

## REPORT ENTREGA 3 – ASIGNACIÓN DE QUIRÓFANOS EN UN HOSPITAL

### Modelo 1: Minimizar los costes de asignación de operaciones a quirófanos.

Se comenzó cargando los datos de costos y operaciones desde archivos Excel. Posteriormente, se filtraron las operaciones específicas de "Cardiología Pediátrica" para simplificar el análisis y centrarnos en un subconjunto manejable del problema.

El problema de optimización se definió utilizando PuLP, modelando el sistema como un programa lineal entero con el objetivo de minimizar los costos. Las variables de decisión indicaron si una operación fue asignada a un quirófano en particular. Las restricciones principales aseguraron que cada operación se asignara a un único quirófano, aunque no se incluyeron explícitamente restricciones sobre incompatibilidades temporales entre las operaciones.

Para optimizar, se planteó la función objetivo como la suma ponderada de los costos de asignación, y el modelo fue resuelto con el solucionador por defecto de PuLP. Los resultados obtenidos permitieron identificar qué operaciones fueron asignadas a cada quirófano y los costos asociados a dichas asignaciones. Estos resultados fueron posteriormente guardados en un archivo Excel para facilitar su análisis posterior.

```
Result - Optimal solution found
Objective value:           1510.00000000
Enumerated nodes:          0
Total iterations:          0
Time (CPU seconds):        0.00
Time (Wallclock seconds):  0.00

Option for printingOptions changed from normal to all
Total time (CPU seconds):   0.01   (Wallclock seconds):   0.01

Optimización completa. Coste total: 1510
Resultados guardados en 'resultados_modelo1_cardiologia.xlsx'.
```

Durante el proceso, se enfrentaron varios problemas. En cuanto a la carga y filtrado de datos, se detectaron quirófanos con valores faltantes, lo que fue resuelto eliminando aquellos sin costos válidos para las operaciones seleccionadas. También surgió un desafío relacionado con la eficiencia del modelo, ya que la complejidad computacional aumentaba con el tamaño del problema. Esto se solucionó reduciendo la escala mediante un filtrado previo y generando dinámicamente las variables y el diccionario de costos. Finalmente, para garantizar la correcta asignación de todas las operaciones, se incluyó una restricción explícita que asegurara la asignación única y se verificaron manualmente los resultados para confirmar su validez.

**Modelo 2.:** Minimizar los costes de asignación seleccionando las planificaciones de los quirófanos de entre las disponibles de manera que todas las operaciones estén cubiertas por un quirófano.

En el Modelo 2, se trabajó con un enfoque basado en problemas de "Set Covering" para minimizar los costos de asignación de operaciones a quirófanos. Se buscó optimizar la planificación diaria agrupando operaciones compatibles en quirófanos, asegurando la cobertura completa de todas las operaciones programadas.

Primero, se generaron planificaciones factibles para cada quirófano, agrupando operaciones que no presentaran solapamientos en sus horarios. Cada planificación fue evaluada en función de los costos asociados y se utilizó como entrada para el modelo maestro. Este modelo se encargó de seleccionar las planificaciones óptimas que minimizaran el costo total, garantizando que cada operación estuviera cubierta al menos una vez.

La formulación del modelo incluyó una función objetivo que sumaba los costos medios de cada planificación seleccionada. Las restricciones aseguraron que cada operación estuviera incluida en al menos una planificación, lo que garantizó que todas las operaciones fueran atendidas sin conflictos.

Durante el desarrollo del modelo surgieron varios retos. Uno de los principales fue la generación de un número eficiente de planificaciones iniciales, ya que el espacio de soluciones factibles era grande. Para solucionar esto, se limitó el número máximo de operaciones por planificación y se desarrolló un algoritmo que priorizaba las combinaciones más compatibles. También se enfrentaron problemas con planificaciones que dejaban operaciones sin cubrir; esto se resolvió ajustando las restricciones del modelo para evitar omisiones.

Finalmente, tras ejecutar las iteraciones necesarias, el modelo identificó la combinación óptima de planificaciones, logrando minimizar los costos de asignación y cubrir todas las operaciones. Este enfoque demostró ser efectivo para estructurar de forma eficiente la planificación quirúrgica, optimizando el uso de los recursos disponibles.

```

Result - Optimal solution found

Objective value:           57923.62626263
Enumerated nodes:           0
Total iterations:           0
Time (CPU seconds):         0.00
Time (Wallclock seconds):   0.00

Option for printingOptions changed from normal to all
Total time (CPU seconds):     0.00   (Wallclock seconds):     0.00

Total quirófanos utilizados: 23
Planes seleccionados: [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]
Plan 0:
- 20241204 OP-18
- 20241204 OP-67
- 20241204 OP-156
- 20241204 OP-159
- 20241204 OP-5
- 20241204 OP-117
Plan 1:
- 20241204 OP-105
- 20241204 OP-9
- 20241204 OP-165
- 20241204 OP-36
- 20241204 OP-121
- 20241204 OP-143

```

## Modelo 3

Primero, se cargaron los datos correspondientes a los costos de quirófanos y a las operaciones programadas desde los archivos proporcionados. Se trabajó con un enfoque de optimización iterativa para minimizar el número total de quirófanos necesarios, asegurando que todas las operaciones fueran asignadas de manera factible.

El problema se modeló con generación de columnas, partiendo de un conjunto inicial de planificaciones factibles. Estas planificaciones se construyeron agrupando operaciones que no presentaran solapamientos en sus horarios. A medida que se resolvía el modelo maestro, se generaron nuevas planificaciones utilizando los precios duales del modelo, añadiendo únicamente aquellas que mejoraban la solución.

La función objetivo consistió en minimizar el número de quirófanos activados, mientras que las restricciones garantizaron que cada operación estuviera cubierta al menos por un quirófano. El modelo iteró hasta que no fue posible encontrar planificaciones adicionales que redujeran el número de quirófanos.

Durante el desarrollo, surgieron varios desafíos. En la generación de planificaciones iniciales, fue necesario ajustar el algoritmo para maximizar el agrupamiento de operaciones compatibles. Esto redujo significativamente el número de quirófanos requeridos en las primeras iteraciones. Además, el cálculo de los costos reducidos presentó inconsistencias iniciales, las cuales fueron corregidas revisando los valores duales para asegurar la selección adecuada de nuevas columnas. Por último, se identificaron casos en los que las operaciones no estaban completamente cubiertas, lo que fue solucionado revisando las restricciones del modelo maestro.

Como resultado, el modelo determinó que el número mínimo de quirófanos necesarios para cubrir todas las operaciones fue de **\*\*94\*\***, alcanzando una asignación óptima y factible. Este enfoque demostró ser efectivo para resolver el problema de planificación quirúrgica, asegurando una utilización eficiente de los recursos disponibles y permitiendo la reserva de quirófanos para posibles emergencias.