

SEMINARIO DE OPTIMIZACIÓN EN FERROCARRILES

PROYECTO *ARRIVAL*

Transportation Planning Models

Prof. Dr. Gilbert Laporte
Canada Research Chair of Distribution Management,
HEC, Canadá

**Localización Robusta de Infraestructuras
Lineales de Sistemas de Transporte**

Prof. Dr. Ricardo García Ródenas
Dpto. de Matemáticas, Universidad de Castilla la Mancha

**Dicho seminario tendrá lugar el 23 de abril de 2007 a las 12:15 en
el Seminario del Departamento de Matemática Aplicada II.**

Grupo de Investigación en Localización FQM-241.
Partially supported by the Future and Emerging Technologies Unit of EC (IST priority-6th FP),
Under contract no. FP6-021235-2 (Project ARRIVAL).

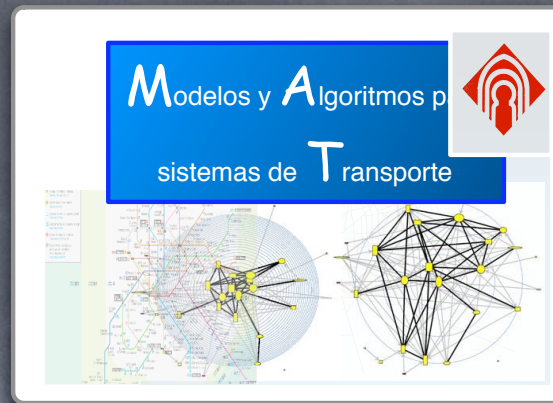


Escuela Superior de Informática de Ciudad Real
Universidad de Castilla-La Mancha

Localización robusta de infraestructuras lineales de sistemas de transporte

Ricardo.Garcia@uclm.es

MAT



<http://www.inf-cr.uclm.es/www/Ricardo.Garcia/>

Índice

- Problema
- Modelización
- Algoritmos

Problema



Localización de deformación (metro)

Diseño de una red ferroviaria

estratégica	● red física ● flota
táctica	● definición de líneas ● frecuencias
operacional	● horarios

Diseño de una red ferroviaria

estratégica

táctica

operacional

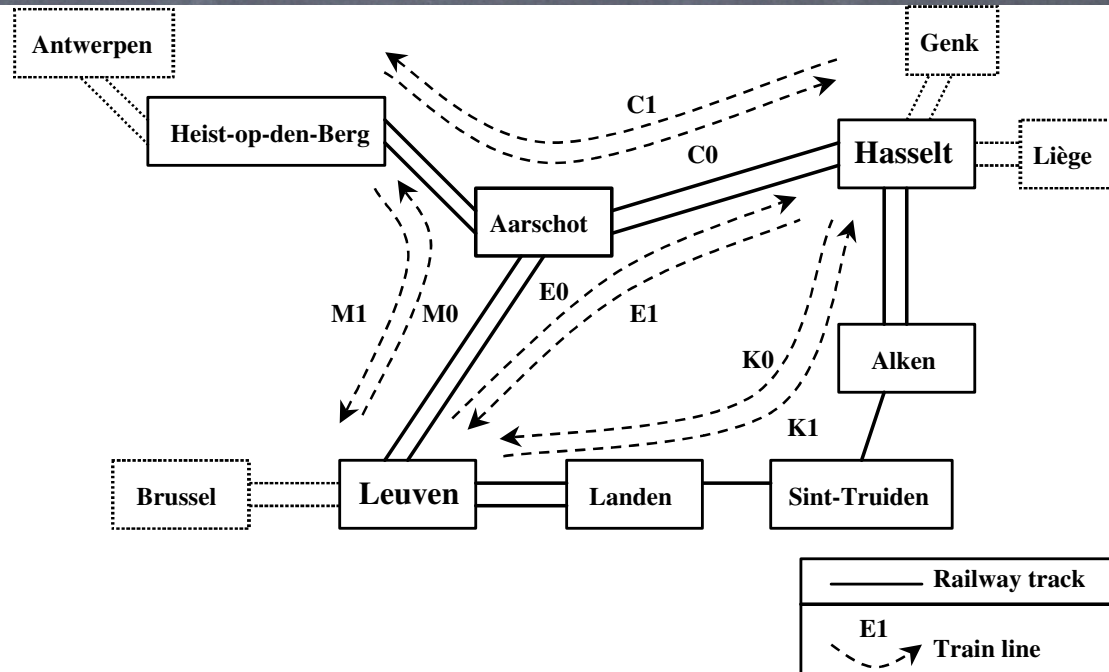


Fig. 1. Railway network.

