

## **Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación** **30320 - Planificación y dimensionado de redes**

**Guía docente para el curso 2015 - 2016**

**Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **José García Moros** [jogarmo@unizar.es](mailto:jogarmo@unizar.es)

- **María Ángela Hernández Solana** [anhersol@unizar.es](mailto:anhersol@unizar.es)

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

El profesorado encargado de la asignatura pertenece al Área de Ingeniería Telemática.

Para seguir con normalidad esta asignatura es recomendable que el alumno disponga de conocimientos básicos de redes de comunicaciones, y por tanto que haya cursado las asignaturas Fundamentos de redes y Tecnologías e interconexión de redes.

Por otro lado se recomienda al alumno la asistencia activa a clase (tanto de teoría como de problemas). Del mismo modo se recomienda al alumno el aprovechamiento y respeto de los horarios de tutorías del profesorado para la resolución de posibles dudas de la asignatura y un correcto seguimiento de la misma. Además, la asignatura presenta actividades prácticas de laboratorio de asistencia obligatoria.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

La asignatura se imparte en el primer semestre del tercer curso de la titulación. Entre las principales actividades previstas se encuentran: la exposición de los contenidos teóricos, el planteamiento y resolución de problemas o supuestos prácticos en clase, y prácticas de laboratorio, que requieren trabajos previos y posteriores, relacionadas con contenidos de la asignatura. Todo ello con objeto de facilitar la comprensión y asimilación de los conceptos básicos de planificación y dimensionado de redes.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio se harán públicas atendiendo a los horarios fijados por la Escuela, al comienzo del curso académico.

---

### **Inicio**

---

### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

## **El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

R1. Conoce los fundamentos de la planificación y dimensionado de redes en función de parámetros de tráfico.

**2:**

R2. Conoce y sabe aplicar herramientas básicas de modelado y evaluación de sistemas y sabe dimensionar redes de comunicaciones.

**3:**

R3. Es capaz de evaluar sistemas de comunicaciones basados en modelos markovianos y semi-markovianos, sistemas de colas con prioridades, con desbordamiento y sistemas de colas abiertos.

**4:**

R4. Es capaz de llevar a cabo las estimaciones necesarias para la planificación y dimensionado de redes fijas y móviles, de conmutación de circuitos y de paquetes, mediante software de simulación.

**5:**

R5. Es capaz de calcular mediante métodos aproximados la probabilidad de bloqueo de un conmutador de circuitos y aplicarlo a sistemas digitales, y de analizar el funcionamiento mediante software de simulación.

**6:**

R6. Identifica, modela y plantea problemas a partir de situaciones abiertas. Explora y aplica las alternativas para su resolución. Maneja aproximaciones.

## **Introducción**

### **Breve presentación de la asignatura**

La asignatura Planificación y dimensionado de redes se enmarca dentro de la materia Redes, Sistemas y Servicios del Módulo Común a la Rama de Telecomunicación, que engloba otras cuatro asignaturas más con las cuales guarda estrecha relación. Concretamente, se trata de la tercera asignatura de dicha materia, tras Fundamentos de Redes y Tecnologías e Interconexión de Redes.

En esta asignatura tiene como objetivo proporcionar los fundamentos del análisis de prestaciones, planificación y dimensionado de las redes introducidas en las asignaturas previas, en función de los parámetros de tráfico. Todo ello se basará en herramientas matemáticas (teoría de colas y teletráfico).

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, que se distribuyen en sesiones presenciales de presentaciones teóricas, clases de problemas, prácticas de laboratorio y actividades de trabajo personal del estudiante.

