

# Planificación de turnos en un aeropuerto: Uso de simulación y metaheurísticos.

Silvia Casado Yusta.

Este trabajo estudia el problema de la planificación de los turnos del personal de un aeropuerto encargado de los controles de seguridad y de los mostradores de facturación, que son los puntos estratégicos que más van a incidir en la fluidez de los pasajeros. Concretamente se trata de racionalizar los costes de este personal, a la vez que se garantiza un grado de fluidez mínima en cada uno de estos puntos, los cuales pueden ser modificados por los órganos rectores del aeropuerto, de acuerdo a sus preferencias.

Para ello, se desarrolla un método que resuelve el problema de planificación de horarios de trabajo en modelos de colas que interactúan unas con otras con tiempos de llegada y servicio aleatorios, ajustándose a los vuelos programados. Este método consta de tres herramientas principales:

-El *Simulador* consiste en programas que *simulan* el comportamiento del sistema (flujo de pasajeros en el aeropuerto), tanto globalmente como en los diferentes puntos o estaciones (controles de seguridad o puntos de facturación) considerados de forma aislada. En cuanto a la programación del modelo de simulación del sistema se han llevado a prueba diferentes variantes para ver cuál es la más adecuada. Además para verificar la validez de la programación realizada en lenguaje *PASCAL*, se ha programado también el modelo usando el paquete de simulación *Arena* comparándose los resultados para diferentes datos. En todos los casos se observa que las estimaciones obtenidas por las diferentes simulaciones son las mismas, además de comprobarse que se ejecuta de forma mucho más rápida.

-El *Optimizador de Simulaciones* hace uso de los anteriores programas de simulación para determinar, en cada estación y en cada período, el número de recursos humanos necesarios para garantizar la fluidez mínima requerida. En cuanto a esta segunda herramienta hay que señalar que en los modelos de simulación, ésta se debe ejecutar para obtener el valor de la función objetivo en función de las variables o parámetros de entrada. Si existen componentes aleatorios en el modelo, entonces se debe replicar varias veces la simulación para obtener una estimación aproximada de la función objetivo. Por tanto, todos los métodos para obtener una solución óptima o pseudoóptima se encuentran con el inconveniente de que determinar o estimar la función objetivo de cada solución puede requerir un tiempo de computación muy alto (de ahí la importancia de los esfuerzos por diseñar una programación de la simulación que se ejecute rápidamente).

-El *Método para resolver el modelo de Labor Scheduling*: Con los datos anteriores se plantea y resuelve el problema de programación de horarios que minimice el coste de personal y respete el número de recursos anteriores para cada estación y hora. En cuanto al modelo del Labor Scheduling resultante de las dos etapas anteriores hay que señalar que, es un problema es NP-Hard, usual en este tipo de modelos, lo que hace que dada su dimensión, sólo pueda ser resuelto en un tiempo de computación razonable mediante técnicas aproximadas o heurísticas. Por ello se diseña para este modelo de *Labor Scheduling* un algoritmo basado en la estrategia Metaheurística *Scatter Search*. *Scatter Search* (o en español, Búsqueda Dispersa) es una estrategia poblacional o evolutiva, que a diferencia de otros métodos evolutivos, como los populares Algoritmos Genéticos, no se basa en el uso del azar o aleatoriedad. Su funcionamiento, en cambio, se basa en la utilización inteligente de información adquirida y en una exploración sistemática del conjunto de soluciones.

Las tres herramientas descritas anteriormente se integran en un sistema que proporciona diferentes soluciones u opciones al decisor que vienen medidas en función de los costes de personal correspondientes y los tiempos de espera de los pasajeros (u otras medidas del nivel de servicio). Este sistema se adapta fácilmente a posibles cambios en los datos (cancelaciones de vuelos, cambios de horario, averías...) y es

susceptible de ser adaptado fácilmente a otros modelos dinámicos de colas: supermercados, bancos, centralitas de teléfonos, *job-shop*, etc.

El trabajo, sin perder en ningún momento la rigurosidad necesaria, se encuentra escrito de manera asequible y atrayente, para que el lector ajeno al tema pueda comprender todo el proceso. Además, se incluyen dos primeros capítulos introductorios a las técnicas más utilizadas en la literatura para la optimización de simulaciones y de las principales técnicas Metaheurísticas.

La parte central del trabajo se encuentra desarrollado en los siguientes seis capítulos, donde en el primero de ellos, se describe el modelo completo de flujo de pasajeros en el aeropuerto, y así mismo se hace una formulación del problema concreto; en el siguiente capítulo se expone el modelo de simulación programado, con las diferentes variantes analizadas y la comparación con el paquete de simulación *Arena*. En el capítulo cinco se describen y proponen dos métodos para optimizar la simulación; para en el capítulo seis describir diferentes modelos del Labor Scheduling y se diseñan y analizan diferentes algoritmos para el modelo usado en este trabajo. El capítulo siete es el dedicado a la integración de los elementos diseñados anteriormente en el sistema completo; en el capítulo ocho se realizan experiencias computacionales con datos reales del aeropuerto de Madrid. Finalmente en el capítulo nueve, y a modo de conclusión, se exponen las principales aportaciones de este trabajo.

En resumen, es un gran texto, de un tema de enorme interés, bien escrito y aún mejor tratado en sus aspectos metodológicos y de aplicación, lo que lo hace especialmente recomendable.