

# Búsqueda local para solucionar el problema de la asignación de asientos de avión

Luis E. Tarazona<sup>1</sup> Lina M. Reyes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de los Andes  
Carrera 1 Este # 19 A – 40, Bogotá D.C., Colombia  
[le.tarazona@uniandes.edu.co](mailto:le.tarazona@uniandes.edu.co)

<sup>2</sup> Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia  
[l.reyesa@uniandes.edu.co](mailto:l.reyesa@uniandes.edu.co)

## Resumen

En este documento se considera una heurística de búsqueda local para la asignación de asientos de avión de una aerolínea colombiana con el fin de minimizar los costos de asignación de asientos considerando los asientos que ya han sido comprados por los pasajeros. Se obtuvieron resultados bajo estas condiciones que mejoran los resultados mostrados por aerolínea.

## 1 Introducción

Las aerolíneas empezaron a definir nuevas estrategias para minimizar las pérdidas que se estaban generando por la competitividad, esta competencia intensifica la búsqueda de métodos que permitan reducir costos para así poder ofrecer precios más bajos y mantener el atractivo de su oferta. De manera inadvertida las aerolíneas se introdujeron a una nueva era en la aviación en la cual se refinaron los procesos para incrementar las ganancias, estas técnicas no se desarrollaron de manera simultánea, cada una de ellas es generada por diferentes necesidades, pero todas con el mismo objetivo: maximizar el ingreso. La asignación de asientos es necesaria en las aerolíneas. Esta tarea la puede hacer el usuario o bien la misma aerolínea. En cuestión de beneficiar a la empresa lo ideal sería que el usuario la hiciera y a su vez le generara un costo adicional dentro del valor de su tiquete.

Momentos de compra del asiento días antes del vuelo:

- Cuando compra el tiquete
- *Manage my Booking*
- *Check in*
- Aeropuerto.

## 2 Descripción del problema

El Problema de Asignación Generalizada (GAP), fue planteado por Ross and Soland (1977) y se inspira en problemas reales. Se pueden encontrar varios enfoques para resolver este problema. En el GAP hay trabajos que necesitan ser procesados y máquinas que pueden hacerlo. Cada máquina tiene una capacidad y el tiempo de procesamiento de cada tarea depende de la máquina que la procesa. El GAP es entonces el problema de asignar cada trabajo exactamente a una máquina, de forma que el costo total de procesar los trabajos se minimice y cada máquina no supere su capacidad disponible. El problema puede formularse como un problema de programación lineal de la siguiente manera (Romejin & Morales, 2000):

## Función objetivo

$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

## Restricciones

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i \quad \text{para } i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad \text{para } j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Donde:

$a_{ij}$ : Coeficiente de requerimiento

$c_{ij}$ : costo de los coeficientes

$b_i$ : Capacidad de los parámetros (no negativo)

La Ecuación (1) muestra la función objetivo, la cual es minimizar el costo de asignación de asientos de avión, la Ecuación (2) garantiza la asignación del requerimiento al lugar donde la capacidad es mayor a su respectivo valor, la Ecuación (3) garantiza que solo se asigne una vez, la Ecuación (4) garantiza que la variable es binaria.

## Condiciones del problema

1. Debe dejar libre las sillas con un precio más alto por sus atributos (Más espacio, lugar estratégico).
2. Debe dejar libre las sillas que por histórico tiene más posibilidad de ser Vendidas.
3. Debe considerar las sillas escogidas o compradas por los pasajeros con antelación.
4. Si una reserve tiene más de 1 persona deben quedar en posiciones separadas (para obligar comprar al pasajero)
5. Debe considerar la restricción de peso y balance del avión
6. Las 4 últimas filas de avión no cuentan con Ventana y debe ser asignadas de ultimo para reserve de uso opcional

## Los objetivos del modelo deben ser:

1. Maximizar los ingresos al asignar la posición del asiento en el avión.
2. Maximizar el balance del avión.
3. Maximice la distancia en la ubicación de pasajeros que van en grupos.

## 3 Procedimiento heurístico

Para realizar la solución de este problema se planteó una heurística de búsqueda local de intercambio de posición (SWAP) y la segunda la inserción de una posición entre dos posiciones (INSERT), para ello se desarrolló el siguiente procedimiento verbal antes de desarrollar el algoritmo de forma computacional considerando las instancias por la aerolínea:

**SOLUCIÓN INICIAL**

- 1) Considerando una secuencia inicial de 0 al total de pasajeros a asignarle asiento
- 2) Calcular el costo asociado a la asignación de asientos

**SWAP**

- 1) Definir el número de repeticiones
- 2) De la secuencia inicial, se le genera un vecino, haciendo un intercambio entre una posición de la secuencia inicial con una posición de la lista de asientos disponibles.
- 3) Se calcula el costo nuevo asociado a este intercambio.
- 4) Si el costo nuevo asociado es menor al costo inicial, se debe aceptar el intercambio y actualizar el costo, si no repetir desde paso 2 hasta llegar al número de repeticiones definidos.

