



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Telecomunicación

UPCT



GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA:
TEORÍA DE REDES DE TELECOMUNICACIONES
(TELECOMMUNICATION NETWORKS THEORY)

Titulación/es: Grado en Ingeniería Telemática

Curso: 2014-2015

Huella Digital: p9A8vtp3Z/B9GTNRciINellhC6Q=

Código seguro
de verificación

MrE6ec322uYWeTfSxkHRvm74Y



1. Datos de la asignatura

Nombre	Teoría de Redes de Telecomunicaciones				
Materia*	Teoría de Redes de Telecomunicaciones				
Módulo*	Común a la rama de Sistemas de Telecomunicación				
Código	505102009				
Titulación	Grado en Ingeniería Telemática				
Plan de estudios	2010				
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación				
Tipo	Común a la rama de Telecomunicaciones				
Periodo lectivo	Cuatrimestral	Cuatrimestre	C2	Curso	2º
Idioma	Español				
ECTS	6	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	180

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>



2. Datos del profesorado

Profesor responsable	María Victoria Bueno Delgado		
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
Área de conocimiento	Ingeniería Telemática		
Ubicación del despacho	Despacho 22, 1ª planta Edificio Antigones (ETSIT)		
Teléfono	968326505	Fax	968325973
Correo electrónico	mvictoria.bueno@upct.es		
URL / WEB	http://www.ait.upct.es/~mvbueno		
Horario de atención / Tutorías	Lunes 10:00-13:00 y 15:00-18:00		
Ubicación durante las tutorías	Despacho del profesor		

Perfil Docente e investigador	Profesora Universidad. Cat. Contratado Doctor, Dic. 2012. Ingeniera de Telecomunicación, Sept. 2004. Doctora en Telecomunicaciones, Mayo 2010.
Experiencia docente	Desde el curso 2005-2006. 1 quinquenio docente reconocido. Asignaturas impartidas (ETSIT-UPCT).
Líneas de Investigación	Planificación y optimización de redes de comunicaciones: redes de sensores, RFID, redes ópticas.
Experiencia profesional	Docente en otras asignaturas del área de conocimiento: Laboratorio de Redes y Servicio de Comunicaciones, Complementos de Telemática, Transmisión de datos, Laboratorio de Software de Comunicaciones, Tendencias de Ingeniería Telemática, Planificación y Gestión de Redes, Teoría de Redes de Telecomunicaciones
Otros temas de interés	Ver http://www.ait.upct.es/~mvbueno

Profesor	Juan Pedro Muñoz Gea		
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
Área de conocimiento	Ingeniería Telemática		
Ubicación del despacho	Despacho 40, 2ª plata Edificio Antigones (ETSIT)		
Teléfono	968338893	Fax	968325973
Correo electrónico	juanp.gea@upct.es		
URL / WEB	http://ait.upct.es/~juanpe		
Horario de atención / Tutorías	Miércoles de 9:00 a 12:00 y de 16:00 a 19:00		
Ubicación durante las tutorías	Despacho del profesor		



Perfil Docente e investigador	Profesor Contratado Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UPCT (2005) Doctor por la UPCT (2011)
Experiencia docente	Desde el curso 2008-2009. Asignaturas impartidas (ETSIT, UPCT): Redes y Servicios de Comunicaciones, Software de Comunicaciones, Conmutación, Teoría de Redes de Telecomunicaciones, Administración de Sistemas y Servicios Telemáticos Corporativos.
Líneas de Investigación	Grupo de Investigación de Ingeniería Telemática de la UPCT. Telemática, redes overlay, aplicaciones peer-to-peer, software-defined networking (SDN).
Otros temas de interés	Investigador visitante en: University College Dublin (UCD), Irlanda; Politecnico di Torino (POLITO), Italia; TELECOM Bretagne, Francia.

Profesor	Pablo Pavón Mariño		
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
Área de conocimiento	Ingeniería Telemática		
Ubicación del despacho	Despacho 18, 1ª planta Edificio Antigones (ETSIT)		
Teléfono	968325952	Fax	968325973
Correo electrónico	Pablo.pavon@upct.es		
URL / WEB	http://www.ait.upct.es/~ppavon		
Horario de atención / Tutorías	Martes 11:00 a 14:00 y de 16:00 a 19:00		
Ubicación durante las tutorías	Despacho del profesor		

Perfil Docente e investigador	Profesor Titular de Universidad. Ingeniero de Telecomunicación. Licenciado en Matemáticas. Doctor por la UPCT
Experiencia docente	Desde el curso 1999-2000.
Líneas de Investigación	Planificación, gestión y optimización de redes de comunicaciones
Experiencia profesional	Profesor Titular de Universidad. Ingeniero de Telecomunicación. Licenciado en Matemáticas. Doctor por la UPCT
Otros temas de interés	Ver http://www.ait.upct.es/~ppavon



