

# Aplicación de Programación Lineal en la Optimización de Mezclas para Adoquines

Angello Zamora Valencia  
Vto Semestre  
Métodos de Optimización  
Universidad Nacional del Altiplano  
Facultad de Ingeniería Estadística e Informática

7 de mayo de 2025

- Problema: Optimizar la mezcla de agregados (arena, grava, polvo de piedra) para producción de adoquines de concreto
- Objetivo: Minimizar costos manteniendo calidad según normas técnicas (ABNT NBR 9781)
- Requisitos:
  - Resistencia a compresión  $\geq 35$  MPa (vehículos ligeros)
  - Absorción de agua 6 %
  - Calidad visual (bordes regulares, sin defectos)
- Método: Programación Lineal aplicada al problema de mezclas

# Modelo Matemático

Formulación del problema de optimización:

$$\text{Min} \sum_j c_j x_j$$

Sujeto a:

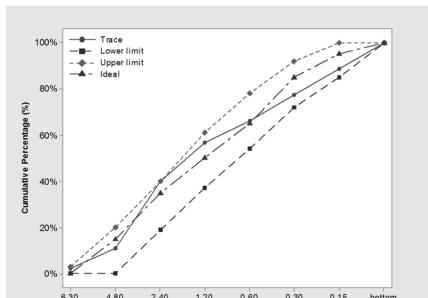
- Restricción de proporciones:  $\sum_j x_j = 1$
- Límites de calidad:  $LI_i \leq \sum_j a_{ij} x_j \leq LS_i$
- No negatividad:  $x_j \geq 0$

Donde:

- $x_j$ : Cantidad de ingrediente  $j$
- $c_j$ : Costo unitario del ingrediente  $j$
- $a_{ij}$ : Fracción del componente  $i$  en el ingrediente  $j$
- $LI_i, LS_i$ : Límites inferior/superior para componente  $i$

# Implementación

- Variables: 7 agregados (gravas, arenas, polvo de piedra)
- Parámetros:
  - Costos por kg de cada material
  - Curva granulométrica ideal (análisis de tamices)
  - Requisitos físicos/mecánicos
- Software: Solver de Excel®
- Modelos comparados:
  - AA: Reemplazo de arena gruesa por grava
  - BB: Reemplazo de arena media por grava



- Reducción de costos:
  - Modelo AA: 6.5 % (R\$ 1,420/mes)
  - Modelo BB: 2.5 % (R\$ 560/mes)
- Resistencia a compresión:
  - A los 8 días: AA (+33 %), BB (+25 %) vs mezcla actual
  - Cumplimiento de norma NBR 9781 (80 % de fpk antes de 28 días)
- Calidad visual:
  - Modelo AA: calidad aceptable
  - Modelo BB: problemas por exceso de humedad
- Validación: Pruebas de laboratorio a 8, 15 y 25 días

- La PL demostró ser efectiva para optimizar mezclas de adoquines:
  - Reducción de costos significativa
  - Mantenimiento de estándares de calidad
- Ventajas del método:
  - Implementación accesible (Excel)
  - Adaptable a diferentes materiales y requisitos
- Limitaciones:
  - No se evaluó absorción de agua ni resistencia a abrasión
- Trabajo futuro:
  - Ampliar análisis a otros productos de concreto
  - Estudiar sensibilidad a variaciones en costos de materiales