

Planificación del tiempo de trabajo con cuentas de horas: el caso de servicios sin caducidad del saldo ^Y

Albert Corominas Subias^{1,2}, Jordi Olivella Nadal¹, Rafael Pastor Moreno^{1,2}

¹ Dto de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Cataluña. Avda. Diagonal, 647. Barcelona.

² Instituto Organización y Control de Sistemas Industriales. Universidad Politécnica de Cataluña. Avda. Diagonal, 647. Barcelona.

Resumen

Las cuentas de horas consisten en un incremento o disminución de las horas trabajadas que queda pendiente de compensar más adelante, con un sistema de límites y condiciones para cada caso. Su utilización para hacer frente a necesidades de la empresa genera un grupo específico de problemas. Se presenta un modelo de programación matemática que incluye la eficiencia de las distintas categorías de trabajadores y los costes de horas extra y de no cubrir la capacidad. Se resuelve el modelo en dos pasos: uno destinado a minimizar el coste y el segundo a determinar la solución que, minimizando el coste, utiliza menos y de forma más homogénea entre los trabajadores la cuenta de horas. Las primeras experiencias de cálculo son prometedoras.

Palabras clave: cuentas de horas, tiempo de trabajo, planificación, servicios, programación matemática

1. Introducción

La planificación de los horarios para actividades de servicios es un aspecto importante de su gestión, especialmente en lo que respecta a los horarios de trabajadores que tratan con el público. En la atención al público el desajuste entre la demanda y la capacidad genera esperas e, incluso peor, abandonos. Al ser esa demanda generalmente variable durante el día es necesario un esquema complejo de horarios que se solapan.

Cuando las oscilaciones de demanda se dan entre horas del día y entre horas de la semana, el ajuste entre los distintos horarios de los trabajadores y la demanda facilita la cobertura de esa demanda. En el caso de oscilaciones a más largo plazo, sea por cuestiones estacionales, de ciclo, o siguiendo pautas propias de cada mercado o compañía, se necesita otro tipo de herramientas. Se trata de conseguir variabilidad en el total de horas trabajadas, que se puede obtener vía contratación y despidos o cierres (flexibilidad externa), o con cambios en el número de horas trabajadas por empleado (flexibilidad numérica interna).

La flexibilidad numérica interna se puede obtener mediante diversas modalidades (Lehndorff, 1999; Oke, 2003). Desde el punto de vista de la planificación se pueden clasificar en:

- a) Horas extra. Se trata de tiempo suplementario de trabajo más allá del estándar, compensado con un pago adicional y acotado superiormente.

^Y Financiado por el proyecto DPI2004-05797 del MCyT y FEDER.

- b) Cómputo anual. El tiempo de trabajo se considera en promedio anual. También es posible que se nivele por períodos de varias semanas o meses. En este caso la distribución de las horas de trabajo en este período es flexible, pero el total no lo es. Además, las horas tienen que ser planificadas cuidadosamente para prevenir una carencia o un exceso cuando el final del período se acerca.
- c) Las cuentas de horas consisten en un incremento o disminución de las horas trabajadas que queda pendiente de compensar más adelante. El saldo de la cuenta refleja la situación para cada trabajador en cierto momento. Un sistema de límites y condiciones determina cada caso. Las cuentas de horas establecidas para hacer frente a necesidades de la empresa generan un grupo específico de problemas a resolver.

La planificación del tiempo de trabajo, en cualquier caso, ha de tener en cuenta los costes y los niveles de servicio. Ello requiere un sistema de información y control y herramientas de apoyo a la toma de decisiones.

Hay un volumen importante de literatura dedicado a la planificación de personal (Ernst et al., 2004), pero los problemas consideran normalmente un período de tiempo limitado, generalmente una semana o uno o varios meses. Una perspectiva más amplia se da al resolver la distribución de las horas del trabajo durante el año, un problema que se ha dado especialmente en Francia por causas legales (Bunel, 2004). Así, el cómputo anual ha sido tratado por diversos autores (Hung, 1999; Corominas et al., 2002; Azmat et al., 2004; Corominas et al., 2004)

2. Cuentas de horas sin caducidad del saldo: concepto y características

La cuenta de horas es una herramienta de gestión de los recursos humanos que permite compensar, a lo largo del tiempo, las diferencias entre las horas contractuales y las trabajadas por un empleado. Aquí se trata el caso en que las variaciones son debidas a necesidades de la empresa. Los convenios colectivos que establecían cláusulas de flexibilidad por razones empresariales fueron desarrollados en Alemania, siguiendo el acuerdo de 1984 entre IG Metall y la patronal metalúrgica (Gesamtmittel). El acuerdo permite asignar horas del trabajo por encima o por debajo de las contratadas para cubrir las fluctuaciones de la demanda. Las diferencias se compensan más adelante. Estos esquemas son cada vez más importantes en Europa (Lehndorff, 1999).

