

**Optimización Avanzada – Tarea 1**

PROFESOR: Andrés Medaglia

ASISTENTE: Laura Juliana Sánchez

MONITOR: Felipe de Jesús Liévano

**Instrucciones y Reglas**

**Fecha límite de entrega: viernes 30 de agosto, 12:00 m. (medio día) Entrega por Bloque Neón.**

- La tarea debe ser realizada en grupos de exactamente 2 personas.
- La solución de cada uno de los problemas que se enuncian a continuación debe contener mínimo:
  - Formulación matemática rigurosa (conjuntos, parámetros, variables de decisión, función objetivo, restricciones).
  - Síntesis de resultados.
  - Conclusiones.
  - Anexos (modelos en Python-Gurobi, salidas y toda la información de soporte que sustente su trabajo) enviados por un solo integrante del grupo al enlace de Bloque Neón. De ser necesario, debe haber una implementación diferente por literal.
- El reporte debe ser auto contenido. Esto quiere decir, que debe analizar reportar los resultados obtenidos de manera clara, concisa y precisa. No debe exceder las 14 páginas.
- Se debe utilizar el formato de entrega de la tarea que se encuentra en Bloque Neón en la primera página de su informe. Si el formato no es usado o se llena incorrectamente, la tarea se calificará sobre 90 puntos.
- Envíe por Bloque Neón su informe en formato PDF y con nombre el *login* del estudiante que realiza el envío (e.g., lj.sanchezd.pdf). Por aparte, envíe todos sus archivos de soporte (modelos de Python-Gurobi, archivos de Excel, etc.) comprimidos en un solo archivo \*.zip. Asegúrese que los archivos sean colgados por sólo uno de los integrantes. No se aceptarán archivos enviados por otro medio como correo electrónico.
- Si el informe de la tarea y los archivos de soporte no se entregan en la fecha y hora asignadas la nota de la tarea será 0.0.
- Todo código en Python-Gurobi o cualquier otro lenguaje de programación debe estar debidamente comentado, de lo contrario se penalizará sobre la nota definitiva de la tarea.
- La calificación del reporte se verá afectada en los siguientes casos: no demuestra una comprensión clara del problema que resuelve, el reporte no es claro o está en desorden, los archivos anexos no funcionan o el documento no es entregado según las reglas establecidas.
- Las preguntas acerca del enunciado se responderán a través del foro de MS-Teams: OPTIMIZACIÓN AVANZADA y en el horario de atención.

Cualquier sospecha de fraude será manejada de acuerdo con el reglamento de la Universidad.

### Problema 1: Migrando facultades (40 puntos)

La Universidad de los Montes, una de las instituciones de educación superior más influyentes del país, fue fundada en 1948 siguiendo una misión investigadora dedicada a las ciencias puras, aplicadas y sociales. Actualmente, la Universidad cuenta con seis facultades en su sede principal del oriente: Facultad de Ingeniería, Facultad de Ciencias, Facultad de Administración, Facultad de Artes, Facultad de Derecho y Facultad de Economía. Las seis facultades están ubicadas en la sede oriente de la Universidad, debido a que esta es la sede donde fue fundada la Universidad.

Sin embargo, el crecimiento de la comunidad educativa ha obligado a la Universidad a expandirse a lo largo de la ciudad, por lo que durante los últimos siete años fueron construidas tres sedes más que pueden ser utilizadas a partir del mes de Julio del 2022. Las sedes nuevas son: sede norte, sede sur y sede occidente.

La Universidad desea reubicar algunas de las facultades para hacer uso de las nuevas instalaciones. Tenga en cuenta que las cuatro sedes deben ser utilizadas por al menos una facultad y ninguna sede puede tener más de tres facultades asignadas.

Se estiman algunos beneficios asociados a trasladar las facultades. Estos están relacionados con el alcance de nuevos estudiantes, procesos de búsqueda de empleados y contratación más sencilla, etc; los cuales están dados en la Tabla 1.

Sede\Facultad	Ingeniería	Ciencias	Administración	Artes	Derecho	Economía
Norte	38	26	18	20	35	12
Sur	13	7	36	39	23	28
Occidente	24	37	27	27	28	11

**Tabla 1.** Beneficios asociados a la reubicación de facultades (en millones de pesos al año)

Sin embargo, la traslación de alguna de las facultades generaría mayores costos de comunicación entre las facultades. Las comunicaciones entre facultades y los costos asociados se encuentran en la Tabla 2 y Tabla 3, respectivamente.

