

CII2253 - Producción**2 de octubre 2025**

Tarea Parte 1

Profesor: Márquez, Renny

Ayudantes: Pinto, Verónica
Plaza, Thomas

P1. “TecnoComponentes S.A.” es una empresa líder en la manufactura de componentes electrónicos para la industria automotriz. La compañía cuenta con 3 plantas de producción de microchips (Arica, Valparaíso, Concepción) y abastece a 4 fábricas de ensamblaje de vehículos (Santiago, Rancagua, Talca, Temuco). Como parte del equipo de optimización de la cadena de suministro, su misión es diseñar un plan logístico que minimice los costos totales de transporte.

Actualmente, el envío de microchips se realiza directamente desde las plantas de producción a las fábricas de ensamblaje. La capacidad de producción mensual de cada planta y la demanda mensual de cada fábrica son las siguientes:

- **Capacidad de Producción (unidades/mes):** Arica (12.000), Valparaíso (18.000), Concepción (15.000).
- **Demanda de Fábricas (unidades/mes):** Santiago (15.000), Rancagua (10.000), Talca (8.000), Temuco (10.000).

(a) Formule un modelo de programación lineal para el problema de transporte que minimice los costos totales de envío mensual desde las plantas a las fábricas, asegurando que se satisfaga toda la demanda. Indique formalmente los conjuntos, parámetros, variables de decisión, la función objetivo y todas las restricciones del modelo, especificando las unidades de cada elemento. Esto debe incorporarlo a su informe, con la explicación correspondiente. **En este ítem aún no se pide el modelo AMPL. Deben entregar lo solicitado.**

Observación: considere que el costo de este ítem ya considera la distancia, por lo que es un costo por unidad enviada.

(b) Para calcular los costos, la empresa utiliza una tarifa de **\$25 por unidad por kilómetro**. Las ubicaciones de las plantas y fábricas se generarán de forma aleatoria para simular distintas condiciones geográficas. Actualice su modelo en función de esto.

Implemente y resuelva el modelo utilizando AMPL. Para ello, debe generar las coordenadas (x, y) de cada planta y fábrica utilizando los siguientes comandos **al final de su archivo .dat**:

```
option randseed X;

# Coordenadas de Plantas de Producción
for {i in PLANTAS} {
    let xP[i] := Normal(100, 25);
    let yP[i] := Normal(300, 75);
}
```

```
# Coordenadas de Fábricas de Ensamblaje
for {j in FABRICAS} {
    let xF[j] := Normal(120, 30);
    let yF[j] := Normal(250, 60);
}
```

Donde el comando `option randseed X` es para fijar la semilla aleatoria a un valor X . Este valor X debe ser sustituido por el dígito verificador del RUN (RUT), de aquel integrante del grupo que esté de primero al ordenar alfabéticamente los miembros por apellido y luego nombre. Por ejemplo, si los miembros del grupo son Márquez Renny, Altuve Robert, Cabrera Miguel, Altuve José, y Aparicio Luis; al ordenarlos quedarían: 1) Altuve José; 2) Altuve Robert; 3) Aparicio Luis; 4) Cabrera Miguel; 5) Márquez Renny. Si el RUN de Altuve José es 12.345.678-9, la semilla debe fijarse en 9. En caso de que el dígito verificador del RUN de Altuve José fuese K, por ejemplo, 12.345.678-K, la semilla debe fijarse en 8, el primer dígito a la izquierda del dígito verificador. En caso de que el dígito verificador del RUN de Altuve José fuese 0, por ejemplo, 12.345.676-0, la semilla debe fijarse en 6, el primer dígito a la izquierda del dígito verificador. En caso de que la semilla resultante sea 0, tome el dígito siguiente a la izquierda (consulte al profesor ante dudas). **Sigan estas instrucciones de manera exhaustiva, ya que no hacerlo afectará la calificación del grupo.**

Calcule las distancias euclidianas entre cada par planta-fábrica para determinar los costos de transporte. Programe el modelo y resuélvalo en AMPL. Para ello, debe entregar tres archivos: uno `.mod` con el modelo; otro `.dat` con los datos; y otro `.run` que permita correrlo, mostrar el costo total y los valores de las variables de decisión **distintas de cero** (Al momento de correrlo y mostrar las variables de decisión, solo deben aparecer los valores de aquellas que sean distintas de cero).

En su informe, interprete los resultados obtenidos. Como mínimo, responda:

1. ¿Cuál es el costo total óptimo de distribución?
 2. ¿Se utiliza toda la capacidad de producción de las plantas? ¿Por qué ocurre esto?
 3. Si alguna planta no utiliza toda su capacidad, indique cuál(es) y cuántas unidades de superávit tiene. Explique por qué el modelo asigna el superávit a esa(s) planta(s) en particular.
 4. Presente una tabla resumen que indique la cantidad de unidades enviadas desde cada planta a cada fábrica en la solución óptima.
- (c) La gerencia está evaluando la opción de utilizar 2 centros de distribución (CD) externos ya existentes (CD Norte y CD Sur) para consolidar y redistribuir los microchips. El envío podría realizarse ahora tanto directamente (Planta → Fábrica) como a través de los CD (Planta → CD → Fábrica).