Profesor	Juan Carlos Sanchez Aarnoutse		
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
Área de conocimiento	Ingeniería Telemática		
Ubicación del despacho	Despacho 32, 1ª planta ETSIT (Antigones)		
Teléfono	968 32 6554	Fax	968325973
Correo electrónico	Juanc.sanchez@upct.es		
URL / WEB			
Horario de atención / Tutorías	Miércoles y Jueves 10 a 12 h		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 32, 1ª planta ETSIT (Antigones)		

Perfil Docente e investigador	Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, UPCT. Doctor en Telecomunicaciones, UPCT. Profesor Colaborador
Experiencia docente	>10 años Docencia Ingeniería de Telecomunicaciones - Redes y Servicios de Comunicaciones – 3º curso - Ingeniería de Protocolos – Optativa 5º curso Docencia Ingeniería Tec. Telecomunicaciones: Telemática - Ingeniería de Protocolos – 3er curso - Arquitecturas de redes de Comunicaciones – 3er curso - Fundamentos de Telemática – 1er curso - Software de Comunicaciones – 2º curso - Laboratorio de Software de Comunicaciones – 2º curso
Líneas de Investigación	captura y análisis de tráfico, multicasting, Redes P2P, Redes smartgrid
Experiencia profesional	
Otros temas de interés	



3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

Esta asignatura tiene como objetivo desarrollar los aspectos básicos de la optimización de redes, y su aplicación a la resolución de problemas de encaminamiento de tráfico en redes, y al análisis de redes de comunicaciones en general. En esta asignatura se aprenderá a modelar los problemas de diseño de red, a extraer las propiedades del problema, a obtener una solución numérica y a analizar los resultados.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

En esta asignatura se intentará responder a preguntas como: “dadas unas ciertas especificaciones de una red...”, ¿qué capacidad deben tener los enlaces? ¿Cómo debo encaminar el tráfico en la red? ¿Qué enlaces debe tener mi red? ¿Dónde debo ubicar los nodos de mi red? Si el tráfico ofrecido excede la capacidad de la red, ¿qué cantidad de tráfico debo cursar de cada fuente? Tal que se optimicen medidas como: congestión en la red, costes de la red, retardos medios en la red, justicia en el reparto equitativo de ancho de banda. El alumno aprenderá las nociones básicas de las tareas de planificación de redes. Estas tareas son las habituales dentro de los departamentos de planificación de cualquier empresa operadora de red. Desde operadores internacionales, hasta pequeños operadores a nivel regional y local.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Esta asignatura se nutre de las asignaturas Álgebra, Cálculo I, Redes y Servicios de Telecomunicaciones y Fundamentos de Programación, que aportan conocimientos esenciales para cursar la asignatura. Además, sienta las bases para otras asignaturas posteriores, como Planificación y Gestión de Redes (3º GIT).

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

“No existen”

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda haber cursado las asignaturas: Álgebra, Cálculo I, Redes y Servicios de Telecomunicaciones y Fundamentos de Programación. Es recomendable que el alumno sepa programar en Java.

3.6. Medidas especiales previstas

Estudiantes discapacitados

Los alumnos en esta situación deberán hablar con el profesor de la asignatura. Se buscará la manera de adaptar los materiales y recursos utilizados, a las necesidades específicas

Estudiantes extranjeros

La bibliografía empleada en esta asignatura se encuentra en idioma inglés. Las clases de la asignatura serán impartidas en idioma español. Sin embargo, los alumnos que así lo requieran pueden dirigirse a los profesores de la asignatura en inglés.



4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

Competencias Específicas de formación Común a la rama de Telecomunicación

C1. Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.

C2. Capacidad de utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.

C3. Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.

C4. Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.

C6. Capacidad de concebir, desplegar, organizar y gestionar redes, sistemas, servicios e infraestructuras de telecomunicación en contextos residenciales (hogar, ciudad y comunidades digitales), empresariales o institucionales responsabilizándose de su puesta en marcha y mejora continua, así como conocer su impacto económico y social.

C13. Capacidad de diferenciar los conceptos de redes de acceso y transporte, redes de conmutación de circuitos y de paquetes, redes fijas y móviles, así como los sistemas y aplicaciones de red distribuidos, servicios de voz, datos, audio, video y servicios interactivos y multimedia.

C14. Conocimiento de los métodos de interconexión de redes y encaminamiento, así como los fundamentos de la planificación, dimensionado de redes en función de parámetros de tráfico.