Diseño de una red de autovías

estratégica	• localización preliminar (alineamientos horizontales)
táctica	• alineamientos verticales
operacional	• trazado, señalización, etc

Modelización

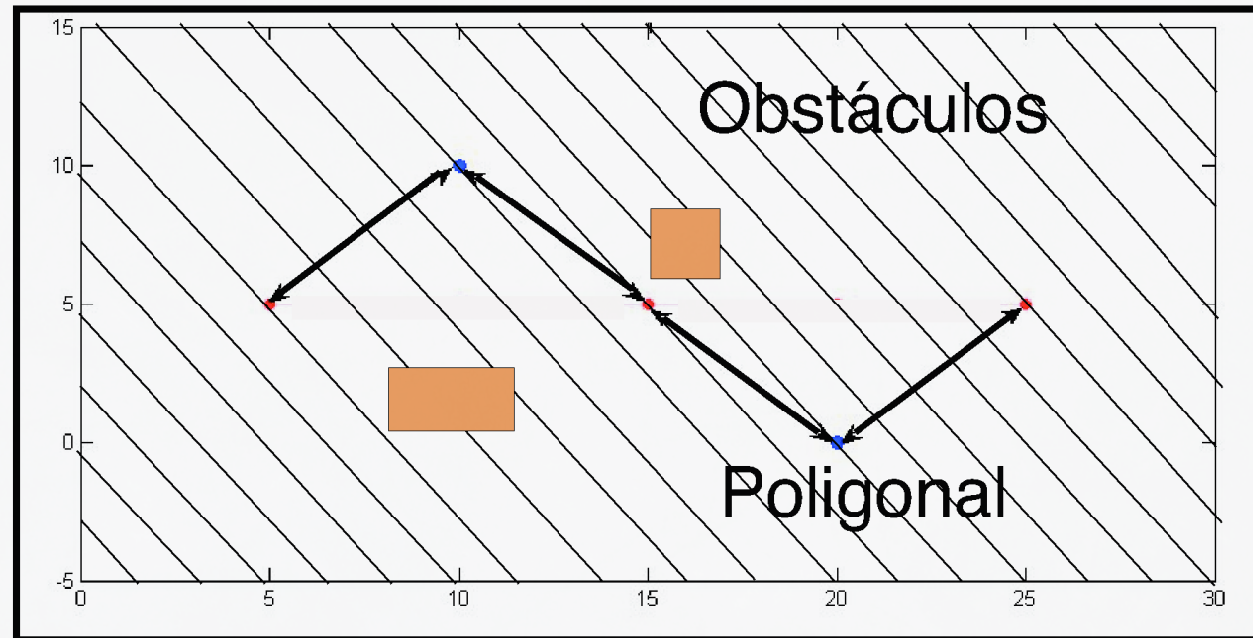
nivel superior	Metodología de diseño	
nivel inferior	modelo de oferta (red de transporte)	modelo de demanda (elección usuarios)

