

INFORME ENTREGA 3

MCA – Grupo H



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Jaime Fernández Eizaguirre

Aitor Gordoá Pahissa

Lucía Ortega Delgado

Almudena Urrutia Martínez

MODELO 1:

- Apartado 1:
 - Tenemos duda de si estamos leyendo bien los excel, ya que no sabemos si hay que coger la cabecera de las columnas como datos o no. Los hemos leído así de momento y creemos que está bien pero igual a futuro hay que cambiarlos.
 - Hemos tenido un problema, ya que queríamos asociar los costes leídos del excel a los conjuntos creados, pero no podíamos porque era un dataframe, por lo que hemos tenido que convertir este dataframe a una lista. Una vez hecho este paso hemos asociado los costes a los conjuntos. Al principio, estábamos poniendo los índices al revés y no coincidían y daba error. Pero al cambiarlos se ha solucionado.
 - No éramos capaces de almacenar las horas de inicio, hasta que hemos comprobado el nombre y hemos visto que cuenta con un espacio después. Por si acaso, lo hemos almacenado en una lista que es más cómodo.
 - Tenemos problemas para comprender la segunda restricción. No ha constado entender qué es h y L_i , pero después de un buen rato lo hemos logrado. También nos ha surgido la duda de si x_{hj} es una variable o un parámetro. Decidimos que es una variable binaria que adoptará el valor 1 si la operación está asignada a un quirófano j , y 0 en caso contrario.
 - Hemos llegado a la conclusión de que para saber si 2 operaciones (h y j) son incompatibles de debe cumplir que:

$$\text{Hora_de_inicio_h} < \text{Hora_de_fin_i}$$

$$\text{Hora_de_inicio_i} < \text{Hora_de_fin_h}$$

Comprendiendo esto ya somos capaces de construir el conjunto L con sus subconjuntos L_i y la segunda restricción.

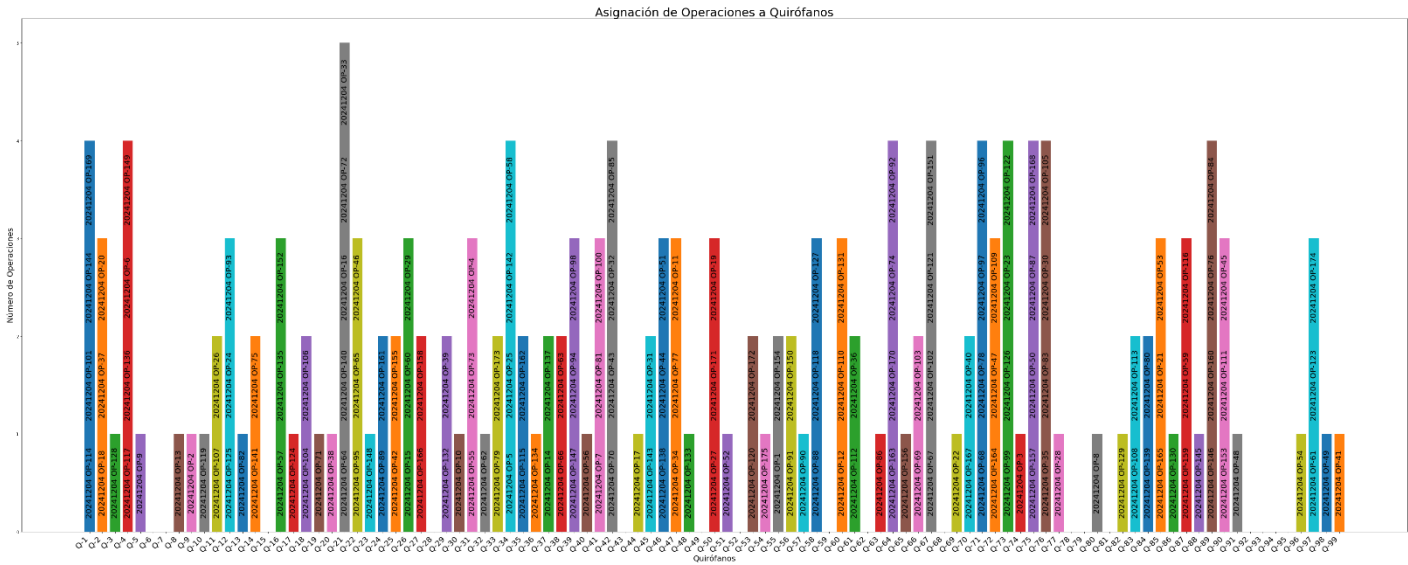
- Resolvemos el modelo y obtenemos que la solución es óptima y que el valor de la F.O. es de 21375.00. Cuando lo resolvemos, python tarda un poco en procesarlo, alrededor de 3-5 minutos.
- Caracterizamos la solución para mostrarla por pantalla. Creemos que visualizar las operaciones asignadas a cada quirófano es un poco confuso, por lo que proponemos otra forma de visualizar la solución: ver qué quirófano es asignado a cada operación. También vamos a contar cuantas veces se usa cada quirófano.
- Para visualizar de forma más concisa el resultado pensamos que lo mejor es representarlo