	Ingeniería	Ciencias	Administración	Artes	Derecho	Economía
Ingeniería	-	2.8	1.7	1.2	0.9	2.2
Ciencias	-	-	1.0	0.7	0.6	3.1
Administración	-	-	-	2.3	2.5	1.7
Artes	-	-	-	-	0.8	0.9
Derecho	-	-	-	-	-	1.5

**Tabla 2.** Comunicaciones entre facultades (en miles de unidades al año).

	Norte	Sur	Oriente	Occidente
Norte	3	10	10	9
Sur	-	5	11	7
Oriente	-	-	4	8
Occidente	-	-	-	3

**Tabla 3.** Costos de las comunicaciones (en miles de pesos colombianos).

Teniendo en cuenta esta información, el Consejo Superior de la Universidad desea saber cómo deberían ser ubicadas las facultades para tener la **mayor utilidad total anual**. Para ayudarlos usted debe:

- a. Formular matemáticamente el problema anterior de forma general, definiendo clara y rigurosamente:
  - I. Conjuntos
  - II. Parámetros
  - III. Variables de decisión
  - IV. Función objetivo
  - V. Restricciones
- b. Implementar el modelo anterior en Python-Gurobi utilizando archivos de datos para capturar parámetros e imprimir resultados.
- c. Con el archivo de resultados, construya y presente una visualización de la respuesta obtenida. Puede usar, Excel MS o Python.

## Problema 2: Sudoku Avanzado (60 puntos)

Considere el tablero con una cuadrícula de 6x6 como la que se muestra en la Figura 1.

9+			12+		
1-		3/		2-	
3/	14+	2/		12+	
			3/		
15+		2-		14+	
		1-			

**Figura 1.** Tablero 6x6 Sudoku Avanzado.

El objetivo del Sudoku Avanzado es completar el tablero con números del 1 al 6, teniendo en cuenta que no se debe repetir ningún número en filas o columnas. Además, cada región marcada con un color debe ser ocupada por números que mediante las operaciones indicadas (suma, resta o división) formen el resultado esperado (que siempre es un número positivo). Por ejemplo, en la cuadrícula azul ubicada en la esquina inferior derecha de la Figura 1, los números que ocupen las cuatro casillas deben sumar 14. Entonces, a modo de ejemplo, una solución válida sería tener los números 2, 4, 5 y 3 en esta región.

En el caso de las regiones cuya operación es una resta o una división, esta puede ser realizada en cualquiera de los dos posibles órdenes. Por ejemplo, en la región con fondo de color azul en la Figura 1, cuya operación es la división y cuyo resultado es el 3, la operación podría realizarse en ambos sentidos, como se muestra a continuación:

6	2
---	---

1	3
---	---

En la Figura 2, se muestra un tablero junto con una posible solución.

3-	1-		2/		6+
	10+	1-			
3/		6+	3-		3/
	1-		2-		
2-		5-		11+	
	2/		1-		

2	5	4	3	6	1
5	6	3	2	1	4
3	4	1	5	2	6
1	3	5	6	4	2
4	2	6	1	3	5
6	1	2	4	5	3

**Figura 2.** Ejemplo Sudoku Avanzado.

Teniendo en cuenta lo anterior, resuelva los siguientes literales:

- Formule un programa matemático lineal que le permita encontrar una solución a un tablero de  $n \times n$ . Defina claramente conjuntos, parámetros, variables de decisión, restricciones y función objetivo. Recuerde que su formulación debe ser de forma general.
- Implemente su formulación en Python-Gurobi y resuelva las dos instancias (A y B) expuestas en las figuras a continuación. Reporte su solución de forma gráfica.

7+	9+		9+		6+
	10+	5+			
4+		6+	7+		8+
	5+		10+		
10+		11+		16+	
	3+				

**Figura 3.** Instancia A.

6+		12+	16+		
	3-			3/	
2/			5-		13+
	1-		16+		
3-	11+			1-	3/

**Figura 4.** Instancia B.