MODELO DE OFERTA

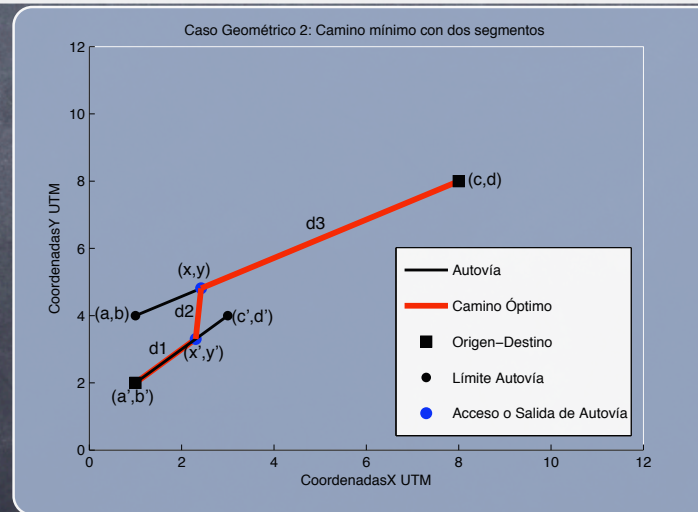
nivel
inferior

- Una línea/una red principal (a localizar)
- Red de acceso a la nueva infraestructura
- Red existente (alternativa)
- Restricciones presupuestarias
- Costes de transportes independientes del flujo
- Evitación de obstáculos

Una
línea
Poligonal



Una red
Unión de
segmentos



MODELO DE DEMANDA

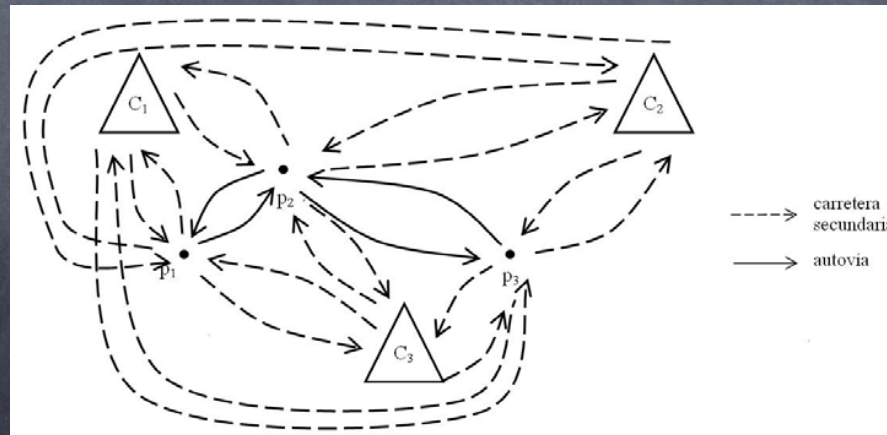
nivel
inferior

- Un patrón de movilidad sintetizado en una matriz O-D
- Elección de la ruta (Primer principio de Wardrop)
- Modelo logit
 - Elección de realizar o no el viaje (elasticidad de la demanda)
 - Elección del sistema de transporte (elección de modo)