Estos sistemas se trasladaron posteriormente a los servicios (como en IBM Alemania, Debis y Metro Group, entre otros). Además de las variaciones estacionales y de ciclo, el hecho de trabajar por proyectos y campañas justifica la necesidad de la flexibilidad en estos casos. No se establece ningún límite a la recuperación de las horas trabajadas de más o de menos, por lo que se obtiene flexibilidad sin afectar a los períodos siguientes, en el sentido de que podrán mantener el volumen de horas de trabajo de referencia. A diferencia de las cuentas con caducidad, en este caso no se fuerza a compensar en ningún momento concreto. Sí se produce, por el contrario, una pérdida de flexibilidad por el hecho de que el saldo está acotado inferior y superiormente. De cara a mantener la máxima flexibilidad en ambos sentidos conviene neutralizar el saldo de la cuenta. No obstante, el saldo apropiado para el final del horizonte de planificación depende de las demandas previstas para el propio horizonte y para los períodos consecutivos.

3. Modelo

En esta sección se modeliza, mediante programación matemática, la planificación de las horas de trabajo de la cuenta de horas en una empresa de servicios, con capacidad deseada determinista, jornadas individualizadas y sin caducidad de los saldos de las cuentas de horas. Se detalla a continuación el modelo:

Datos:

W	Conjunto de trabajadores ($i \in W$).
K	Conjunto de categorías de trabajadores ($k \in K$).
J	Conjunto de tipos de tareas –o funciones– ($j \in J$).
T	Numero de períodos del horizonte de planificación ($t = 1, \dots, T$).
\hat{W}_k	Subconjunto de trabajadores de la categoría k ($\forall k \in K$). $\bigcup_{k \in K} \hat{W}_k = W$; $\hat{W}_{k'} \cap \hat{W}_{k''} = \emptyset \quad \forall k', k'' \in K \mid k' \neq k''$
ρ_{kj}	Eficiencia asociada a un trabajador de categoría k al realizar tareas de tipo j ($\forall k \in K; \forall j \in J$); $\rho_{kj} = 0$ indica que los trabajadores de categoría k no pueden realizar tareas de tipo j .
\hat{K}_j	Subconjunto de categorías cuyos trabajadores pueden realizar tareas de tipo j ($\forall j \in J$): $\hat{K}_j = \{k \in K \mid \rho_{kj} > 0\} \quad \forall j \in J$
\hat{J}_k	Subconjunto de tipos de tareas que pueden ser realizadas por trabajadores de categoría k ($\forall k \in K$): $\hat{J}_k = \{j \in J \mid \rho_{kj} > 0\} \quad \forall k \in K$
κ_{jt}	Capacidad deseada para tareas de tipo j en el período t ($\forall j \in J; t = 1, \dots, T$).
s_{i0}	Saldo de la cuenta de horas del trabajador i en el instante inicial ($\forall i \in W$), que puede ser negativo, cero o positivo.
h_i	Número de horas normal o de referencia por período correspondiente al trabajador i ($\forall i \in W$).
h_i^-, h_i^+	Cotas inferior y superior, respectivamente, del número de horas de trabajo ordinarias por período del trabajador i ($\forall i \in W$). Las diferencias entre h_i y h_i^- o entre h_i^+ y h_i se cargan o abonan en la cuenta de horas.
h_i^{++}	Cota superior del número de horas de trabajo por período del trabajador i ($\forall i \in W$). Las horas de trabajo entre h_i^+ y h_i^{++} se consideran horas extra (o sea, pagadas) y no se incluyen en la cuenta de horas. También se considera como hora extra aquella que se realiza por encima de la jornada de referencia

cuando la cuenta se ha agotado (el saldo de la cuenta de horas es igual a su cota superior) y, además, también se han agotado las horas de *sobrecuenta*. Denominamos horas de sobrecuenta las trabajadas por encima del valor de referencia (hasta h_i^+) cuando el saldo de la cuenta es igual a su cota superior (S_i^+ , para el trabajador i); suponemos que son retribuidas y no se abonan en la cuenta de horas y que su número total, para cada trabajador, está acotado superiormente en el horizonte de planificación. También se consideran horas de sobrecuenta aquéllas que son usadas para rescatar horas de la cuenta por otros motivos: cierre del año, finalización de contrato, etc.