- gráficamente. Para ello hemos desarrollado un gráfico de barras en el que en el eje vertical vienen representados todos los quirófanos y en el horizontal el número de operaciones que se realizan en cada quirófano. Dentro de cada una de las barras para cada uno de los quirófanos parecen escritos los nombres de las operaciones que se van a llevar a cabo en cada quirófano. En un principio pensábamos representarlo todo por pantalla, pero nos dio la sensación de que tanto texto podría llegar a ser confuso. Hemos dejado esa parte del código como comentario justo después del código con el que se elabora el gráfico.
 - Los textos del print del modelo aparecen tanto con “” como con ‘’ porque cada uno de los miembros del equipo usa un formato diferente.
- Apartado 2:
 - Para aplicar resolver el modelo solo con los datos relativos a las operaciones del servicio de Cardiología Pediátrica será necesario filtrar los datos y almacenarlos en diferentes parámetros. No hemos tenido problemas con el código, ya que es muy parecido al del apartado 1. Solo hemos tenido que añadir algunas líneas con las que filtrar los datos y cambiar el nombre de los parámetros y las variables.
 - Apartado 3:
 - No hemos tenido ningún problema para hacer que se muestren los datos por pantalla, ya que el código lo teníamos hecho en el apartado 1 y solo hemos tenido que cambiar el nombre de las variables y los parámetros para mostrar la solución.
 - Para visualizar de forma más concisa el resultado pensamos que lo mejor es representarlo gráficamente. Para ello hemos desarrollado un gráfico de barras en el que en el eje vertical vienen representados todos los quirófanos y en el horizontal el número de operaciones que se realizan en cada quirófano. Dentro de cada una de las barras para cada uno de los quirófanos parecen escritos los nombres de las operaciones que se van a llevar a cabo en cada quirófano. En un principio pensábamos representarlo todo por pantalla, pero nos dio la sensación de que tanto texto podría llegar a ser confuso. Hemos dejado esa parte del código como comentario justo después del código con el que se elabora el gráfico.
 - Las soluciones de los 2 apartados anteriores son las siguientes:

Solución apartado 1:

F.O: 21375.00

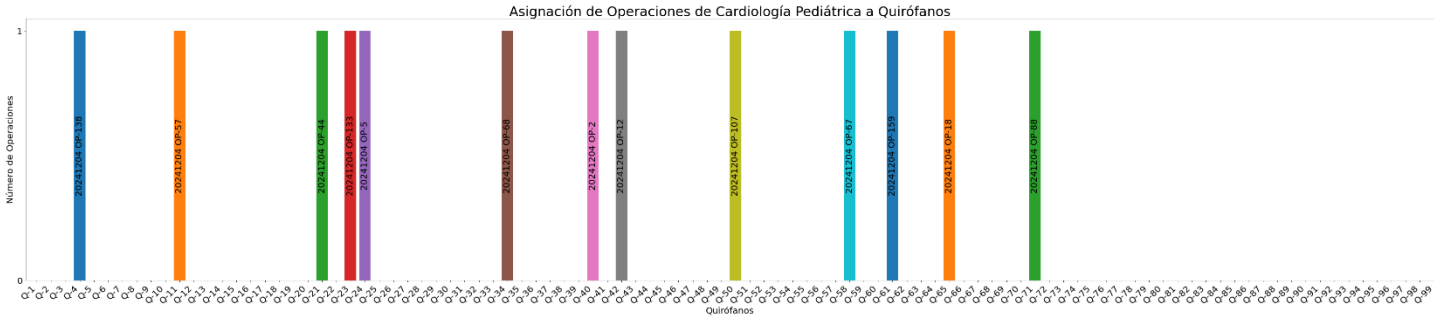
Operaciones asignadas a cada quirófano:



Solución apartado 2:

F.O: 1510.00

Operaciones asignadas a cada quirófano:



MODELO 2:

- Ha costado bastante entender lo que realmente pedía el problema en general, pero a medida que íbamos haciéndolo lo hemos ido entendiendo mejor hasta que lo hemos entendido por completo.
- El primer problema ha venido a la hora de leer las especialidades. Al principio las hemos escrito nosotros a mano, pero siempre daba KeyError. El problema venía de las tildes, era necesario escribir las especialidades con las tildes si no las leía correctamente desde el Excel.
- Hemos utilizado la columna Unnamed: 0 del DataFrame costes para identificar los nombres de los quirófanos, ya que esta columna, aunque no tiene un encabezado explícito en el archivo de origen, actúa como identificador único. Al cargar el archivo en pandas, esta columna se convierte en la clave principal para asociar las operaciones con los quirófanos.
- Se ha verificado con los Excel que los costes medios que salían de las operaciones eran las correctas y que daba 57923.62626263 de F.O la suma de todas ellas.
- Se ha creado un apartado para ver si las operaciones se solapaban o no y si eran factibles.

MODELO 3:

- El objetivo principal de este modelo es minimizar el número de quirófanos necesarios para asignar un conjunto de operaciones quirúrgicas. Esto se logra mediante la implementación de un algoritmo de generación de columnas, adaptando elementos de los Modelos 1 y 2 previamente desarrollados. A continuación, se detallan las problemáticas encontradas durante el desarrollo del código, cómo fueron solucionadas y una descripción general del funcionamiento del modelo.

PROBLEMAS ENCONTRADOS:

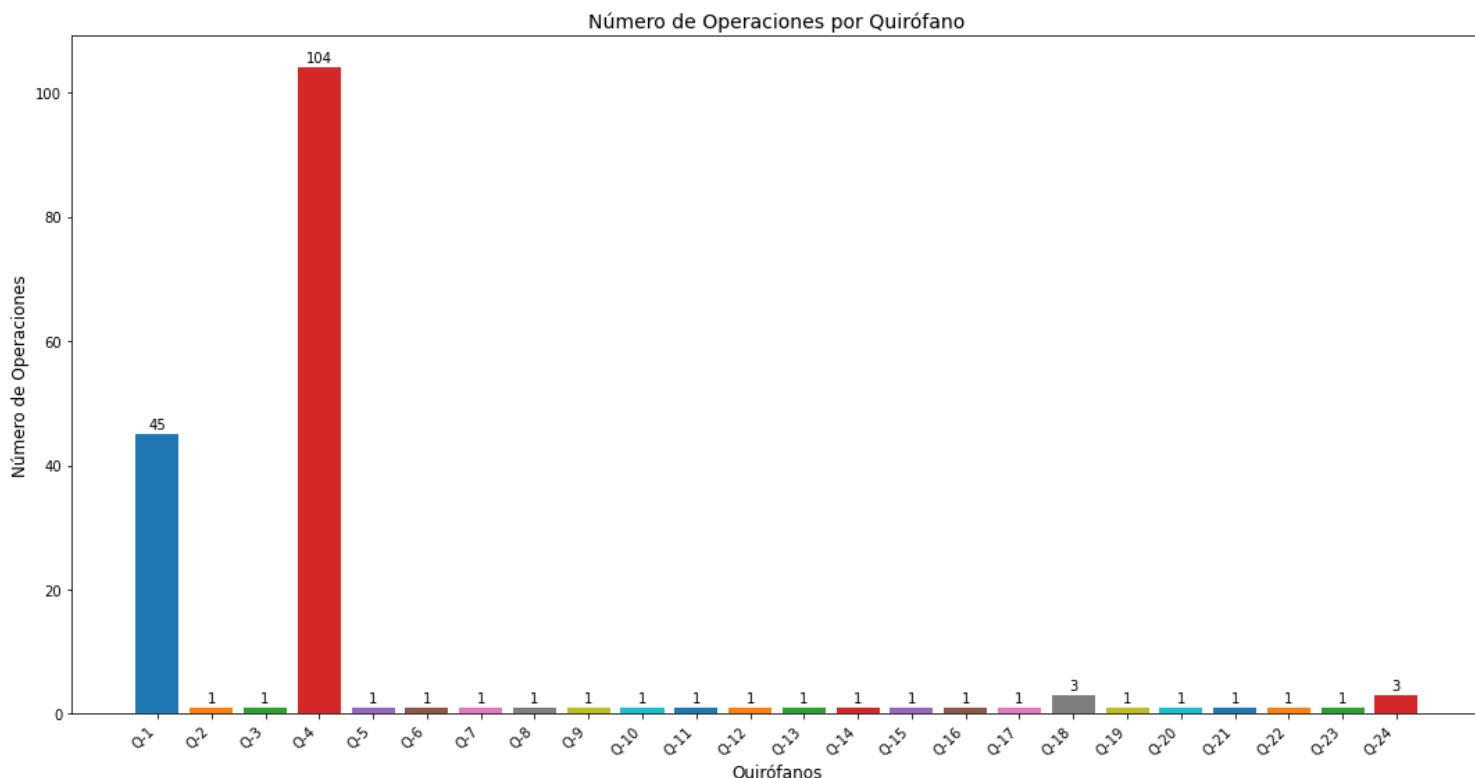
- Los patrones iniciales trivialmente asignaban cada operación a quirófanos individuales, lo que resultaba en un número excesivo de quirófanos utilizados, por lo que se agruparon las operaciones de manera repetitiva
- Comprender cómo manejar las restricciones de incompatibilidad entre operaciones fue un desafío, ya que estas no deben superponerse temporalmente en el mismo quirófano. Se utilizó la lógica de los Modelos 1 y 2 para construir restricciones basadas en la comparación de las horas de inicio y fin de las operaciones. Esto se tradujo en restricciones lineales que garantizan que operaciones incompatibles no se incluyan en el mismo patrón.
- Generar nuevas columnas (patrones) requería la solución eficiente de un problema tipo *knapsack* para identificar combinaciones óptimas de operaciones, por lo que se utilizó un problema de maximización para encontrar nuevas combinaciones de operaciones basadas en los precios sombra obtenidos del problema maestro, lo que asegura que los nuevos patrones mejoren la solución actual.
- No sabía cuándo detener el algoritmo de generación de columnas, ya que requería identificar si un nuevo patrón proporcionaba mejoras. Puse una condición de parada basada en el valor objetivo del problema auxiliar: si este no produce patrones con precios reducidos negativos, el algoritmo se detiene.

Del **Modelo 1**, se reutilizó la lógica de restricciones de incompatibilidad entre operaciones para garantizar que no se asignen a un mismo quirófano si se solapan.

Del **Modelo 2**, se adaptó el enfoque de *set covering* para asegurar que todas las operaciones estuvieran cubiertas al menos una vez por un patrón factible.

Se generaron patrones iniciales considerando grupos de operaciones que no se solapan. El problema maestro es un modelo de programación lineal entera que minimiza el número de quirófanos necesarios, utilizando las variables asociadas a los patrones generados, el cual, resuelto iterativamente, genera nuevas columnas (patrones) que pueden mejorar la solución actual. Utiliza los precios sombra del problema maestro para identificar combinaciones óptimas de operaciones. El algoritmo alterna entre resolver el problema maestro y el auxiliar hasta que no se puedan generar patrones que reduzcan el número de quirófanos necesarios (Así llegamos hasta la solución óptima). Finalmente, el código

imprime el número mínimo de quirófanos necesarios y los patrones seleccionados, detallando las operaciones asignadas en cada uno de ellos.



