

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: seleccionar la temática a partir de las líneas editoriales de la revista

Recibido: 10/10/16 | Aceptado: 11/11/16 | Publicado: 19/12/16

## Planificación iterativa de guardia utilizando el método de asignación

### *Iterative planning of guard using the allocation method*

Gusbey Pérez Carrazana <sup>1\*</sup>, Héctor Raúl González Díez <sup>1</sup>, Abel Velázquez Pratts <sup>1</sup>, Aliennis Mercedes González Hurtado <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Facultad 2. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba. CP.:19370.

\* Autor para correspondencia: [gusbey@uci.cu](mailto:gusbey@uci.cu)

---

#### Resumen

Desde que F.L. Hitchcock diera una solución formal al Problema de Asignación en 1941, el mismo ha sido utilizado innumerables veces para resolver problemas que se presentan en la práctica a la hora de la toma de decisiones, aunque es justo resaltar que sus raíces se remontan al siglo XVI. El método de asignación permite encontrar la mejor variante para asignar recursos a la realización de tareas. Este método no tiene en cuenta directamente que las tareas pueden ser repetitivas en el tiempo y que una asignación precedente puede influir sobre otra que le suceda, o sea, una vez encontrada una solución esa sería la misma siempre que se presentara el mismo problema. Una de estas tareas periódicas es la realización de la guardia obrera en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Para poder realizar la planificación de la guardia obrera, empleando el método de asignación, se consideró, en cada mes a planificar, un nuevo problema de asignación, donde se tienen en cuenta las asignaciones precedentes afectando los valores de la matriz de costos del nuevo problema a resolver, y de este modo cada nuevo problema de asignación estará relacionado con las asignaciones anteriores. Así se puede lograr una asignación más justa y equitativa de los equipos de guardia, empleando para ello el método de asignación y teniendo en cuenta las asignaciones precedentes.

**Palabras clave:** método de asignación; matriz de costos; tareas repetitivas; planificación de guardia.

#### Abstract

Since that F.L. Hitchcock given a formal solution of allocation problem in 1941, it has been used countless times to solve problems that arise in practice when making decisions, although it is fair to note that its roots go back to the sixteenth century. The allocation method is used to find the best variant of allocate resources to perform tasks. This method does not account directly that tasks can be repetitive in time and that a previous assignment may influence another later, that is, once you find a solution, this would be the same whenever there is the same problem. One of these periodic tasks is the realization of the guard in the University of Informatics Science. In order to perform planning guard of workers, using the method of allocation was considered in each of month to plan, a new

*assignment problem, which take into account the assignments preceding that affecting the values of the matrix cost of new problem solve, and thus each new assignment problem will be related to previous assignments. So can get a more just and equitable allocation of guard teams, employing for this the method of allocation and taking into account the preceding assignments.*

**Keywords:** *allocation method; costs matrix; repetitive tasks; Planning of guard.*

---

## Introducción

La revolución industrial trajo consigo un avance y desarrollo notable en todos los órdenes de la vida de la humanidad, con especial énfasis en el campo de las ciencias y la economía. Mayor desarrollo científico y económico trajo consigo nuevas formas de producir, por lo que las formas en que estaban estructuradas las organizaciones productivas cambiaron al llegar la especialización de las funciones y con ella los procesos de tomas de decisiones se hicieron también más complejos. Aquí entraron a jugar un papel determinante las técnicas y herramientas que aportan la Investigación de Operaciones (IO), pues permitieron realizar una mejor asignación de los escasos recursos de los cuales se disponía para desarrollar tareas trascendentes.

En todas las universidades cubanas, tanto estudiantes como trabajadores, tienen entre sus responsabilidades velar por el cuidado y la custodia de los medios que el Estado ha puesto en sus manos para que el proceso de enseñanza – aprendizaje se realice eficazmente. En tal sentido, en la Facultad 2 de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se tiene diseñado un sistema de guardia obrera para garantizar la seguridad y custodia de los recursos materiales pertenecientes al docente que ocupa la mencionada facultad.