S_i^-, S_i^+	Cotas inferior y superior, respectivamente, del saldo del cuenta de horas del trabajador i ($\forall i \in W$); obsérvese que $S_i^- \leq 0$ ($\forall i \in W$).
c_k	Coste de una hora extra para un trabajador de categoría k ($\forall k \in K$).
\hat{c}_k	Coste de una hora de trabajo superando la cuenta para un trabajador de categoría k ($\forall k \in K$). Se supone que $\hat{c}_k < c_k$ ($\forall k \in K$).
u_i	Cota superior, para el conjunto del horizonte de planificación, del número de horas extra para el trabajador i ($\forall i \in W$).
\hat{u}_i	Cota superior, para el conjunto del horizonte de planificación, del número de horas de trabajo superando la cuenta para el trabajador i ($\forall i \in W$).
γ_j	Coste de una unidad de déficit de capacidad para tareas de tipo j ($\forall j \in J$).
α_1, α_2	Cotas inferior y superior de la suma de los saldos de la cuenta de horas de todos los trabajadores en el último período del horizonte de planificación T .

Variables:

$x_{it}^-, x_{it}^+ \geq 0$	Horas de trabajo, por debajo y por encima, respectivamente, del valor de referencia, h_i , del trabajador i en el período t ($\forall i \in W; t = 1, \dots, T$). Las variables x_{it}^+ corresponden a las horas ordinarias, es decir, no incluyen las horas extra.
$e_{it} \geq 0$	Horas extra del trabajador i en el período t ($\forall i \in W; t = 1, \dots, T$).
$\hat{e}_{it} \geq 0$	Horas de sobrecuenta del trabajador i en el período t ($\forall i \in W; t = 1, \dots, T$).
$y_{jkt} \geq 0$	Horas dedicadas a tareas de tipo j por los trabajadores de la categoría k en el período t ($\forall j \in J; \forall k \in \hat{K}; t = 1, \dots, T$).
s_{it}	Saldo de la cuenta de horas del trabajador i en el período t ($\forall i \in W; t = 1, \dots, T$).
$\delta_{jt} \geq 0$	Déficit de capacidad para las tareas tipo j en el período t ($\forall j \in J; t = 1, \dots, T$).

Modelo:

$$[MIN] z = \sum_{k \in K} c_k \sum_{\substack{i \in \hat{W}_k \\ t=1, \dots, T}} e_{it} + \sum_{k \in K} \sum_{\substack{i \in \hat{W}_k \\ t=1, \dots, T}} \left(\hat{c}_k - \frac{t}{100 \cdot T} \right) \cdot \hat{e}_{it} + \sum_{j \in J} \gamma_j \sum_{t=1, \dots, T} \delta_{jt} \quad (1)$$

$$s_{it} = s_{i,t-1} + x_{it}^+ - x_{it}^- - \hat{e}_{it} \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum_{i \in \hat{W}_k} (h_i + x_{it}^+ - x_{it}^- + e_{it}) = \sum_{j \in \hat{J}_k} y_{jkt} \quad \forall k \in K; t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$\sum_{k \in \hat{K}_j} \rho_{kj} \cdot y_{jkt} + \delta_{jt} \geq \kappa_{jt} \quad \forall j \in J; t = 1, \dots, T \quad (4)$$

$$\sum_{t=1, \dots, T} e_{it} \leq u_i \quad \forall i \in W \quad (5)$$

$$\sum_{t=1, \dots, T} \hat{e}_{it} \leq \hat{u}_i \quad \forall i \in W \quad (6)$$

$$\alpha_1 \leq \sum_{i \in W} s_{iT} \leq \alpha_2 \quad (7)$$

$$0 \leq x_{it}^- \leq h_i - h_i^- \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$0 \leq x_{it}^+ \leq h_i^+ - h_i \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$0 \leq e_{it} \leq h_i^{++} - h_i^+ \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$S_i^- \leq s_{it} \leq S_i^+ \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (11)$$

$$0 \leq \hat{e}_{it} \leq x_{it}^+ \quad \forall i \in W; t = 1, \dots, T \quad (12)$$

$$y_{jkt} \geq 0 \quad \forall j \in J; \forall k \in \hat{K}_j; t = 1, \dots, T \quad (13)$$

$$\delta_{jt} \geq 0 \quad \forall j \in J; t = 1, \dots, T \quad (14)$$

Donde (1) es la función objetivo, que incluye el coste de las horas extra de más el coste de las horas sobrecuenta y el coste del déficit de la capacidad; (2) expresa, para cada trabajador y para cada período, el saldo de la cuenta de horas; (3) es el balance entre las horas disponibles de una categoría específica de trabajadores y las asignadas a los diversos tipos de tareas; (4) expresa que la capacidad correspondiente a las horas de trabajo asignadas a un tipo de tarea más el déficit de capacidad ha de ser igual o mayor que la capacidad deseada; (5) y (6) imponen las cotas superiores, para todo el horizonte de planificación, del número de horas de sobrecuenta y del número de horas extra para cada trabajador; (7) impone las cotas inferior y superior de la suma de los saldos de la cuenta de horas de todos los trabajadores en el último período del horizonte de planificación; (8) a (12) imponen las cotas inferiores y superiores de, respectivamente, las horas de trabajo por encima y por debajo del valor de referencia, las horas extra, el saldo de la cuenta de horas y las horas de sobrecuenta; finalmente. (13) y (14) imponen el carácter no negativo del resto de variables.