Localización de una línea

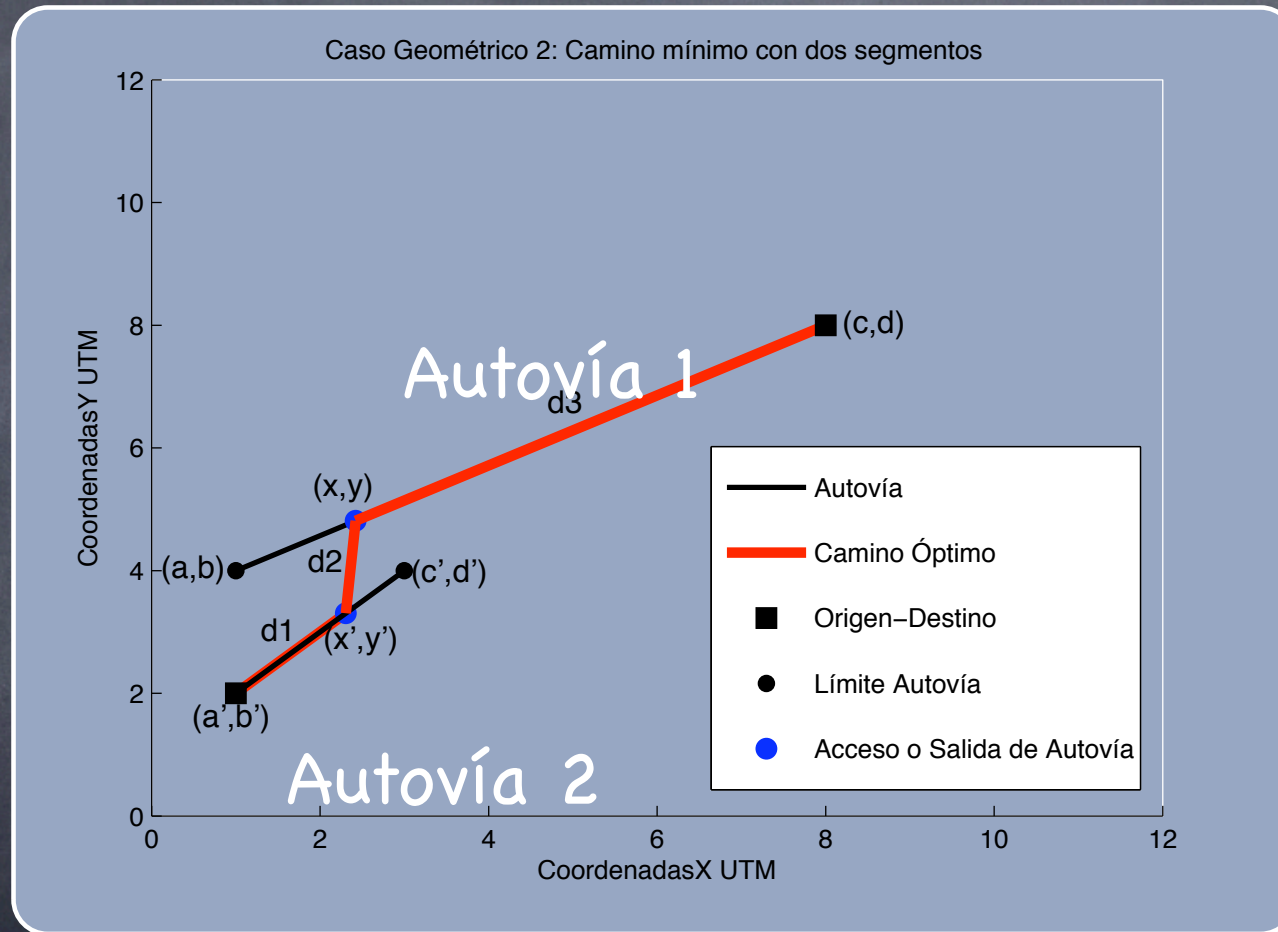
Modelo logit

$$p_w^m(u_\omega^a, u_\omega^b) = \frac{\exp \{ -(\alpha^b + \beta u_\omega^b) \}}{\sum_{m' \in \{b, a\}} \exp \{ -(\alpha^{m'} + \beta u_\omega^{m'}) \}}$$



Grafo de estrategia

Localización de una red

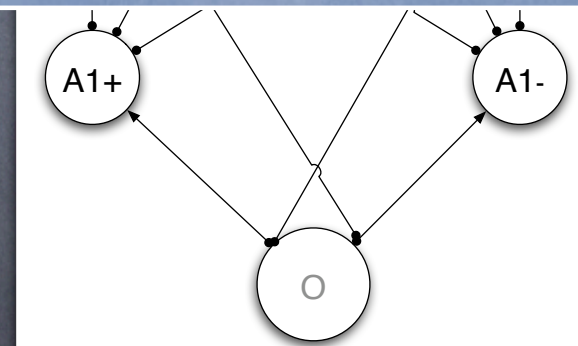
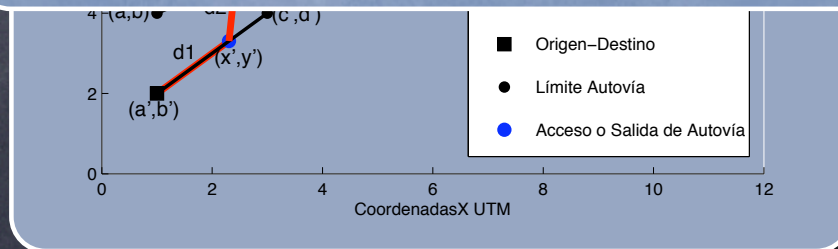


