

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

Unidad responsable: 240 - ETSEIB - Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona  
Unidad que imparte: 715 - EIO - Departamento de Estadística e Investigación Operativa  
Curso: 2018  
Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN CADENA DE SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD (Plan 2014).  
(Unidad docente Optativa)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (Plan 2014). (Unidad docente Optativa)  
Créditos ECTS: 5 Idiomas docencia: Inglés

### Profesorado

Responsable: Codina Sancho, Esteve

### Horario de atención

Horario: Se definirá al comenzar el curso

### Capacidades previas

Conocimientos previos de análisis real y álgebra.  
Uso de lenguajes de programación orientados a computación \*técnico/científica (\*MATLAB y/o \*Python) o equivalentes.  
Conocimientos básicos de Investigación Operativa

### Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Específicas:

- CETM3. Conocimiento para la planificación, gestión y explotación de sistemas de transporte y movilidad, con capacidad para analizar los niveles de servicio a los usuarios, los costes de operación y los impactos sociales y medioambientales, tales como transporte público de pasajeros, tráfico y vehículo privado, transporte aéreo, transporte marítimo, transporte intermodal y movilidad urbana.
- CESC4. Conocer y saber aplicar las técnicas de modelización, optimización y simulación para la resolución de los problemas que suscita el diseño y la gestión de las cadenas de suministro.
- CETM2. Comprensión y capacidad de cuantificación de las variables fundamentales de sistemas de transporte y de movilidad que determinan la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de las infraestructuras de transporte y optimización del funcionamiento de estos sistemas.

### Metodologías docentes

El método docente combinará sesiones expositivas clásicas de contenidos (teoría) y sesiones de laboratorio/problemas como refuerzo/complemento de las sesiones de teoría. El método docente requiere de un material docente específico por el seguimiento de la asignatura y por la realización de las sesiones prácticas. Las sesiones expositivas relativas a los apartados 1 y 2 del temario se harán mayoritariamente con la ayuda de transparencias, mientras que las relativas a los apartados 3,4,5 incorporarán preferentemente el uso de pizarra. A lo largo del curso se irá presentando y siguiendo uno o más casos de estudio para ilustrar la aplicación en la práctica profesional de los contenidos de la asignatura.

### Objetivos de aprendizaje de la asignatura

Conocer los principales modelos de equilibrio utilizados en la planificación y diseño de sistemas de transporte de pasajeros (redes de tráfico y transporte público) y su relación con los problemas de optimización en redes, así como los algoritmos de optimización que se usan en la práctica. Conocer los principales elementos y principios de modelización

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

para crear instancias de los anteriores modelos. Efectuar iteraciones manualmente y con la ayuda de software adecuada, de los algoritmos de: a) Frank-Wolfe, b) \*Spiess. Integración, uso y papel de los anteriores modelos en las herramientas de planificación del transporte de pasajeros.

### Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 125h	Horas grupo grande:	0h	0.00%
	Horas grupo mediano:	30h	24.00%
	Horas grupo pequeño:	15h	12.00%
	Horas actividades dirigidas:	0h	0.00%
	Horas aprendizaje autónomo:	80h	64.00%

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

### Contenidos

#### Conceptos básicos de optimización no lineal

Dedicación: 25h

Grupo grande/Teoría: 6h  
Grupo mediano/Prácticas: 3h  
Grupo pequeño/Laboratorio: 0h  
Actividades dirigidas: 0h  
Aprendizaje autónomo: 16h

#### Descripción:

Elementos de un problema de optimización, función objetivo y constricciones. Convexitat. Introducción a la programación lineal y a los modelos de programación lineal. Problemas de optimización no lineales sin restricciones. Soluciones locales y globales. Condiciones de 1er orden y método del gradiente. Exploraciones lineales. Problemas de optimización con constricciones lineales. Condiciones de primer orden o de Karush-Kuhn y Tucker. Introducción a los problemas no lineales en redes. Algoritmos de caminos mínimos (recordatorio). Concepto de desigualdad variacional en  $R^n$ . Introducción a los lenguajes AMPL de modelización

#### Actividades vinculadas:

Entrega de un ejercicio consistente en la resolución de un problema de flujos no lineales sobre redes y análisis de la solución.  
Verificación de las condiciones de 1\*er orden

#### Objetivos específicos:

Resolver un problema de optimización lineal sencillo usando \*AMPL.  
Plantear las condiciones de Karush-Kuhn y Tucker por un problema no lineal y verificar si una solución las cumple.  
Aplicar manualmente algoritmos de caminos mínimos en redes de pequeña dimensión.  
Efectuar pasos manualmente del método del gradiente.  
Efectuar una exploración lineal.