---

## **Contexto y competencias**

---

### **Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura**

#### **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

El objetivo general de esta asignatura es que el alumno conozca los fundamentos y sea capaz de utilizar herramientas de análisis de prestaciones, planificación y dimensionado de redes de telecomunicaciones. Para ello, se presentan en primer lugar los fundamentos de la planificación y dimensionado de redes. Posteriormente, las herramientas básicas de modelado y evaluación de sistemas basadas en teoría de colas (modelos markovianos y semi-markovianos, ... ). A continuación, se aplican dichas herramientas al análisis de protocolos de acceso al medio, al dimensionado de redes de conmutación de circuitos y redes de conmutación de paquetes, y al análisis de prestaciones de mecanismos de control de tráfico.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura forma parte de la materia denominada *Redes, Sistemas y Servicios* que cubre competencias de formación común a la rama de Telecomunicación de la titulación del grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Esta titulación habilita para la profesión de ingeniero técnico de telecomunicación en las tecnologías específicas de sistemas de telecomunicación, telemática, sistemas electrónicos y sonido e imagen. Los 4 itinerarios comparten 60 créditos del módulo de formación común al que pertenece dicha asignatura.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura servirán de base en otras asignaturas de los diferentes itinerarios del Grado en las que también se abordará la problemática de planificación, dimensionado y análisis en ámbitos específicos. Por ejemplo, en las asignaturas *Redes Móviles*, *Redes de Acceso y Redes de Transporte* del itinerario de Telemática, en asignaturas como *Sistemas de Radiocomunicación y Servicios* y *Sistemas de Telecomunicación* del itinerario de Sistemas de Telecomunicación y en la asignatura de Gestión de Proyectos de Telecomunicación.

### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** (C4) Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 2:** (C6) Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 3:** (C10) Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 4:** (C11) Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.
- 5:** (CRT1) Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación
- 6:** (CRT2) 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
- 7:** (CRT6) 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.
- 8:** (CRT13) 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, vídeo y servicios interactivos y multimedia.
- 9:** (CRT14) Conocer los métodos de interconexión de redes y encaminamiento, así como los fundamentos de la planificación, dimensionado de redes en función de parámetros de tráfico.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La comprensión de *Planificación y Dimensionado de Redes*, así como de los principios en los que esta materia se sustenta es imprescindible para el ejercicio de las competencias de un graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, por lo que las capacidades adquiridas en esta asignatura serán de gran utilidad para su formación.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación práctica recibida en el laboratorio, pues introduce por primera vez al

estudiante en las herramientas de simulación de redes de comunicaciones.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

El alumno dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:

**E1: Examen final (80%).** Puntuación de 0 a 10 puntos. Se trata de un examen escrito que consta de un conjunto de problemas. Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 5 puntos sobre 10, como resultado de la suma del examen final E1 y de la nota asociada a las pruebas de resolución de problemas E3, y adicionalmente una puntuación mínima de más de 4.5 puntos en el examen final E1. Mediante esta prueba se evalúan los resultados de aprendizaje desde R1 a R5.

**E2: Prácticas (20%):** Puntuación de 0 a 10 puntos. La realización de las prácticas de laboratorio en las sesiones programadas durante el curso es obligatoria para todos los alumnos. La evaluación se realizará mediante la presentación de estudios o trabajos previos cuando estos sean necesarios para el desarrollo de la práctica, el informe de seguimiento de la misma y la resolución de una serie de cuestiones al finalizar la práctica (unidad completa de una o más sesiones). Estas pruebas tienen por objeto evaluar todas las competencias de la asignatura, con especial énfasis en las competencias C6, CRT2 y CRT14 y los resultados de aprendizaje R6. La calificación de estas pruebas representará el 20% de la nota final y para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima en las mismas de 5 puntos sobre 10.

Dado el carácter excepcionalmente práctico de esta parte de la asignatura, así como la necesidad del uso de material específico de laboratorio, el sistema de evaluación de la misma se regirá por la modalidad de evaluación continua (Según Art. 9.4 del Reglamento de Evaluación) y su nota tendrá vigencia en todas y cada una de las evaluaciones globales de la asignatura, que sólo contemplarán, en consecuencia, el examen final ya indicado.