Red física de transporte

Localización de una red

Modelo logit

$$p_w^m(u_\omega^a, u_\omega^b) = \frac{\exp \{ -(\alpha^b + \beta u_\omega^b) \}}{\sum_{m' \in \{b,a\}} \exp \{ -(\alpha^{m'} + \beta u_\omega^{m'}) \}}$$

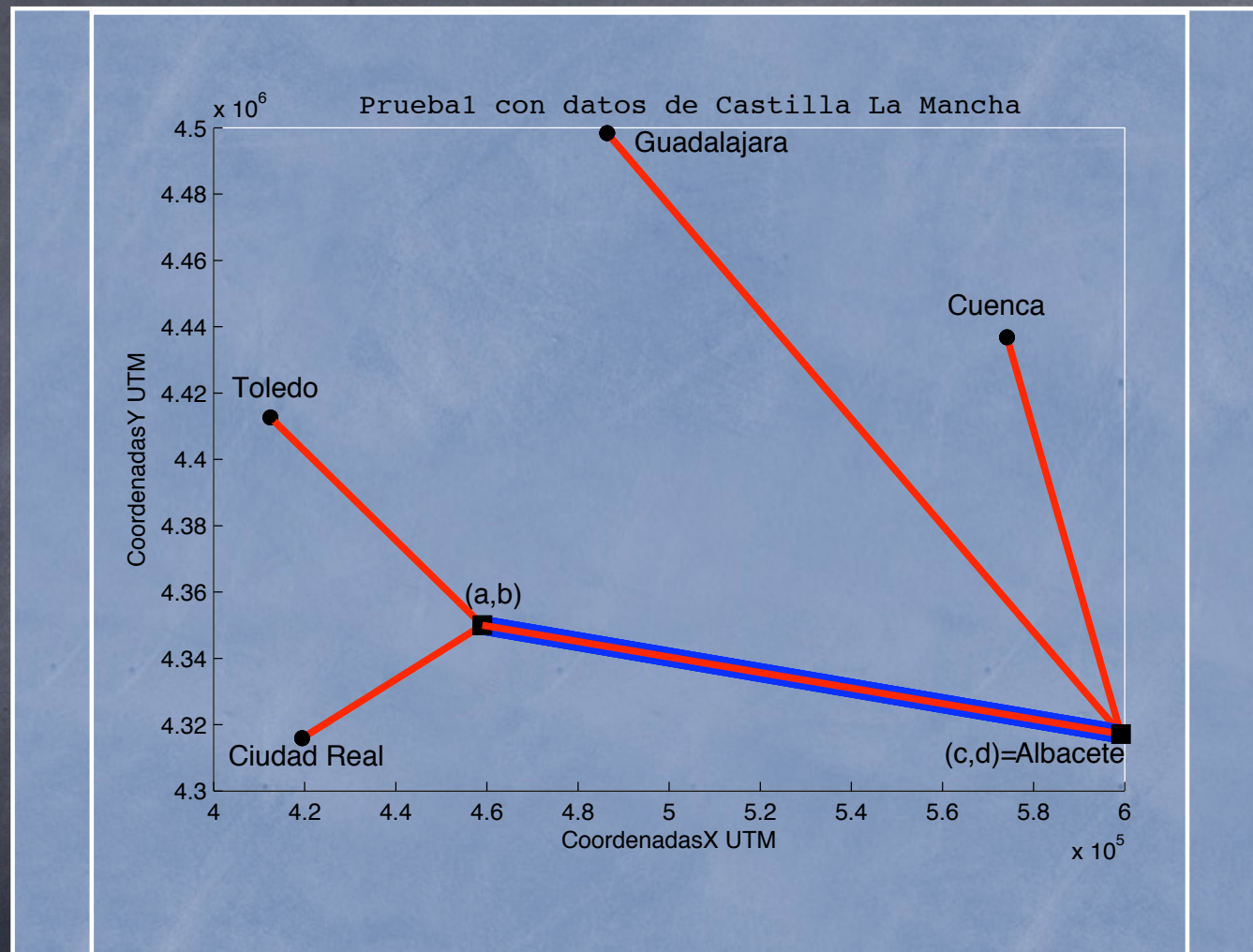


Problemas de caminos mínimos
en un grafo de estrategia

METODOLOGÍA DE DISEÑO

nivel
superior

- Sin incertidumbre (optimización de un criterio):
 - Maximización de la cobertura
 - Minimización de congestión red existente
 - Minimización del tiempo total de viaje en el sistema de transporte



METODOLOGÍA DE DISEÑO

nivel
superior

- Con incertidumbre (diseño robusto):
 - Frente a parámetros (matriz O-D)
 - Entre etapas de planificación

TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

nivel
superior

• Análisis de sensibilidad

impacto de los datos en las recomendaciones

• Programación estocástica:

primera etapa $\rightarrow x$ (variables de diseño)

experimento aleatorio $\rightarrow w$ (escenarios)