En la UCI se han desarrollado varios sistemas informáticos relacionados con la planificación de la guardia obrero – estudiantil, pero estos sistemas, en general, no realizan automáticamente la planificación de la guardia. Un aparte tienen las premisas para realizar la planificación, pues en algunos períodos estudiantes y profesores han realizado la guardia de manera conjunta, indistintamente en el docente o en la residencia; la planificación ha sido por grupos estudiantiles, por apartamentos de la residencia, por equipos, por personas..., por períodos de dos, tres o cuatro horas. En las condiciones actuales, la planificación de la guardia obrera se realiza de modo independiente a la de los estudiantes. Esta planificación en la Facultad 2 es realizada por una persona, quien no utiliza para ello ningún sistema de apoyo a la toma de decisiones. Las únicas herramientas con las que cuenta dicha persona es con una hoja de cálculo, su pericia, su experiencia y poco tiempo para realizarla.

Bajo estas condiciones, generalmente el proceso de planificación se torna muy largo, sujeto a la ocurrencia de varios errores, con mucha tensión para la persona encargada de llevarlo a cabo.

A pesar del cuidado tenido durante el proceso de planificación, siempre se incurre en varios errores, los cuales provocan malestar y desconfianza en los trabajadores que posteriormente tendrán que dedicar horas de sueño a garantizar la protección de los recursos materiales. Por otro lado, esta forma de realizar el plan, casi nunca garantiza una planificación equitativa para todos los equipos de guardia.

Es por ello que en el presente trabajo proponemos una vía para realizar la planificación de la guardia obrera utilizando el método de asignación de la moderna disciplina investigación de operaciones, apoyados en el software WinQSB y en una función matlab implementada por los autores.

El método planteado tiene la peculiaridad de que trata el problema de asignación de forma recurrente, teniendo en cuenta las asignaciones precedentes, a través de la matriz de costos, para formar un nuevo problema de asignación cada vez que se desea obtener la planificación de un nuevo período. Para obtener esta nueva matriz de costos se utiliza un software desarrollado para tal fin.

Este método ya ha sido probado en el año 2016 en la Facultad 2 de la UCI, y a pesar de que aún puede ser objeto de muchas mejoras, contribuye a darle solución a la mayoría de los problemas anteriormente planteados, y sobre todo, constituye una herramienta que agiliza el proceso de planificación, tornando más eficiente y eficaz a la persona que lo llevaba a cabo.

## **Materiales y métodos**

Para evaluar el estado actual de la planificación de la guardia obrera en la UCI se realizó un estudio de varias tesis de diplomas (Díaz, 2014, González, 2015, Mar, 2016, Bach, 2016) donde se aborda el problema desde diferentes aristas. En la totalidad de los trabajos revisados se tiene el proceso de planificación como un objetivo a cumplir de las respectivas investigaciones, sin embargo, en varias de las aplicaciones que se desarrollaron como parte de los trabajos de diplomas y que pudieron ser revisadas por los autores, las funcionalidades relacionados con la planificación no fueron implementadas totalmente o ya no están acordes a las condiciones actuales. Como se aprecia, el problema de la planificación automática de la guardia ha sido abordado parcialmente, sin embargo, en ninguno de los trabajos revisados se tuvo en cuenta el problema de asignación como una vía posible para darle solución a este problema, siendo sin embargo el método de asignación clásico para problemas de este tipo, así lo demuestran los libros de González (2003) y Hillier (2010).

Este método ha sido ampliamente utilizado en los procesos de toma de decisiones desde hace varias décadas. Es un método matemáticamente bien estructurado, demostrado y probada su validez así como la certidumbre de sus soluciones. El problema de asignación es un caso especial del problema de transporte, el cual es uno de los tipos de

problemas de redes que resuelve la programación lineal, de ahí que existan varios métodos para encontrar la solución del problema de asignación una vez que ha sido formulado matemáticamente, quizás el más utilizado de ellos sea el método húngaro pues resulta muy eficiente para este tipo de problemas al haber sido diseñado específicamente para él, aunque también pueden ser utilizado el potente método Simplex o alguna de sus variantes específicas para el problema de transporte.