**E3: Resolución de problemas (5% adicional a la nota del examen final E1).** Puntuación de 0 a 10 puntos de la prueba. A lo largo del curso se realizará una prueba basada en la resolución de uno o varios problemas análogos a los del examen final, para evaluar los resultados de aprendizaje R1 a R5. La calificación de esta prueba aporta un 5% adicional a la nota del examen final, siempre y cuando se obtenga una puntuación en ella superior a 5 puntos. Esta prueba tendrá carácter voluntario para los alumnos y será anunciada con suficiente antelación durante el curso.

**En resumen:**

La nota final se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0,8x(E1+ 0,05xE3) + 0,2xE2$$

siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

Condición 1:  $\{0,8x(E1+ 0,05xE3) + 0,2xE2\} \geq 5$

Condición 2:  $(E1+0,05xE3) \geq 5$

Condición 3:  $E1 \geq 4,5$  y  $E2 \geq 5$

Condición 4:  $E3 \geq 5$

Si no se cumplen las condiciones anteriores, en la nota final figurará suspenso con la calificación de Min (E1; 0,8xE1+0,2xE2)

Las notas de E2 y E3 se mantendrán para su cómputo en la siguiente convocatoria del mismo año académico.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se realizarán para conseguir los resultados de aprendizaje propuestos son las siguientes:

**M1: Clase magistral participativa** (32 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura, combinada con la participación activa del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Esta metodología, apoyada con el estudio individual del alumno (M14) está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura.

**M8: Prácticas de aula** (16 horas). Resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, con posibilidad de exposición de los mismos por parte de los alumnos de forma individual o en grupos autorizada por el profesor. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial, y puede exigir trabajo de preparación por parte de los alumnos (M13).

**M9: Prácticas de laboratorio** (12 horas). Los alumnos realizarán sesiones de prácticas de 2 horas de duración cada semana. Esta actividad se realizará de forma presencial en el Laboratorio de Prácticas 2.03 (Laboratorio de Telemática), del edificio Ada Byron. El trabajo a desarrollar se realizará mediante herramientas de simulación de red para resolver aspectos relacionados con los conceptos teóricos presentados en las clases magistrales y prácticas de aula. Cada práctica completa (considerada como unidad) podrá constar de una o más sesiones. Se requerirá la presentación de estudios o trabajos previos cuando éstos sean necesarios para el desarrollo de la práctica (M13) y la resolución de un breve cuestionario al finalizar (M15). En las sesiones de laboratorio los alumnos aprenderán a utilizar herramientas de simulación y análisis de redes.

**M10: Tutoría.** Horario de atención personalizada al alumno con el objetivo de revisar y discutir los conceptos presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.

**M11: Evaluación.** Conjunto de pruebas teórico-prácticas y presentación de informes o cuestionarios utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle de la evaluación se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

#### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

**1:**

Sesiones teórico/prácticas cuyos contenidos principales se organizan en las siguientes unidades temáticas:

#### **Bloque 0. Introducción.**

Presentación de la asignatura. Introducción al problema de la planificación, dimensionado y análisis de redes de comunicaciones.

#### **Bloque 1. Herramientas matemáticas**

- *Evaluación basada en modelos matemáticos.* Teoría de colas: Características generales, tipos de problemas y notación. Notación de Kendall. Objetivos de evaluación y parámetros relacionados.

- Relación de Little
- Modelos basados en Cadenas de Markov. Modelado estadístico. Procesos Markovianos. Cadena de Markov en Tiempo Discreto. Resolución y propiedades. Cadena de Markov en Tiempo Continuo. Resolución y propiedades.
- Caracterización de Procesos de Llegada. Procesos de Poisson. Procesos de nacimiento puro continuos en el tiempo. Proceso Binomial. Procesos de nacimiento puro discretos en el tiempo.
- Principio de PASTA
- Caracterización Tiempo de Servicio
- Caracterización del Tráfico. Fuentes On-Off. N fuentes On-Off
- Análisis de prestaciones. Cola M/M/1. Cola M/D/1

## **Bloque 2. Análisis de métodos de acceso al medio en redes de difusión**

- Análisis de prestaciones de protocolos de acceso aleatorios. ALOHA, ALOHA-Ranurado, CSMA, CSMA-CD.