Segunda etapa $\rightarrow y(w, x)$ (variables de control)

optimización del valor esperado en los escenarios

TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

nivel
superior

Optimización robusta

- Mulvey, Vanderbei y Zenois (1994)→ optimización de la esperanza matemática +penalización de la infactibilidad
- Bertsimas y Sim (2004)→ El precio de la robustez (mantener factible la solución con cierta probabilidad y cerca de la óptima cuando los datos varían)
- Ben-Tal y Nemirovski (incertidumbre elipsoidal)

TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

nivel
superior

Optimización robusta (continuación)

- minmax regret optimization → Averbakh, Kouvelis, Yu, Mozos-Mesa

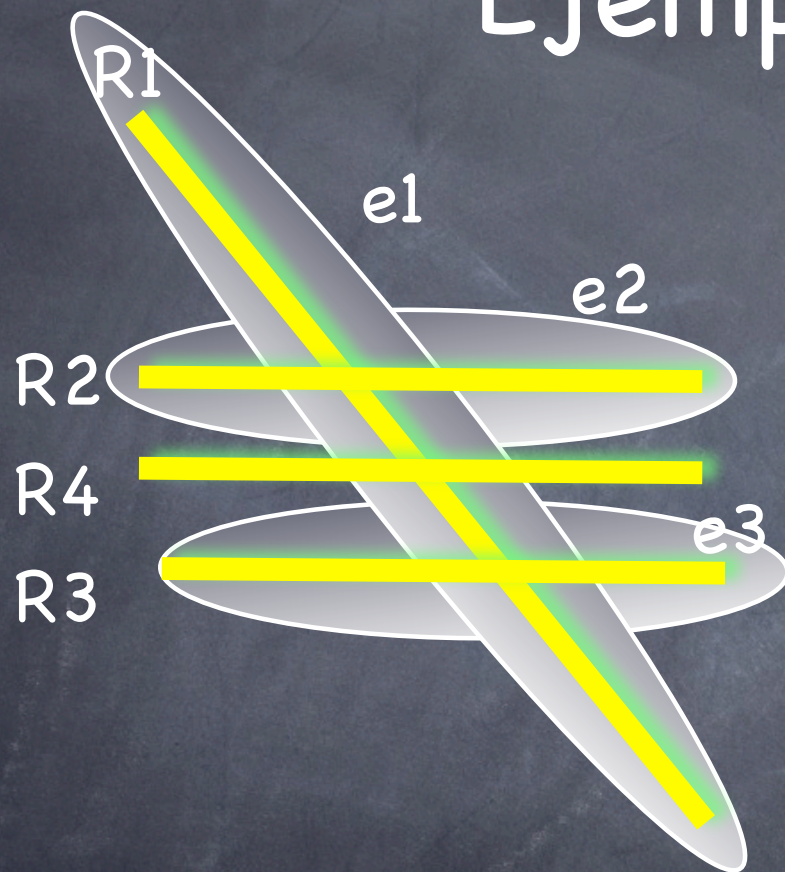
Robustez absoluta (x_a):

$$\max_{s \in S} f(x_a, \xi_s) = \min_x \max_{s \in S} f(x, \xi_s)$$

Desviación robusta (x_d)

$$\begin{aligned} \max_{s \in S} (f(x_d, \xi_s) - f(x_s^*, \xi_s)) = \\ \min_x \max_{s \in S} (f(x, \xi_s) - f(x_s^*, \xi_s)) \end{aligned}$$

