriz de proporción máxima de tiempo que una persona de la categoría $c(\forall c)$ ha de dedicar a una tarea $t(\forall t)$ a lo largo del horizonte de asignación. $[0,1]$

$$itc_{ct}^{\max} = it_{ct} \cdot (1 + tol) \quad \forall p; \forall t$$

LMIN = $[l \min_t]$ Vector que indica los intervalos consecutivos mínimos que se ha de realizar la misma tarea $t(\forall t)$. $[0, H]$

LMAX = $[l \max_t]$ Vector que indica los intervalos consecutivos máximos que se ha de realizar la misma tarea $t(\forall t)$. $[0, H]$

E = $[e_{ct}]$ Matriz con la cantidad máxima de personas de cada categoría $c(\forall c)$ que se puede asignar simultáneamente a cada tipo de tarea $t(\forall t)$. $e_{ct} \leq P_c$

PP = $[pp_{pt}]$ Matriz de preferencia que indica la proporción de tiempo que la persona $p(\forall p)$ desearía trabajar en cada tarea $t(\forall t)$. $\sum_{t=1}^T pp_{pt} = 1$

PT = $[pt_t]$ Vector que indica la prioridad de satisfacción de la tarea $t(\forall t)$. Es decir cuando no se tiene la capacidad de satisfacer la demanda de todas las tareas, indica cual de ellas ha de ser cubierta primero, o bien a cual se recomienda asignar más personal. $\sum_{t=1}^T pt_t = 1$

PS = $[ps_{ph}]$ Matriz binaria que indica si el personal $p(\forall p)$ está presente o ausente en cada intervalo $h(\forall h)$. $\sum_{t=1}^T ps_{th} \leq P$

Variabes:

X_{pth} $\{0,1\}$ Variable binaria que toma valor de 1 si la persona $p(\forall p)$ ha sido asignada a tarea $t(\forall t)$ en el intervalo h , y 0 en caso contrario.

X'_{th} $[0,P]$ Cantidad total de personal equivalente asignado a realizar la tarea t en el instante h . $\forall t$

XIT_{ph}	$[0,1]$	Valor de proporción de tiempo dedicado por la persona $p(\forall p)$ a la tarea $t(\forall t)$ horizonte H .
XIT'_{ph}	$[0,1]$	Valor de proporción de tiempo no dedicado por la persona $p(\forall p)$ a la tarea $t(\forall t)$ a lo largo de H .
XE_{cth}	$[0, Pc_c]$	Cantidad de personal de cada categoría $c(\forall c)$ asignado a la tarea $t(\forall t)$ en el intervalo h .
XIT_{pt}^+	$[0,1]$	Valor de la proporción del tiempo, que la persona $p(\forall p)$ dedica por encima de la proporción del tiempo ideal de dedicación a la tarea $t(\forall t)$.
XIT_{pt}^-	$[0,1]$	Valor de la proporción del tiempo, que la persona $p(\forall p)$ dedica por debajo de la proporción del tiempo ideal de dedicación a la tarea $t(\forall t)$.
YI_{ph}	$[0,1]$	Cantidad de capacidad de la persona $p(\forall p)$ no utilizada en el intervalo h .
YNS_t	$[0,1]$	Valor del nivel de escasez de capacidad para satisfacer la tarea $t(\forall t)$ en el horizonte H .
YSS_t	$[0,1]$	Valor del nivel de exceso de capacidad asignado a la tarea $t(\forall t)$ en horizonte H .
CO_{max}	$[0, \infty]$	Variable que adquiere la prioridad máxima de entre las diferentes categorías del personal.
M_{pth}	$\{0,1\}$	Variable auxiliar binaria, que adopta valor de 1 si la persona $p(\forall p)$ ha empezado a realizar la tarea $t(\forall t)$ en el intervalo h y 0 en caso contrario.

Donde $w\alpha, w\beta, w\lambda, w\delta, w\psi, w\phi$ son los parámetros de la función objetivo que dan el valor de ponderación a los seis diferentes criterios considerados para la asignación del personal. Los parámetros λ_1, λ_2 ponderan los componentes de las variables de desviación asociados a la proporción de intervalos realizando la tarea t por la persona p a lo largo del horizonte de planificación, y los parámetros ψ_1, ψ_2 es para ponderar los componentes relacionados con las desviaciones vinculadas a la capacidad asignada a la tarea t en cada uno de los intervalos h .

La restricción (2) indica que al menos se asigne una tarea al personal p presente en el intervalo h , (3) es para asegurar que asigna sólo una tarea al personal, la restricción (4) limita que la cantidad de personal asignado de cada categoría a cada una de las tareas, respete la cantidad máxima permitida. Que la cantidad de personal equivalente, asignada a cada tarea, sea inferior a un cierto valor límite se controla por la restricción (5), y que no sea superior la cantidad de personal equivalente asignado es controlado por la restricción (6). La (7) limita que la proporción de tiempo dedicado a cada tarea esté dentro del rango de proporción de tiempo permitido, la restricción (8) es aplicable al primer intervalo de tiempo, que asegura que si ha sido asignada la persona p a la tarea t , permanezca en esta misma tarea por lo menos el mínimo número de intervalos continuos, la (9) es aplicable a partir del segundo intervalo de tiempo, la cual asegura que una vez asignada la tarea t a la persona p , la realice el mínimo

número de intervalos continuos y por último la (10) asegura que la persona p no sobrepasa la permanencia en la tarea t una cantidad de intervalos máximos.