Los costos de transporte y capacidades de los CD son:

- **Costo Planta a CD:** \$18 por unidad por kilómetro.
- **Costo CD a Fábrica:** \$15 por unidad por kilómetro.
- **Capacidad de manejo de los CD (unidades/mes):** CD Norte (9.000), CD Sur (11.000). Todo lo que entra a un CD en un mes debe salir en el mismo mes (no hay almacenamiento).

Modifique el modelo matemático del ítem b) para incorporar la posibilidad de utilizar los centros de distribución. Defina claramente las nuevas variables de decisión, parámetros y restricciones necesarias para modelar el flujo de transbordo y la capacidad de los CD.

Implemente y resuelva este nuevo modelo en AMPL. Genere las coordenadas de los CD usando el siguiente bloque de código **después de los ya existentes en su archivo .dat** (manteniendo la misma semilla X):

```
# Coordenadas de Centros de Distribución
for {k in CD} {
    let xC[k] := Uniform(80, 150);
    let yC[k] := Uniform(200, 300);
}
```

Como ya se indicó, debe formular el modelo nuevamente, ahora considerando el envío mensual a costo mínimo, 1) desde las plantas a los centros de distribución y desde allí a las fábricas, y 2) desde las plantas directamente a las fábricas. Indique todos los índices, parámetros, variables del problema, función objetivo y restricciones, **mostrando las unidades correspondientes**. Prográmelo y resuévalo en AMPL. Para ello, debe entregar tres archivos: uno *.mod* con el modelo; otro *.dat* con los datos; y otro *.run* que permita correrlo, mostrar el costo total y los valores de las variables de decisión *distintas de cero*.

En su informe, analice la nueva solución y compárela con la del ítem b). Como mínimo, responda:

1. ¿Cuál es el nuevo costo total óptimo? ¿Es más conveniente utilizar los centros de distribución? ¿Por qué?
2. ¿Se utiliza alguno de los centros de distribución? Si es así, ¿cuál(es) y a qué porcentaje de su capacidad operan?
3. ¿Existen rutas directas (Planta → Fábrica) que se sigan utilizando? De ser así, mencione un ejemplo y explique por qué podría ser óptimo no usar un CD para esa ruta.
4. Seleccione una planta y describa en detalle cómo realiza el envío (a qué fábricas o CD y en qué cantidades).
5. Seleccione un CD y describa en detalle cómo recibe y envía los microchips (desde qué plantas o hacia qué fábricas y en qué cantidades).
6. Seleccione una fábrica y describa en detalle cómo es abastecida (desde qué plantas o CD y en qué cantidades).

Indicaciones.

1. **Grupos:** máximo de **cinco** estudiantes. La inscripción de los grupos debe realizarse en Canvas o enviarse por correo a más tardar el **lunes 6 de octubre a las 23:59 hrs**.
2. **Entrega:**
 - Fecha límite el **domingo 2 de noviembre a las 23:59 hrs**. **Esta entrega es evaluada y tiene un máximo puntaje de 3 puntos**. La segunda parte de la tarea, que será una continuación del enunciado, también tiene un máximo puntaje de 3 puntos.
 - **Aporte Individual:** cada integrante deberá enviar un correo electrónico al profesor a más tardar el **lunes 3 de octubre a las 23:59 hrs** con la estimación porcentual del aporte de cada miembro del grupo (la suma debe ser 100%). Cada persona debe enviar su estimación, sin ponerse de acuerdo con los demás integrantes de su grupo para ello. El no envío de este correo se penalizará con un descuento de puntaje sobre la nota final de la tarea para el integrante que no lo envíe.
 - **Interrogación:** se realizará una interrogación sobre la tarea entregada la semana del lunes 3 de octubre o al final de semestre (por definir). La asistencia a la interrogación es obligatoria para todos los y las integrantes del grupo. La inasistencia no justificada penalizará la nota final de las y los

integrantes del grupo. En caso de conseguir algún texto en inglés dentro de la entrega, como por ejemplo en los nombres de las restricciones del modelo, están sujetos a que dicha evaluación oral se haga en inglés.

3. Informe Ejecutivo (Entrega Final):

- **Extensión y contenido:** debe tener un máximo de diez páginas de contenido (sin contar portada, índice, etc.) en formato PDF. Debe incluir la formulación matemática formal de los modelos, el análisis de resultados (apoyado con tablas y/o gráficos), y conclusiones. Debe quedar claro cómo abordó, modeló, codificó y solucionó cada inciso, indicando claramente las variables, las restricciones y la función objetivo del problema en cada caso, incluyendo cualquier análisis relevante.
- Asegúrese de que en el informe muestre los modelos con la formalidad matemática vista en clases, además de capturas de pantalla del código cuando considere necesario explicar algo en particular. No deben utilizar directamente el código de *AMPL* para explicar sus modelos; esto deben hacerlo desde sus ecuaciones con formalidad matemática en el informe.