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

COMPETENCIAS INSTRUMENTALES

- ☒ Ta1. Capacidad de análisis y síntesis
- ☒ Ta2. Capacidad de planificación, toma de decisiones
- ☐ Ta3. Comunicación oral y escrita en la lengua nativa



- ☐ Ta4. Conocimiento de una lengua extranjera
- ☒ Ta5. Resolución de problemas

COMPETENCIAS INTERPERSONALES

- ☒ Tb1. Trabajo en equipo
- ☐ Tb2. Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar
- ☒ Tb3. Habilidades en las relaciones interpersonales
- ☐ Tb4. Compromiso ético
- ☒ Tb5. Aprendizaje autónomo
- ☐ Tb6. Adaptación a nuevas situaciones
- ☐ Tb7. Sensibilización hacia temas medioambientales

COMPETENCIAS SISTÉMICAS

- ☒ Tc1. Creatividad e innovación
- ☐ Tc2. Liderazgo, iniciativa, espíritu emprendedor
- ☐ Tc3. Motivación por la calidad

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

1. Clasificar los problemas de optimización según varios criterios
2. Saber determinar si un programa es convexo
3. Dado un problema de optimización y una relajación, conocer el significado, la interpretación y saber calcular la función de Lagrange, los multiplicadores de Lagrange y la función dual.
4. Conocer las condiciones KKT y cuándo son aplicables
5. Conocer los elementos fundamentales que aparecen en un problema de diseño de redes: topología, capacidades de los enlaces, tráfico, encaminamiento
6. Conocer las medidas de prestaciones de redes
7. Conocer las formulaciones flujo-camino, flujo-enlace y destino-enlace del problema de encaminamiento
8. Conocer la formulación general de los problemas de asignación de capacidad
9. Conocer el contexto del problema del reparto de ancho de banda
10. Conocer el problema genérico de determinación de topologías

**** Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf



5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Interconexión de redes. Encaminamiento. Análisis para la planificación y dimensionamiento de flujos en redes

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

Unidad 0.- Introducción

0.1. Optimización y redes de comunicaciones

Unidad 1.- Fundamentos matemáticos de la optimización de redes

1.1. Antecedentes

1.1.1. Problemas de optimización

1.1.2. Clasificación de problemas de optimización

1.1.3. Programación lineal. Programación convexa. Programación no-lineal. Programación entera y entera-mixta

1.2. Conjuntos convexos. Funciones convexas. Programas convexos

1.2.1. Conjuntos convexos.

1.2.2. Funciones convexas

1.2.3. Programas convexos

1.3. Dualidad

1.3.1. La función de Lagrange

1.3.2. La función dual

1.3.3. El problema dual

1.4. Condiciones de optimalidad y análisis de sensibilidad

1.3.1. Condiciones de optimalidad

1.3.2. KKT y resolución analítica de problemas

1.3.3. Análisis de sensibilidad

Unidad 2.- Modelado de problemas de diseño de redes

2.1. Definiciones y notación

2.1.1. Topología

2.1.2. Capacidades

2.1.3. Demandas de tráfico

2.1.4. Encaminamiento

2.2. Medidas de prestaciones en redes

2.2.1. Medidas de prestaciones en la red

2.3. Encaminamiento

2.3.1. Formulación flujo-camino

2.3.2. Formulación flujo-enlace

2.3.3. Formulación destino-enlace

2.4. Asignación de capacidad

2.4.1. Problema de asignación de capacidad

2.5. Reparto de ancho de banda

2.5.1. Problema de reparto de ancho de banda

2.6. Asignación de topologías y problemas genéricos de diseño de redes



5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

Todas las prácticas a realizar:

- Se impartirán en un aula de informática o laboratorio.
- Serán “No obligatorias”
- Se impartirán en idioma Español.
- Se utilizarán las herramientas JOM (Java Optimization Modeller, <http://ait.upct.es/~ppavon/jom>) y Net2Plan (<http://www.net2plan.com>). JOM permite modelar fácilmente en un .java problemas de optimización y resolverlos llamando a solvers que tiene integrados. Los algoritmos desarrollados por el alumno se integrarán en Net2Plan y podrán obtener la solución numérica de problemas de diseño de red. Net2Plan es un entorno para probar algoritmos de diseños de redes.