## **Bloque 3. Dimensionado de redes de conmutación de circuitos**

- Dimensionado de redes de transporte. Problemática en redes fijas. Dimensionado de enlaces y diseño de conmutadores.
- Dimensionado de los sistemas de conmutación de circuitos con bloqueo. Evaluación de los sistemas de pérdidas: Erlang B. Caso particular de infinitos servidores. Ejemplos de aplicación. Aspectos de dimensionado.
- Sistemas con desbordamiento.
- Dimensionado de los sistemas de conmutación de circuitos con llamadas en espera. Erlang C.
- Dimensionado de los sistemas de conmutación de circuitos con población finita.
- Diseño de conmutadores. Fundamentos de dimensionado de las estructuras de conmutación mediante análisis de la probabilidad de bloqueo.
- Planificación y dimensionado de redes móviles celulares.

## **Bloque 4. Dimensionado de redes de conmutación de paquetes**

- Dimensionado de enlaces de transporte. Problemática del dimensionado. Resumen del sistema M/M/m.
- Análisis de procesos con tiempos de servicio genéricos. Sistemas semi-markovianos. Evaluación del sistema M/G/1. Sistema M/G/1 con vacaciones. Aplicación al análisis de protocolos de recuperación de errores, protocolos de acceso.
- Análisis de sistemas con asignación de prioridades en el tráfico. Sistema M/G/1 con prioridades. Prioridad sin interrupción. Prioridad con interrupción.
- Sistemas de colas abiertos. Nodos de redes de datos. Colas en tandem. Teorema de Burke. Principio de independencia de Kleinrock. Sistemas con realimentación.
- Planificación y dimensionado de redes de conmutación de paquetes. Dimensionado de los enlaces. Cálculo del retardo medio de la red.

## **Bloque 5. Aplicación de la teoría de colas al control de tráfico.**

- Aplicación de la teoría de colas al control de tráfico. Aplicación en el control de admisión. Aplicación en la regulación del tráfico.

2:

Sesiones presenciales de laboratorio, que tienen por objeto el desarrollo de las técnicas y procedimientos vistos en las sesiones teóricas y de problemas. Las prácticas de laboratorio se organizan en 6 sesiones de 2 horas de duración cada una de ellas. Con carácter previo a la práctica de laboratorio, los alumnos realizarán un estudio previo cuando sea necesario para el desarrollo de la misma. Al finalizar la práctica, los alumnos resolverán un breve cuestionario para evaluar el grado de comprensión de los conceptos estudiados.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de la asignatura, tanto de las horas presenciales en aula (48 horas), como las sesiones de laboratorio (12 horas) estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

Las fechas para la realización de las pruebas basadas en la resolución de problemas (E3) y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

## Bibliografía y Recursos

Como colección de apuntes se recomienda:

- Apuntes de Teoría de Colas.
- Transparencias de la asignatura.
- Colección de problemas de la asignatura.

Como bibliografía se recomienda:

- AKIMARU and KAWASHIMA. "Teletraffic, Theory and Applications". Springer-Verlag 1993.
- LEONARD KLEINROCK. "Queueing Systems", Wiley & Sons. 1975
- M. SCHWARTZ. "Telecommunication Networks, Protocols, Modeling and Analysis". Addison-Wesley, 1994.
- BERTSEKAS GALLAGER. "Data Networks". Prentice Hall 1992.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

1. Akimaru, Haruo. Teletraffic : Theory and applications / Haruo Akimaru, Konosuke Kawasima Springer Verlag, 1993
2. Kleinrock, Leonard. Queueing systems : problems and solutions / Leonard Kleinrock, Richard Gail New York [etc.] : John Wiley and Sons, cop. 1996
3. Schwartz, Mischa. Telecommunication networks : Protocols, modeling and analysis / Mischa Schwartz . - [1st ed.], repr. with corrections Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, 1988
4. Bertsekas, Dimitri P.. Data networks / Dimitri Bertsekas, Robert Gallager . - 2nd ed. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, cop. 1992