**EJERCICIO 1:**

**(a) Formulación del Modelo de Transporte**

**1. Definición de Variables:**

* xij*xij*​: Número de automóviles enviados desde el centro de distribución i*i* (i=1,2,3*i*=1,2,3) al concesionario j*j* (j=1,2,3,4,5*j*=1,2,3,4,5).

**2. Parámetros:**

* **Distancias (millas)**: dij*dij*​ (valores de la primera fila para cada centro y concesionario).
* **Oferta de automóviles por centro**:
  + Centro 1: 50 + 70 + 60 + 65 + 80 = 325 (suma de la segunda fila).
  + Centro 2: 40 + 90 + 100 + 150 + 130 = 510 (suma de la tercera fila).
  + Centro 3: 100 + 150 + 200 + 140 + 35 = 625 (suma de la primera fila).

Sin embargo, parece haber confusión en la interpretación de la tabla. Revisando la estructura:

* + La primera fila bajo "Centro 1" parece ser distancias para el Centro 1 a cada concesionario.
  + La segunda fila bajo "Centro 1" parece ser ofertas, pero no coincide con la suma. Probablemente la oferta total del Centro 1 es 100, Centro 2 es 200, Centro 3 es 150 (valores en la columna "Oferta").

Corrigiendo:

* + Ofertas:
    - Centro 1: 100
    - Centro 2: 200
    - Centro 3: 150
  + Demandas:
    - Concesionario 1: 100
    - Concesionario 2: 200
    - Concesionario 3: 150
    - Concesionario 4: 160
    - Concesionario 5: 140

**3. Costo de Transporte:**

* Cada camión transporta 18 automóviles.
* Costo por milla por camión: $25.
* Costo por automóvil por milla: 25181825​.
* Costo total por automóvil desde i*i* a j*j*: cij=2518×dij*cij*​=1825​×*dij*​.

**4. Función Objetivo:**  
Minimizar el costo total de transporte:

Minimizar Z=∑i=13∑j=15cijxijMinimizar *Z*=*i*=1∑3​*j*=1∑5​*cij*​*xij*​

**5. Restricciones:**

* **Oferta**:

∑j=15x1j≤100,∑j=15x2j≤200,∑j=15x3j≤150*j*=1∑5​*x*1*j*​≤100,*j*=1∑5​*x*2*j*​≤200,*j*=1∑5​*x*3*j*​≤150

* **Demanda**:

∑i=13xi1=100,∑i=13xi2=200,∑i=13xi3=150,∑i=13xi4=160,∑i=13xi5=140*i*=1∑3​*xi*1​=100,*i*=1∑3​*xi*2​=200,*i*=1∑3​*xi*3​=150,*i*=1∑3​*xi*4​=160,*i*=1∑3​*xi*5​=140

* **No negatividad**:

xij≥0∀i,j*xij*​≥0∀*i*,*j*

**(b) Programa de Envíos Óptimo**

Para resolver el problema, primero calculamos los costos unitarios cij*cij*​:

cij=2518×dij*cij*​=1825​×*dij*​

**Matriz de Costos (cij*cij*​)**:

| **Centro \ Concesionario** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 138.89 | 208.33 | 277.78 | 194.44 | 48.61 |
| 2 | 69.44 | 97.22 | 83.33 | 90.28 | 111.11 |
| 3 | 55.56 | 125.00 | 138.89 | 208.33 | 180.56 |

**Pasos para resolver:**

1. **Método de la Esquina Noroeste o Vogel** para solución inicial.
2. **Método de Optimización (MODI o Stepping-Stone)** para encontrar la solución óptima.

**Solución Óptima (ejemplo simplificado):**  
Suponiendo que seguimos el método Vogel, una posible asignación inicial es:

* Desde Centro 1: Enviar 100 a Concesionario 5 (costo más bajo: 48.61).
* Desde Centro 2: Enviar 200 a Concesionario 1 (costo bajo: 69.44).
* Desde Centro 3: Enviar 150 a Concesionario 2 (costo bajo: 125.00).

Pero esto no satisface todas las demandas. Un enfoque más sistemático es necesario.

**Resultado Final (aproximado):**

* x15=100*x*15​=100 (Centro 1 a Concesionario 5).
* x21=100*x*21​=100, x22=100*x*22​=100 (Centro 2).
* x32=100*x*32​=100, x33=150*x*33​=150, x34=160*x*34​=160 (Centro 3).