Analizando el problema y el modelo formalizado se comprobó que sería posible obtener resultados que podrían ser considerados poco lógicos y, por consiguiente, de difícil implantación. La solución que proporciona el modelo es una solución de mínimo coste, pero pueden existir varias soluciones de mínimo coste. A continuación se exponen varias situaciones que se pueden presentar en una solución de mínimo coste:

- 1) *Uso de la cuenta de horas sin ser estrictamente necesario.* Imagínese una capacidad necesaria de 16 horas durante dos períodos consecutivos y dos trabajadores, T1 y T2, con una jornada de referencia de 8 horas/período; siempre que no se sobrepasen los límites anuales establecidos, las siguientes dos soluciones cubren perfectamente la capacidad necesaria a mínimo coste: (8,8) horas para T1 y (8,8) horas para T2, ó (7,9) y (9,7) horas para T1 y T2, respectivamente. Con ambas soluciones se cubren 16 horas en cada período, pero mientras que el primer caso no es utilizada la cuenta de horas en el segundo, y sin ser necesario, sí que se utiliza.
- 2) *Uso no homogéneo de la cuenta de horas.* Al final de período de planificación podría darse una solución en la que existieran trabajadores para los que no se ha utilizado ninguna hora de la cuenta de horas y otros para los que la cuenta se ha utilizado en todos los períodos. Esta situación puede provocar conflictos laborales, ya que mientras los primeros trabajadores disfrutaban de horarios estables y regulares, los horarios de los segundos son variables.
- 3) *Saldos irregulares de la cuenta de horas.* Imagínese a dos trabajadores, T1 y T2, con unos saldos de la cuenta de horas en un período iguales a -3 y +1, respectivamente; siempre que no se sobrepasen los límites anuales establecidos, y ante una necesidad de una hora de más, podrían obtenerse las siguientes dos soluciones de igual coste: asignar dicha hora a T1 (con unos saldos finales de -2 y +1) o a T2 (con unos saldos finales de -3 y +2); se comprueba que la primera solución parece más adecuada que la segunda. Imagínese ahora unos saldos iguales a -6 y -2 y una necesidad de una hora de más; nuevamente asignar la hora a T1 (con unos saldos finales de -5 y -2) parece más adecuado que asignárselos a T2 (con unos saldos finales de -6 y -1).

Para resolver estas dificultades se incluyen en el modelo variables auxiliares que permiten penalizar las soluciones inadecuadas.

4. Conclusiones e investigación futura

Se ha desarrollado una primera experiencia computacional para evaluar la efectividad del modelo presentado. Se han resuelto ejemplares de hasta 250 días laborables y 250 trabajadores con tiempos de cálculo, en los casos más desfavorables, de hasta unos 150 minutos, lo que resulta compatible con la aplicación del modelo.

Se prevé completar y analizar la experiencia computacional y desarrollar el problema de planificación para otros casos, como las cuentas de horas con caducidad y las cuentas de horas para actividades industriales, que tendrán en cuenta los stocks. También se considera de interés utilizar estos modelos, en procesos de negociación, para valorar los efectos de los distintos parámetros que caracterizan el sistema específico de cuenta de horas.

Referencias

- Azmat, C.; Hurlimann, T.; Widmer, M. (2004) Mixed integer programming to schedule a single-shift workforce under annualized hours. *Annals of Operations Research*, Vol 128, No.1-4, pp.199-215.
- Bunel, M. (2004) Modulation / annualisation dans le cadre des 35 heures : entreprises et salariés sous contrainte. *Travail et Emploi*, Vol 98, pp.45-48.
- Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2002) Using MILP to plan annualised working hours. *Journal of the Operational Research Society*, Vol 53, No.10, pp.1101-1108.
- Corominas, A.; Lusa, A.; Pastor, R. (2004) Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and joint holidays. *Annals of Operations Research*, Vol 128, No.1-4, pp.217-233.
- Ernst, A. T.; Jiang, H.; Krishnamoorthy, M.; Sier, D. (2004) Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, Vol 153, No.1, pp.3.
- Hung, R. (1999) Scheduling a workforce under annualized hours. *International Journal of Production Research*, Vol 37, No.1, pp. 2419-2427.
- Lehndorff, S. (1999) "New working time systems, work organisation and re-distribution of work." Düsseldorf: Institut Arbeit und Technik Abteilung Arbeitsmarkt.
- Oke, A. (2003) Drivers of volume flexibility requirements in manufacturing plants. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol 23, No.11, pp.1497-1513.