5. Experiencia computacional

Se incluye la experimentación del modelo propuesto, presentando primero los valores que toman los parámetros principales, con los cuales se genera una batería de datos para experimentar diferentes casos y poder hacer un análisis de la metodología propuesta en este trabajo.

Los datos básicos para la experimentación son:

- La cantidad de personal presente, toma tres diferentes tamaños de organización por lo que $P = [10, 50, 100]$.
- La cantidad de categorías que se considera en la experimentación toma valores de $C = [2, 4, 5]$.
- La cantidad de tipos de tareas que se incluye son $T = [2, 3, 5]$.
- Se consideran 4 tamaños de horizontes de asignación, con un $H = [12, 50, 100, 168]$ intervalos de tiempo.
- Los intervalos continuos de trabajo en las tareas están dados en la tabla siguiente

[LMIN _t , LMAX _t]	Tipos de tareas				
Tipología del caso	1t	2t	3t	4t	5t
[2T,2C], [2T,3C], [2T,4C]	[1, 4]	[1, 4]			
[3T,2C], [3T,3C], [3T,4C]	[1, 3]	[1, 3]	[1, 3]		
[5T,2C], [5T,3C], [5T,4C]	[1, 3]	[1, 3]	[1, 5]	[1, 3]	[1, 5]

Tabla 1. Rangos de trabajo en las tareas para los diferentes casos

La experimentación esta formada por 108 casos diferentes (combinación de los valores de P , C , T , H), donde a la función objetivo (1) se les ha dado un valor de ponderación igual para todos los criterios de evaluación; y la búsqueda de la asignación óptima se ha establecido un tiempo límite de 900 segundos. Además se ha realizado la experimentación para el caso con 3 tipos de tareas (T) y 2 categorías (C), alterando únicamente el horizonte de asignación $H = [10, 20, \dots, 300]$ y con un valor de $P = 10$ personas.

Para llevar a cabo la experimentación se ha utilizado ILOG-OPL-STUDIO versión 3.7 (librerías de ILOG-CPLEX 9.0), en un ordenador Pentium 4 a 2.99GHz con 512 MB de RAM.

Como se ha dicho en el apartado anterior, se han realizado la experimentación para 108 casos (escenarios distintos). En la figura 1.1. se muestra la distribución en porcentaje de los tipos de resultados obtenidos de los diferentes casos experimentados, donde se puede observar que se ha podido obtener una asignación óptima para 76,85% de los casos en el tiempo límite (900 segundos). Una segunda posición en la figura esta el que representa la proporción de los casos en que se obtuvo una solución óptima dentro de un 5% de tolerancia respecto a la cota (11,11%), seguida por los casos en que se logró una asignación mayor al 5% y menor al 10% respecto a la cota (2,78%), luego se representa la proporción de los casos en que la asignación conseguida en el tiempo límite es mayor al 10% respecto a la cota (6,48%) y por último los casos en que dentro del tiempo límite no se logró ninguna asignación (2,78%).

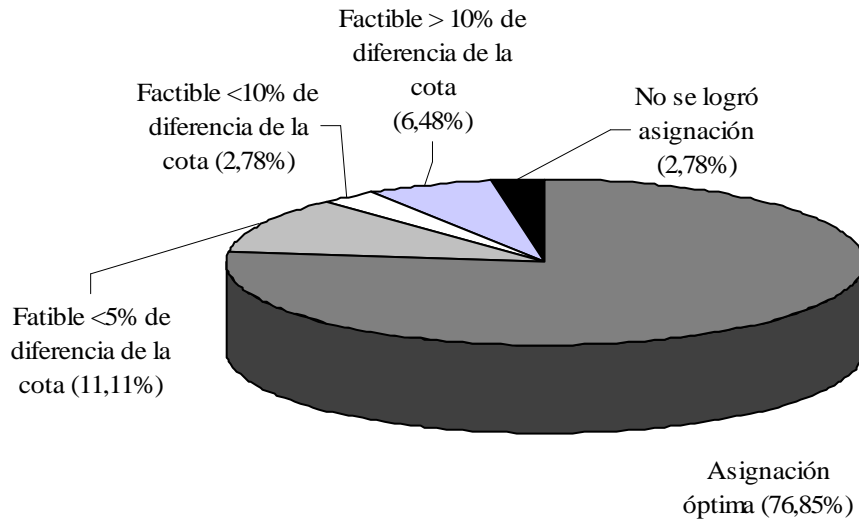


Figura 1. Proporción de tipo de resultados obtenidos, considerando 108 casos experimentados.