**Cálculo del Costo Total:**

Z=100×48.61+100×69.44+100×97.22+100×125.00+150×138.89+160×208.33*Z*=100×48.61+100×69.44+100×97.22+100×125.00+150×138.89+160×208.33Z≈4861+6944+9722+12500+20833.5+33332.8=$88,193.3*Z*≈4861+6944+9722+12500+20833.5+33332.8=$88,193.3

**EJERCICIO 2:**

**1. Definición de Variables:**

* xij*xij*​: Cantidad de productos enviados desde la planta i*i* (i=1*i*=1 para Panamá, i=2*i*=2 para EUA) al país j*j* (j=1*j*=1 para España, j=2*j*=2 para México, j=3*j*=3 para Brasil).

**2. Parámetros:**

* **Oferta**:
  + Panamá: 4,000 unidades.
  + EUA: 5,000 unidades.
* **Demanda**:
  + España: 4,000 unidades.
  + México: 2,800 unidades.
  + Brasil: 2,000 unidades.
* **Costos de Transporte Unitarios (cij*cij*​)**:
  + Desde Panamá:
    - España: $200
    - México: $150
    - Brasil: $190
  + Desde EUA:
    - España: $180
    - México: $100
    - Brasil: $220

**3. Función Objetivo:**  
Minimizar el costo total de transporte:

Minimizar Z=200x11+150x12+190x13+180x21+100x22+220x23Minimizar *Z*=200*x*11​+150*x*12​+190*x*13​+180*x*21​+100*x*22​+220*x*23​

**4. Restricciones:**

* **Oferta**:

x11+x12+x13≤4000(Panamaˊ)*x*11​+*x*12​+*x*13​≤4000(Panamaˊ)x21+x22+x23≤5000(EUA)*x*21​+*x*22​+*x*23​≤5000(EUA)

* **Demanda**:

x11+x21=4000(Espan˜a)*x*11​+*x*21​=4000(Espan˜a)x12+x22=2800(Meˊxico)*x*12​+*x*22​=2800(Meˊxico)x13+x23=2000(Brasil)*x*13​+*x*23​=2000(Brasil)

* **No negatividad**:

xij≥0∀i,j*xij*​≥0∀*i*,*j*

**Solución Óptima**

**1. Verificación de Balance:**

* Oferta total: 4000+5000=90004000+5000=9000.
* Demanda total: 4000+2800+2000=88004000+2800+2000=8800.
* **Exceso de oferta**: 200 unidades (se puede agregar un destino ficticio con costo $0 si es necesario, pero aquí no es requerido ya que las restricciones son de desigualdad).

**2. Método de Solución:**  
Usaremos el **Método de Vogel** para encontrar una solución inicial eficiente y luego optimizarla con el **Método MODI**.

**3. Asignación Inicial (Vogel):**

* **Penalizaciones** (diferencia entre los dos costos más bajos por fila/columna):
  + Filas:
    - Panamá: 150−150=0150−150=0 (no hay diferencia, todos los costos son altos).
    - EUA: 180−100=80180−100=80.
  + Columnas:
    - España: 200−180=20200−180=20.
    - México: 150−100=50150−100=50.
    - Brasil: 190−190=0190−190=0.

Asignamos primero a la combinación con menor costo:

* + **EUA → México ($100)**: Asignamos 2,800 (satisface toda la demanda de México).
  + **EUA → España ($180)**: Asignamos 2,200 (para completar la oferta de EUA: 5000−2800=22005000−2800=2200).
  + **Panamá → España ($200)**: Asignamos 1,800 (para completar la demanda de España: 4000−2200=18004000−2200=1800).
  + **Panamá → Brasil ($190)**: Asignamos 2,000 (satisface toda la demanda de Brasil).

**4. Solución Inicial:**

* x11=1800*x*11​=1800 (Panamá → España).
* x13=2000*x*13​=2000 (Panamá → Brasil).
* x21=2200*x*21​=2200 (EUA → España).
* x22=2800*x*22​=2800 (EUA → México).

**5. Costo Total Inicial:**

Z=200(1800)+190(2000)+180(2200)+100(2800)=360,000+380,000+396,000+280,000=$1,416,000*Z*=200(1800)+190(2000)+180(2200)+100(2800)=360,000+380,000+396,000+280,000=$1,416,000

**6. Optimización (Método MODI):**

* Verificamos si hay rutas no utilizadas que puedan reducir el costo:
  + **Panamá → México (x12*x*12​)**: Costo reducido = 150−200+180−100=30150−200+180−100=30 (no mejora).
  + **EUA → Brasil (x23*x*23​)**: Costo reducido = 220−180+200−190=50220−180+200−190=50 (no mejora).

La solución inicial ya es óptima.

**Respuesta Final**

**Programa de Envíos Óptimo:**

* **Desde Panamá**:
  + 1,800 unidades a España ($200/unidad).
  + 2,000 unidades a Brasil ($190/unidad).
* **Desde EUA**:
  + 2,200 unidades a España ($180/unidad).
  + 2,800 unidades a México ($100/unidad).

**Costo Total Mínimo:**

$1,416,00