Ejemplo (beneficio)



	e1 (0.2)	e2 (0.4)	e3 (0.4)
R1	10	0	0
R2	1	3	0
R3	0.5	0	3
R4	0.7	1.5	1.5

Ejemplo (beneficio)

	e1 (0.2)	e2 (0.4)	e3 (0.4)	C1	C2	C3
R1	10	0	0	2	0	3
R2	1	3	0	1.4	0	9
R3	0.5	0	3	1.3	0	9.5
R4	0.7	1.5	1.5	1.3	0.7	9.3

C1→Maximización de la esperanza matemática

C2→ Robustez absoluta (ponerse en lo peor)

C3→Desviación robusta (equivocarse en lo menor)

Robustez frente a la matriz O-D

La red R^* es robusta frente a la matriz O-D aleatoria sii satisface:

$$\star \Pr (R^* \text{ sea mejor o igual que } R) \geq 1/2$$

para toda R (red) posible

Ejemplo (beneficio)

	e1 (0.2)	e2 (0.4)	e3 (0.4)	C1	C2
R1	10	0	0	0	
R2	1	3	0	1	X
R3	0.5	0	3	0.5	
R4	0.7	1.5	1.5	1.5	

C1→ Bertsimas y Sim $p=0.5$

C2→ Mediana

Consideraciones:

- ☑ Emplea un método robusto al que no influyen decisivamente outliers de la matriz O-D
- ☑ No es un modelo de optimización
- ☑ Los criterios clásicos sirven para definir el concepto **sea mejor**
- ☑ Si la distribución de la matriz O-D es discreta se puede evaluar si una red es mejor que otra

Algoritmos

- MÉTODOS EXACTOS (PRUEBAS CON GAMS)

modelo básico localización-enrutamiento de una poligonal en el plano $\rightarrow$ tamaño del problema (variables de flujo): cúbico en el número de centroides

Motivación de los algoritmos heurísticos

- óptimos locales en los modelos sin incertidumbre
- grandes dimensiones (mostrado en las pruebas exactas)
- Estructura binivel

Nivel superior → localización de la red (R)

Nivel inferior → simulación de la demanda en la red R (g)

Motivación de los algoritmos heurísticos (continuación)

- el modelo robusto **no es un modelo de optimización** pero permite aplicar estrategias heurísticas basadas en saber si una solución es mejor que otra tipo SA, GA, etc.

Esquema algorítmico heurístico básico en el diseño robusto

1. Simula n escenarios (n matrices O-D y parámetros del modelo logit)
2. Genera R factible (algoritmos heurísticos clásicos)
3. Evalúa R en los n escenarios
4. Compara R con R_{actual} sobre los n escenarios.

Si R es **mejor que** R_{actual} ,

$R_{\text{actual}} \leftarrow R$

5. Criterio de paro o ir a paso 2.

En estos momentos...

- red de autovías de Castilla-La Mancha
- red de metro de Sevilla

Conclusiones





SEMINARIO DE OPTIMIZACIÓN EN FERROCARRILES

PROYECTO *ARRIVAL*

Transportation Planning Models

Prof. Dr. Gilbert Laporte

Canada Research Chair of Distribution Management,
HEC, Canadá

Localización Robusta de Infraestructuras Lineales de Sistemas de Transporte

Prof. Dr. Ricardo García Ródenas

Dpto. de Matemáticas, Universidad de Castilla la Mancha

**Dicho seminario tendrá lugar el 23 de abril de 2007 a las 12:15 en
el Seminario del Departamento de Matemática Aplicada II.**