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

Modelos en redes de tráfico. Equilibrio de Wardrop

Dedicación: 29h 10m

Grupo grande/Teoría: 7h

Grupo mediano/Prácticas: 3h 30m

Aprendizaje autónomo: 18h 40m

### Descripción:

El proceso en cuatro etapas en estudios de planificación de transporte (repaso). Modelización de los flujos de pasajeros y de tráfico en redes de transporte urbano. Elementos básicos: oferta, demanda y elementos comportamentales. Concepto de asignación. Elementos de modelización: zonificación y matriz origen-destino; representación de una red de transporte privado; capacidades y funciones de demora. El principio de equilibrio de usuario de Wardrop sobre una red general de transporte privado con demanda inelástica: separabilidad y formulación como problema de optimización sobre redes. Algoritmos solución basados en optimización y métodos heurísticos: asignación incremental. Método MSA. Características de las soluciones. Condiciones de unicidad en los flujos totales. Descripción de paquetes de software profesionales que incorporan los modelos de equilibrio.

### Actividades vinculadas:

Ejercicio: determinar flujos de equilibrio en redes de pequeña dimensión

### Objetivos específicos:

Conocer los elementos de modelización en redes de tráfico empleadas en planificación de transporte y por los modelos de equilibrio.

Efectuar iteraciones con el algoritmo de Frank-\*Wolfe y \*MSA.

Conocer los criterios de convergencia del algoritmo de Frank-\*Wolfe

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

<p>Modelos en redes de transporte público</p>	<p>Dedicación: 29h 10m Grupo grande/Teoría: 7h Grupo mediano/Prácticas: 3h 30m Aprendizaje autónomo: 18h 40m</p>
<p><b>Descripción:</b> Elementos de modelización: líneas, segmentos paradas y transbordos. Modelos por sistemas basados en frecuencias basados en mesas de horarios. Modelo PathFinder. Concepto de estrategia y modelización de la elección de líneas por parte de los viajeros. Conexión con el principio de equilibrio de Wardrop. Modelo de Spiess y Florian. Descripción de la congestión en sistemas de transporte público. Modelos de colas usados en las paradas. Frecuencia efectiva. Uso del método MSA. Descripción de paquetes de software profesionales que incorporan los modelos de transporte público.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b> Resolución de un problema de asignación en una red no congestionada. Uso del método de *Spiess.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Calcular frecuencias efectivas según un modelo de colas. Calcular demoras de esperas. Efectuar una asignación todo-o-nada pleno método PathFinder. Resolver a mano instancias del modelo de Spiess de asignación de pasajeros a líneas. Aplicación del método MSA por redes congestionadas</p>	
<p>Extensiones</p>	<p>Dedicación: 41h 40m Grupo grande/Teoría: 10h Grupo mediano/Prácticas: 5h Aprendizaje autónomo: 26h 40m</p>
<p><b>Descripción:</b> Modelos de demanda elástica y modelo de Beckman. Transformación de Gartner. Modelos combinados de asignación-distribución. Concepto de equilibrio estocástico. Modelos de asignación estocástica en redes de transporte privado. Algoritmo STOCH. Modelo de Fisk. Modelos avanzados de asignación. Modelos con interacciones y asimetrías entre vehículos de diferentes tipos establecimiento y formulación como desigualdad variacional. Métodos heurísticos para resolver interacciones y asimetrías. Método de diagonalización.</p> <p><b>Actividades vinculadas:</b> Ejercicio en clase de laboratorio y entrega de un informe</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Resolver a mano un pequeño modelo combinado de elección modal/asignación. Ejecutar el algoritmo de STOCH simplificado. Conocer y construir modelos de redes de tráfico con interacciones (asimétricos). Utilizar el método de diagonalización en redes de ejemplo.</p>	

## 250ST2131 - Modelos de Optimización de Redes de Transporte

### Sistema de calificación

40% Ejercicios de Laboratorio + 45% Examen Final + 15% Discusión de un caso de estudio

### Normas de realización de las actividades

Se permite un formulario de dos hojas y calculadora

### Bibliografía

#### Básica:

Sheffi, Yosef. Urban transportation networks : equilibrium analysis with mathematical programming methods. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1985. ISBN 0139397299.

Florian, Michael ; Hearn, Donald. "Network equilibrium models and algorithms". Handbooks in Operations Research and Management Science [en línea]. Volume 8. Chapter 6, 1995, Pages 485-550 [Consulta: 29/07/2014]. Disponible a: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927050705801100>>.

Fourer, Robert ; Gay, D.M.; Kernighan, B.W. AMPL a modeling language for mathematical programming. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Thomson/Brooks/Cole, 2003. ISBN 9780534388096.

Ortúzar S., Juan de Dios; Willumsen, Luis G. Modelling transport. 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9780470760390.

#### Complementaria:

Bertsekas, Dimitri P. Network optimization : continuous and discrete models. Belmont, MA: Athena Scientific, 1998. ISBN 1886529027.

Ahuja Ravindra K. et al. Network flows : theory, algorithms, and applications. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. ISBN 013617549X.

#### Otros recursos:

##### Material informático

Plataforma ATENEA

Recurso

Sistema AMPL Estudiant

Recurso