Durante el curso se realizarán siete prácticas, con duración una o varias sesiones:

- Práctica 1.- Introducción a JOM
- Práctica 2.- Introducción a Net2Plan (I)
- Práctica 3.- Introducción a Net2Plan (II)
- Práctica 4.- Diseño de encaminamiento con herramienta Net2Plan
- Práctica 5.- Asignación de capacidad con Net2Plan
- Práctica 6.- Problema de encaminamiento y reparto de ancho de banda con herramienta Net2Plan
- Práctica 7.- Problemas de diseño de topologías de red con herramienta Net2Plan

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

Unit 0.- Introduction

0.1. Optimization and communication networks

Unit I.- Mathematical foundations of network optimization

- 1.1. Background
- 1.2. Convex sets. Convex functions. Convex programs.
- 1.3. Duality
- 1.4. Optimality conditions and sensitivity analysis

Unit II.- Modeling network design problems

- 2.1. Definitions and notation
- 2.2. Performance measures in networks
- 2.3. Routing
- 2.4. Capacity allocation
- 2.5. Bandwidth allocation
- 2.6. Topology assignment and generic problems of network design

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Unidad didáctica 0- Resultados del aprendizaje 1, detallado en la sección 4.5.

Unidad didáctica 1- Resultados del aprendizaje 2, 3 y 4 detallados en la sección 4.5.

Unidad didáctica 2-Resultados del aprendizaje 5,6,7,8,9, y 10 detallados en la sección 4.5.



6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva con intervención del alumno. Resolución de dudas planteadas por el estudiante.	<u>Presencial:</u> (P1) toma de apuntes, planteamiento de dudas	0.8
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de trabajos	1.6
Resolución de ejercicios y casos prácticos	Se plantean ejercicios cortos a resolver en clase, o problemas y casos de estudio que requieren trabajo del alumno fuera de clase.	<u>Presencial:</u> (P2) resolución en clase	0.2
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de trabajos	0.4
Prácticas de laboratorio	Se trabaja con los alumnos en el laboratorio, guiando las actividades de las sesiones de prácticas.	<u>Presencial:</u> (P3) Sesiones de prácticas	0.8
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de memorias	1.6
Asistencia a conferencias, seminarios, visitas guiadas		<u>Presencial:</u> (P4)	0
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de trabajos	0
Presentación de trabajos ante el profesor	Se pueden plantear uno o varios casos de estudio a resolver por el alumno. Los casos de estudio combinan material de teoría y de prácticas. La presentación de trabajos puede ser en forma de memorias y/o presentación expositiva.	<u>Presencial:</u> (P5) Toma de apuntes y planteamiento de dudas	0-5
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de memorias/presentaciones	0.1
Realización de pruebas de evaluación	Preparación y asistencia a pruebas de evaluación.	<u>Presencial:</u> (P6) asistencia al examen	0.15
		<u>No presencial:</u> (NP1) Estudio de la materia, (NP2) preparación de memorias	0.3
			6



6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)

Actividades formativas (6.1)	Resultados del aprendizaje (4.5)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Examen escrito en aula	X		Examen escrito. Necesaria una nota mínima de 3.5 sobre 10 para aprobar la asignatura.	50%	Todos
Examen en laboratorio	X		Examen en el laboratorio, empleando las herramientas utilizadas en las prácticas. En la convocatoria de junio el peso de este examen es del 40 %. En las de septiembre y febrero es del 50 %.	40-50%	Todos
Asistencia y aprovechamiento sesiones de laboratorio	X		Asistencia y aprovechamiento. En la convocatoria de junio un 10 % de la nota final de la asignatura es la asistencia a prácticas. En las convocatorias de septiembre y febrero es del 0 %.	0-10%	Todos
<p>Comentarios adicionales:</p> <p>Para aprobar la asignatura es necesaria una nota mínima de 3,5 sobre 10 en el examen final de teoría. La asistencia a prácticas no es obligatoria. En la convocatoria de junio hay un 10 % de la nota final de la asignatura que es asistencia a prácticas. No asistir a una sesión, implica perder simplemente la parte proporcional de ese 10 %. Además, en esta convocatoria de junio se puede conseguir hasta un 20 % de nota extra mediante la realización de trabajos opcionales planteados durante el curso. En las convocatorias de septiembre y febrero, el 50 % de la nota final procede del examen de teoría y el otro 50 % del examen individual de prácticas en el laboratorio. En caso de no realizarse el examen de prácticas, en la convocatoria de septiembre se hereda la nota de junio de este examen, y en la convocatoria de febrero se hereda la mayor entre las notas de junio y septiembre de este examen.</p>					

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)



8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- Apuntes y transparencias del profesor
- Boletines de problemas
- M. Pioro, D. Medhi, "Routing, Flow and Capacity Design in Communication and Computer Networks", Elsevier, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

8.2. Bibliografía complementaria*

S. Boyd, L. Vandenberghe, "Convex optimization", Cambridge University Press, 2004.

8.3. Recursos en red y otros recursos

<http://ait.upct.es/~ppavon/jom/>

<http://www.net2plan.com/>