La formulación matemática del problema de asignación es la siguiente:

$$\text{Variables de decisión: } x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si se asigna } i \text{ para realizar la tarea } j \\ 0 & \text{si no es así} \end{cases}$$

$$\text{Función objetivo: } \text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij}$$

$$\begin{aligned} \text{Restricciones: } \sum_{j=1}^n x_{ij} &= 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

En la formulación general del problema de asignación, los coeficientes  $C_{ij}$  representan los costos de asignar el recurso  $i$  para realizar la tarea  $j$ . En el caso que nos ocupa, los recursos que debemos asignar son los Equipos de guardia y las tareas a realizar serían las Guardias Obreras de los días a planificar. En la Facultad 2 se decidió formar un total de 31 equipos de guardia (teniendo en cuenta, sobre todo, la disponibilidad de trabajadores para cumplir con la tarea), por lo que siempre se trabajará con problemas que tendrán 31 recursos a ser asignados entre 31 tareas a ser realizadas. Está claro que todos los meses no tienen 31 días, y que tampoco en todos los meses se realiza guardia todos los días del mes (por ejemplo: diciembre y enero), de ahí que habrá varios problemas que tendrán días ficticios a cubrir, o sea, habrá meses donde quedarán equipos sin tener guardia a realizar; esto se refleja en los problemas de asignación a través de variables ficticias.

El sistema de restricciones será el mismo todos los meses a planificar: habrán 31 restricciones de disponibilidad de recursos (31 equipos) y 31 restricciones de demandas (se suponen todos los meses con 31 días), de ahí que también existirán 31 variables de decisión ( $x_{ij}$ ) y que la matriz de costos del problema de asignación ( $C_{ij}$ ) sea de orden 31 (31

filas y 31 columnas). También estarán presente las restricciones de no negatividad de las variables de decisión, y la exigencia que sobre ellas recae de ser variables binarias (asignar o no asignar) se cumple automáticamente por las restricciones de no negatividad y las restricciones de oferta y demanda.

Como ya fue expresado, el método propuesto toma la matriz de costos para lograr una relación entre las asignaciones anteriores y el problema actual (planificar la guardia del mes actual). Cada mes se obtiene una nueva matriz, la cual expresa numéricamente la relación existente entre las guardias realizadas en los períodos anteriores y el mes que se está planificando.

Para obtener cada elemento  $C_{ij}$  de la matriz de costos, se utiliza una función desarrollada en Matlab que utiliza un algoritmo definido por los autores del presente trabajo. Este algoritmo tiene en cuenta un conjunto de variables que relacionan directamente las asignaciones anteriores con la asignación que se desea realizar, entre las variables más significativas que se analizan están las siguientes:

- Cantidad de equipos sin guardia obrera planificada en el mes anterior
- Cantidad de días sin guardia en el mes a planificar: estos son los días ficticios (por ejemplo: 30 de febrero) y los días donde la escuela está de pase planificado (fin de año, semana de la victoria, vacaciones por el verano).
- Días fin de semana: sábados y domingos
- Equipos que hicieron guardia los días fin de semana del mes anterior
- Cantidad de meses sin que el equipo haya hecho guardia en días fin de semana
- Mes de última guardia en días fin de semana del equipo
- Equipo que realizó la guardia el último día del mes anterior

De las siete variables anteriormente relacionadas, cinco toman sus valores directamente a partir de las asignaciones realizadas en los meses anteriores. Teniendo en cuenta los valores de las variables definidas arriba, y otras que utiliza internamente la función matlab desarrollada, se asigna o calcula un valor numérico a cada elemento de la matriz de costos, la cual sería la salida de la función matlab. Para que dicha función pueda realizar su primera corrida, es necesario suministrarle la planificación de un mes inicial; en las aplicaciones prácticas que se han realizado de esta función matlab, el mes inicial ha sido el mes de septiembre, por constituir este el primer mes del curso escolar en Cuba.

Una vez obtenida la matriz de costos con la función matlab, se utiliza el paquete de software WinQSB, el cual es la versión para Windows del paquete QSB. De este paquete se utiliza específicamente el software Network Modeling, que es el que tiene implementado los distintos algoritmos necesarios para darle solución al Problema de Asignación.

El WinQSB, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, no da una única e infalible solución al problema formulado, es el planificador quien debe tomar la decisión de aceptar exactamente la solución que ofrece el software o a partir de esta hacer las correcciones que estime conveniente y tomar la decisión final. De la misma naturaleza del problema de programación lineal, el software puede ofrecer varias alternativas de solución para el mismo problema (obtener soluciones alternativas del problema de asignación formulado).