Se puede observar en la figura 1.2. y 1.3 los gráficos de tendencia en el comportamiento que sigue el modelo para la obtención de la asignación óptima para el caso experimentado en que únicamente se varía el tamaño del horizonte de asignación (H). En el primer gráfico (figura 1.2) podemos ver la tendencia (polinomial) del tiempo requerido llegar al óptimo y en el siguiente (figura 1.3) podemos ver el número de iteraciones realizadas por el modelo para alcanzar el óptimo, así como la línea de tendencia (polinomial).

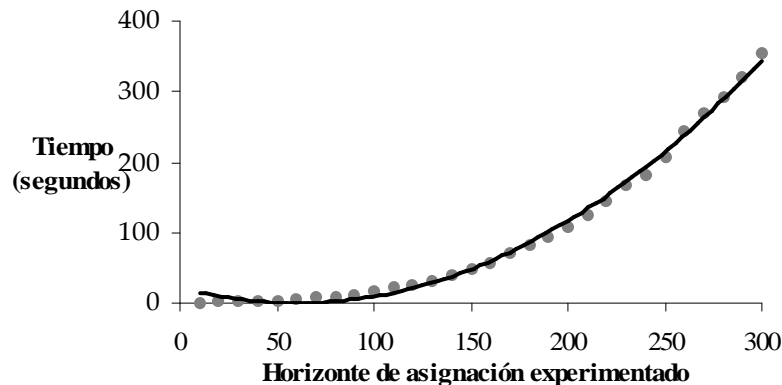


Figura 2. Gráfico que muestra el tiempo requerido para encontrar la asignación óptima acorde al valor de H .

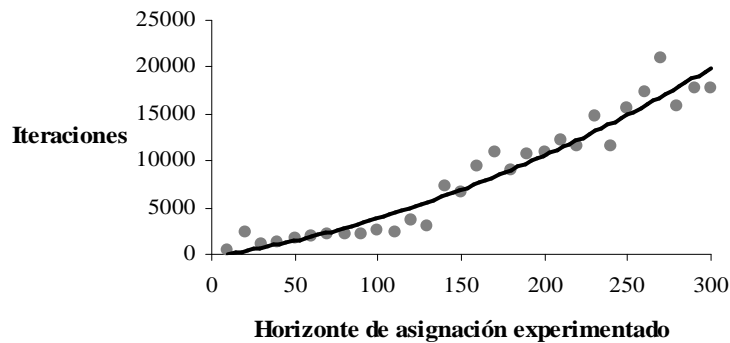


Figura 3. Gráfico que muestra las iteraciones requeridas para encontrar la asignación óptima acorde al valor de H .

6. Comentarios finales

Acorde a la experimentación del modelo propuesto, podemos decir que demuestra ser muy efectivo para resolver problemas de asignación en un tiempo relativamente pequeño, ya que logró encontrar una solución factible para el 97,22% de los casos experimentados dentro del tiempo límite de 900 segundos. Para el resto de casos (2,78%) se ha propuesto dividir el horizonte en segmentos y aplicar el modelo mediante su adaptación para que incorpore el histórico del segmento anterior.

Como ya se ha dicho al inicio de este trabajo existe una gran diversidad de características en el problema de asignación de tareas, el modelo presentado incluye sólo algunas de ellas. Aunque el modelo tiene la flexibilidad para ser adaptado conforme a las necesidades de la organización, se sigue trabajando en él para obtener un modelo más versátil que pueda tratar mayor diversidad de los problemas de asignación de tareas.

Referencias

- Abernathy, W.J. (1972). A three-stage manpower planning and scheduling model- A service sector example. *Operations Research*, Vol. 21, pp. 693-711.
- Aquilano, N.J. (1977). Multiskilled work teams: Productivity benefits. *California Management*. Vol. 19, No. 4, 17-22.
- Corominas, A.; Crespán, J. (1993). Organització del temps de treball. *Edicions UPC*.
- 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.
- Corominas, A.; Pastor, R.; Rodríguez, E. (2005). Rotational allocation of tasks to multifunctional workers in a service industry. *International journal of Production economics*. En prensa.
- Lusa, A. (2003). Planificación del tiempo de trabajo con jornada anualizada. *Tesis Doctoral UPC*.
- Maw, J.A.; Sleezer, C.M. (1995). Multiskilling: The quiet revolution in healthcare education and training. *Journal of Health Occupations Education*. Vol 10, No.1, 39-53.
- McCune, J.C., (1994). On the train gang. *Management Review*. Vol.83 (10), 57-60
- Rodríguez, E.; Coves, A. (2005). Asignación de personal polivalente, basada en tiempos de rotación del personal a las tareas, buscando la satisfacción prioritaria de las tareas. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. Gijón, Septiembre 2005.
- Rodríguez, E.; Coves, A. (2003). Estudio del estado del arte, sobre la asignación de tareas en jornada anualizada. *Working paper*. IOC-DT.P;2003-06. IOC-UPC.
- Sennott, L.I.; Van, O.M.; Iravani, S.M. (2006). Optimal Dynamic assignment of a flexible worker on an open production line with specialists. *European Journal of Operational Research*. Vol.170 (2), 541-566