El número de operaciones asignadas a cada quirófano queda tal que así. Hemos decidido poner el número total y no los nombres ya que se dificulta mucho en quirófanos como el 1 o el 4 la comprensión; para un mayor detalle se puede consultar la solución en Python:

Número mínimo de quirófanos necesarios: **24.0**

Quirófano 1: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-68', '20241204 OP-57', '20241204 OP-12', '20241204 OP-138', '20241204 OP-5', '20241204 OP-22', '20241204 OP-102', '20241204 OP-148', '20241204 OP-143', '20241204 OP-42', '20241204 OP-91', '20241204 OP-132', '20241204 OP-121', '20241204 OP-117', '20241204 OP-36', '20241204 OP-130', '20241204 OP-120', '20241204 OP-13', '20241204 OP-154', '20241204 OP-41', '20241204 OP-166', '20241204 OP-172', '20241204 OP-54', '20241204 OP-151', '20241204 OP-160', '20241204 OP-11', '20241204 OP-27', '20241204 OP-89', '20241204 OP-168', '20241204 OP-103', '20241204 OP-79', '20241204 OP-65', '20241204 OP-37', '20241204 OP-108', '20241204 OP-113', '20241204 OP-24', '20241204 OP-111', '20241204 OP-106', '20241204 OP-158', '20241204 OP-134', '20241204 OP-169', '20241204 OP-96', '20241204 OP-39', '20241204 OP-75', '20241204 OP-149']

Quirófano 2: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-133']

Quirófano 3: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-159']

Quirófano 4: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-18', '20241204 OP-67', '20241204 OP-2', '20241204 OP-44', '20241204 OP-107', '20241204 OP-167', '20241204 OP-35', '20241204 OP-125', '20241204 OP-110', '20241204 OP-55', '20241204 OP-104', '20241204 OP-165', '20241204 OP-9', '20241204 OP-126', '20241204 OP-73', '20241204 OP-21', '20241204 OP-1', '20241204 OP-139', '20241204 OP-59', '20241204 OP-64', '20241204 OP-86', '20241204 OP-114', '20241204 OP-140', '20241204 OP-112', '20241204 OP-77', '20241204 OP-157', '20241204 OP-25', '20241204 OP-43', '20241204 OP-83', '20241204 OP-135', '20241204 OP-164', '20241204 OP-78', '20241204 OP-30', '20241204 OP-163', '20241204 OP-156', '20241204 OP-145', '20241204 OP-170', '20241204 OP-50', '20241204 OP-129', '20241204 OP-146', '20241204 OP-69', '20241204 OP-7', '20241204 OP-109', '20241204 OP-15', '20241204 OP-128', '20241204 OP-28', '20241204 OP-4', '20241204 OP-60', '20241204 OP-116', '20241204 OP-87', '20241204 OP-142', '20241204 OP-147', '20241204 OP-141', '20241204 OP-66', '20241204 OP-122', '20241204 OP-95', '20241204 OP-127', '20241204 OP-124', '20241204 OP-63', '20241204 OP-40', '20241204 OP-8', '20241204 OP-26', '20241204 OP-115', '20241204 OP-123', '20241204 OP-162', '20241204 OP-74', '20241204 OP-82', '20241204 OP-155', '20241204 OP-85', '20241204 OP-71', '20241204 OP-49', '20241204 OP-171', '20241204 OP-152', '20241204 OP-53', '20241204 OP-81', '20241204 OP-14', '20241204 OP-10', '20241204 OP-174', '20241204 OP-52', '20241204 OP-136', '20241204 OP-56', '20241204 OP-6', '20241204 OP-16', '20241204 OP-175', '20241204 OP-94', '20241204 OP-161', '20241204 OP-51', '20241204 OP-3', '20241204 OP-33', '20241204 OP-144', '20241204 OP-119', '20241204 OP-76', '20241204 OP-98', '20241204 OP-100', '20241204 OP-137', '20241204 OP-17', '20241204 OP-19', '20241204 OP-92', '20241204 OP-84', '20241204 OP-48', '20241204 OP-45', '20241204 OP-29', '20241204 OP-62', '20241204 OP-93']

Quirófano 5: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-88']

Quirófano 6: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-70']

Quirófano 7: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-99']

Quirófano 8: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-23']

Quirófano 9: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-34']

Quirófano 10: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-105']

Quirófano 11: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-61']

Quirófano 12: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-47']

Quirófano 13: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-32']

Quirófano 14: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-150']

Quirófano 15: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-118']

Quirófano 16: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-90']

Quirófano 17: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-101']

Quirófano 18: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-58', '20241204 OP-153', '20241204 OP-97']

Quirófano 19: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-38']

Quirófano 20: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-72']

Quirófano 21: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-131']

Quirófano 22: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-31']

Quirófano 23: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-173']

Quirófano 24: Operaciones asignadas: ['20241204 OP-46', '20241204 OP-80', '20241204 OP-20']