El proceso que se propone aquí para realizar la planificación de la guardia obrera en un período de varios meses, se podría resumir en los siguientes pasos:

1. Definir planificación inicial.
2. Obtener matriz de costos a partir de las planificaciones anteriores, utilizando para ello la función matlab implementada.
3. Obtener la solución del problema de asignación a partir de la matriz de costos obtenida en el paso anterior, utilizando para ello el software Network Modeling del paquete WinQSB.
4. Decidir sobre la planificación final a partir de la solución propuesta por el software.
5. Repetir del paso dos al cuatro cada vez que se desee obtener la planificación de un nuevo mes a partir de las planificaciones anteriores.

## **Resultados y discusiones**

Con este algoritmo de trabajo, propuesto para realizar la planificación de la guardia, se podrá obtener el plan en un menor plazo de tiempo; con la forma anterior de obtener la planificación se necesitaba cerca de un mes para tener listo el plan del año, el cual siempre tenía muchos errores, era objeto de muchas críticas y la planificación no estaba correctamente balanceada entre los distintos equipos. Con esta nueva forma de hacer, se puede reducir el tiempo a unos tres días, pudiendo dedicar el resto del tiempo que antes empleaba el planificador en esta actividad a otras tareas, y la calidad del plan obtenido es muy superior, además de la humanización de dicha actividad.

Los ahorros de tiempo redundan en mayor eficiencia de las personas relacionadas con esta actividad, por lo que es evidente que con este modo de hacer existe un aporte económico expresado en el salario del planificador, o en las

tareas que ahora podrá realizar por el tiempo del cual dispone. Además de que se minimiza la afectación a los estados de ánimo de las personas por causa de una incorrecta planificación de la actividad.

## Conclusiones

Con esta investigación se concluye que es posible utilizar el método de asignación de la investigación de operaciones para la planificación de tareas que son repetitivas en el tiempo.

Lograr la planificación anual de la guardia obrera, utilizando el proceso que en esta investigación se propone, es mucho más fácil que el que anteriormente se utilizaba, además de obtenerse resultados cualitativamente superiores, los que redundan en mayor satisfacción de los trabajadores.

No obstante a los resultados obtenidos, los autores están conscientes de que esta solución brindada puede ser objeto de muchas mejoras, en algunas de las cuales los propios autores están trabajando.

## Referencias

- ATURNOS. [En línea] [Citado el: 20 de septiembre de 2016.] <http://www.atumos.com>
- Ayuda en línea de MatLab. <http://nl.mathworks.com/help/index.html>
- BACH ENG, R.; JONES PÉREZ, L., et al. Componente para la Gestión de la Guardia Obrera Estudiantil en la Universidad de las Ciencias Informáticas. [En línea]. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas. 2016, vol. 9, No. 9, [Consultado el: 18 de septiembre de 2016]. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/1793/900>
- DÍAZ ROMERO, J. A.; GUTIÉRREZ LABORIT, A.; RAMÍREZ RAMOS, R. Sistema de planificación y control de la Guardia Obrera Estudiantil. Tesis de grado, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2014. <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/ident/9222>
- EMR SOFTWARE. [En línea] [Citado el: 22 de septiembre de 2016.] <http://www.emrsoftware.es/jano-Planificacion-hospitalaria.html>
- GONZÁLEZ ARIZA, A. L. Manual práctico de Investigación de Operaciones I. Tercera Edición. Barranquilla. Ediciones Unicorte, 2003. 302 p.
- GONZÁLEZ GUADALUPE, E. A.; LEÓN PÉREZ, M. A. Sistema de Gestión de la Guardia Obrera Estudiantil en la Facultad 2. Tesis de grado, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2015.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J., et al. Introducción a la Investigación de Operaciones. Novena Edición. México, D. F., MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2010. 1010 p.

- MAR CORNELIO, O.; JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, R. C.; MARTÍ PÉREZ, I. et al. Diseño experimental en proceso de entrega de guardia para los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas. [En línea] [Citado el: 22 de septiembre del 2016.] <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/798/536>