4. Detalles de la entrega:

- **Archivos a entregar:** un único archivo *.zip* que contenga el informe en PDF y todos los códigos (*.mod*, *.dat*, *.run*) debidamente comentados y funcionales.
- Un solo integrante del grupo deberá subir los archivos a Canvas con el informe y los archivos desarrollados, para poder replicar las instancias.
- Los códigos subidos deben permitir correr el modelo y obtener los mismos resultados mostrados en el informe.
- Si lo que aparece en el informe no coincide con lo que aparece en el código, el profesor corregirá solo el informe y se considerará que no entregaron código. No importa si fue un error en la subida de los archivos.
- Su tarea será evaluada en base a su formulación, la claridad de la descripción y en la profundidad de sus análisis.
- No serán revisadas tareas que lleguen en formato distinto al solicitado.
- Si tiene problemas con *AMPL* (su código no funciona o *AMPL* no funciona correctamente por alguna razón), e intentó corregirlos pero no lo logró, consulte inmediatamente con el profesor. Es importante que resuelva esos problemas temprano, para poder progresar con el informe.
- No deben discutir su trabajo con otros estudiantes, más allá de los integrantes de su grupo. Sin embargo, pueden realizar investigación independiente si lo estiman necesario, para entender y enfrentar el problema. Esto incluye buscar recursos en línea.

5. Software y Notación:

- El software a utilizar es **AMPL** con el solver **Gurobi**. Este solver se asigna con el comando `option solver gurobi;` antes del comando `solve;`.
- Se recomienda utilizar el comando `reset;` al inicio del archivo *.run* para borrar cualquier parámetro o variable de corridas pasadas.
- La notación matemática en el informe y en el código debe ser **idéntica** a la presentada en este enunciado. Cualquier cambio debe ser justificado y consultado previamente.
- Los modelos en *AMPL* deben ser claros, comentados y mostrar los resultados de forma ordenada en la consola, tales como función objetivo, variables y cualquier salida que les ayude en el posterior análisis del informe.

- Para mostrar el modelo matemático tanto en el informe como en el código de *AMPL*, deben utilizar la notación de los parámetros como se muestra en el enunciado, por lo que esta no debe ser cambiada.
- Los nombres de sus archivos deben ser *tareaB.mod*, *tareaB.dat*, *tareaB.run*, *tareaC.mod*, y así sucesivamente para cada ítem. No pueden hacer todo en un solo archivo *.mod* o un un solo archivo *.dat* o un solo archivo *.run*.
- Cuando carguen su modelo y datos en el archivo *.run*, hágalo con los comandos

```
model tareaB.mod;
data tareaB.dat;
```

evitando poner direcciones completas, como por ejemplo

```
model C:\Users\renny\AMPL\tareaB.mod;
data C:\Users\renny\AMPL\tareaB.dat;
```

En este caso, “*tareaB*” hace referencia a que el código corresponde al ítem *b*. Para poder correr el archivo sin direcciones completas, deben posicionar el *Current Directory* (carpeta actual) de *AMPL* en la carpeta donde están los archivos. Para el ejemplo mostrado sería *C:\Users\renny\AMPL*.

6. Otras sugerencias:

- Evite incorporar todas las restricciones del modelo de una vez. Prefiera su incorporación una a una, o probarlas por separado, para que le sea más fácil identificar errores, en caso de haberlos.
- Verifique que al ejecutar su modelo, la consola de *AMPL* reporte un estado de *optimal solution found*. Si en cambio obtiene mensajes como *infeasible problem* o *unbounded problem*, es una señal de que hay un error en la formulación de su modelo que debe ser corregido.

7. Uso de IA y Fuentes Externas:

- Es **obligatorio** incluir en el informe una sección final titulada “Declaración de Uso de Herramientas Externas y de IA”. En esta, deben:
 - a) Detallar qué herramientas usaron (ChatGPT, Gemini, foros, etc.) y para qué propósito (por ejemplo, para corregir la redacción del análisis de resultados o para entender la sintaxis de una restricción en *AMPL*).
 - b) **Si se usó una IA para mejorar la redacción, se debe incluir un anexo con el texto original previo a la mejora.**
 - c) Declarar explícitamente que el análisis de los resultados fue realizado por los integrantes del grupo.

El uso de IA para generar el análisis está terminantemente prohibido. Puede ser utilizada como una herramienta para enriquecer su análisis, pero en ningún caso para que haga todo su trabajo.
 - Si utiliza cualquier ayuda física (libros, guías, etc.) u online (páginas web, videos de YouTube, manuales, foros de preguntas y respuestas, herramientas de Inteligencia Artificial, etc.) debe incluir de manera **OBLIGATORIA** las **referencias** correspondientes en formato APA
<https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references/examples>.
8. **Academia:** en caso de copia o plagio, se aplicarán las sanciones estipuladas en el reglamento de la universidad. No deben discutir su trabajo con estudiantes de otros grupos.