Se desarrolló el siguiente pseudocódigo para este algoritmo de búsqueda local:

**SWAP**

- 
1. Input → (lista de pasajeros, asientos disponibles, costos asientos, familia de pasajeros)
  2. Parámetros: Número de repeticiones
  3. Secuencia\_inicial = Asignación de asientos
  4. FO inicial = Costo inicial
  5. Secuencia = Secuencia' = Secuencia inicial = Incumbente
  6. Para k= 1 a Número de repeticiones
  7.     Para i= 1 a lista de pasajeros
  8.         Para j = 1 a asientos disponibles
  9.             Secuencia' = SWAP(Secuencia[i], asientos disponibles[j])
  10.             FO nueva = Costo nuevo con Secuencia'
  11.             (Considerando asientos disponibles, vendidos, más vendidos)
  12.             Si FO nueva < FO inicial
  13.                 Secuencia = Secuencia'
  14.                 FO inicial = FO nueva
  15.                 Secuencia' = Incumbente
  16.     Contador de repeticiones
  17. Output → (FO nueva, Incumbente)
- 

## 4 Resultados

Los resultados fueron obtenidos utilizando un computador portátil de sistema operativo WINDOWS 11 de procesador CORE i7 8va generación de 16 GB de RAM. El número de repeticiones para detener el SWAP fue de 1, ya que realizaba todos los intercambios posibles.

Cabe indicar que en esta heurística se ha considerado minimizar el costo de asignación y los asientos que ya han sido comprado por los pasajeros.

En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos para la aplicación de la heurística de búsqueda local con SWAP. Se observa que en un tiempo promedio de 600 segundos las iteraciones siguen caminando en un óptimo local y se queda en un resultado constante. Se aprecia que los valores de GAP (*Resultados – BKS/BKS*) presentan porcentajes negativos, lo que muestra que se mejoró el costo inicial de asignación (BKS) en un tiempo computacional razonable.

Instancias	SOLUCIÓN INICIAL				INSERT		GAP SWAP
	Nº vuelo	Fecha	Pasajeros	Costo	TC (seg)	Costo	
1	57441	10/06/2022	64	1076	360	1073	-0,28%
2	55161	15/06/2022	74	1269	420	1269	0,00%
3	56101	5/06/2022	54	890	300	861	-3,26%
4	59501	7/06/2022	28	471	120	425	-9,77%
5	55421	17/06/1902	50	822	240	834	1,46%
6	55301	7/06/2021	65	1093	300	1079	-1,28%
7	55201	20/06/2022	41	756	180	655	-13,36%
8	59221	11/06/2022	74	1247	360	1332	6,82%
9	57441	25/11/2022	85	1340	420	1488	11,04%
10	83361	20/06/2022	128	2013	360	2322	15,35%
PROMEDIO							0,67%

Tabla 1: Resultados obtenidos y GAP

En la Figura 1 se muestra gráficamente el comportamiento de la heurística búsqueda local con SWAP, se evidencia que la búsqueda suele estancarse en ciertas iteraciones, por lo que la búsqueda y el movimiento es bastante lento, además, el tiempo computacional utilizado fue bastante pequeño, pero si se considera en reducir la función objetivo y encontrar uno mejor, el tiempo puede hacerse mayor y no sería factible lo planteado por un tema de necesidad de respuesta rápida que necesita la aerolínea para realizar la asignación de asientos.

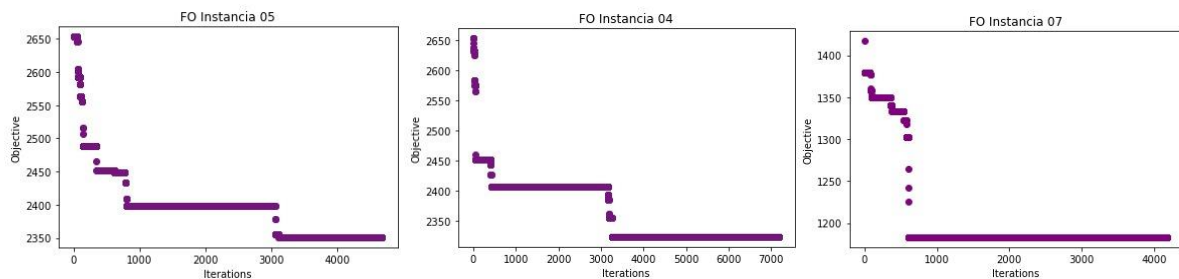


Figura 1. Gráficas de comportamiento de la heurística

## 5 Conclusiones

Se desarrolló un algoritmo de búsqueda local SWAP para solucionar el problema de asignación de asientos de avión, considerando minimizar los costos y teniendo en cuenta los asientos vendidos por la aerolínea. Se determinó, para las condiciones indicadas, que la heurística búsqueda local SWAP presenta resultados buenos con un GAP promedio de 0,67%.

Se recomienda para la siguiente entrega realizar una metaheurística de búsqueda tabú, adicionando además, el balance del avión y la asignación de pasajeros que compran juntas pasajes.

## Referencias

Romeijn, H. E., & Morales, D. R. (2000). A class of greedy algorithms for the generalized assignment problem. *Discrete Applied Mathematics*, 103(1-3), 209-235.