

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	TELETRÁFICO Y CALIDAD DE SERVICIO		
<b>Materia</b>	COMPLEMENTOS DE TELEMÁTICA PARA GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN MENCIÓN EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Módulo</b>			
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	716	<b>Código</b>	53802
<b>Periodo de impartición</b>	1 <sup>er</sup> . CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA*
<b>Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	LUISA M. REGUERAS SANTOS, MARÍA JESÚS VERDÚ PÉREZ		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 3982/ ext. 3707, E-MAIL: luireg@tel.uva.es, marver@tel.uva.es		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	15 de julio de 2022		

(\*) Esta asignatura es optativa a nivel de título, pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación y Mención en Sistemas Electrónicos, por la Universidad de Valladolid.

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

En la actualidad, se tiende a una convergencia de los servicios de datos, voz y video en tiempo real sobre Internet. El aumento en el número y variedad de aplicaciones y servicios soportados por las redes de comunicaciones conlleva a una saturación y congestión de las mismas en determinados momentos, lo que produce una degradación en el rendimiento de la red. Para asegurar la calidad de servicio necesaria para éstas y otras aplicaciones, no es suficiente con la continua expansión de capacidad de la red. Es en este contexto, donde las técnicas de calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) y las potencialidades de la ingeniería de teletráfico se hacen fundamentales.

En esta asignatura se va a abordar el objetivo de cómo determinar qué capacidades han de tener las redes de comunicaciones (y qué recursos necesitan para alcanzarlas) si se quiere lograr un determinado nivel de calidad de servicio en los servicios por ellas ofrecidos. Para ello, es necesario conocer los modelos matemáticos que rigen el funcionamiento de las redes de comunicaciones los cuales permiten evaluar cuantitativamente alternativas de diseño y la planificación de los recursos que éstas requieren. Asimismo, es importante conocer cuáles son los requisitos arquitectónicos que han de cumplir las redes de datos para poder garantizar diferentes niveles de calidad de servicio y cómo dichos requisitos se plasman en casos concretos, con especial énfasis en el caso de las redes de datos TCP/IP.

De manera más concreta, esta asignatura introduce al estudiante en:

- La Ingeniería de Teletráfico, entendida ésta como la disciplina que consiste en la “aplicación del cálculo de probabilidades para solucionar problemas de planificación, prestaciones, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones”. La ingeniería de teletráfico involucra multitud de técnicas, si bien únicamente dos se tratarán en esta asignatura: la Teoría de Colas y la Simulación. Dichas técnicas se han elegido porque los modelos en los que se basan son de una complejidad abordable por un estudiante de complemento de formación de máster y porque permiten, a su vez, identificar/discutir/analizar los compromisos básicos que el ingeniero de telecomunicación ha de tener presentes a la hora de diseñar/planificar/evaluar/gestionar una red de datos.
- Las alternativas arquitectónicas en el ámbito de las redes TCP/IP para la provisión de niveles de calidad de servicio. La asignatura revisará las propuestas estándar del IETF (*Internet Engineering Task Force*): IntServ, DiffServ, MPLS, encaminamiento basado en restricciones (*constraint-based routing*), centrándose especialmente en *DiffServ*.

### 1.2 Relación con otras materias

---

Esta asignatura proporciona competencias que no han sido desarrolladas en el plan de estudios del “Grado en Tecnologías Específicas de Telecomunicación - Mención en Sistemas de Telecomunicación y Mención en Sistemas Electrónicos” y que son necesarias para poder abordar adecuadamente la materia “Infraestructuras, redes y servicios” del Máster.

### 1.3 Prerrequisitos

---



No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, al margen de las propias del título para la vía de acceso para graduados en “Tecnologías Específicas de Telecomunicación - Mención en Sistemas de Telecomunicación y Mención en Sistemas Electrónicos”.



## **2. Competencias**

---

### **2.1 Generales**

---

- Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y multilingüe, responsabilizándose de la dirección de actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad y consiguiendo resultados eficaces.
- Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.

### **2.2 Específicas**

---

- Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos, móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.
- Capacidad de describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles de una arquitectura de redes.
- Capacidad de diseñar arquitecturas de redes y servicios telemáticos.



### 3. Objetivos

---

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer, comprender y aplicar las técnicas cuantitativas básicas involucradas en la planificación, dimensionamiento y análisis de redes y servicios telemáticos.
- Comprender las soluciones de compromiso involucradas en el diseño de los protocolos y arquitecturas de comunicaciones de redes telemáticas.



#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Teletráfico

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3

##### a. Contextualización y justificación

Este primer bloque aborda distintos métodos para calcular o predecir el comportamiento (rendimiento) de una red de comunicaciones: el modelado analítico y la simulación. Así, en este bloque se incluyen los modelos matemáticos que rigen el funcionamiento de las redes de comunicaciones los cuales permiten evaluar cuantitativamente alternativas de diseño y la planificación de los recursos que éstas requieren.

##### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Comparar las ventajas e inconvenientes de la aplicación de la Teoría de Colas y la Simulación al estudio cuantitativo de las características de una red telemática.
- Identificar qué aspectos de una red de datos pueden ser modelados mediante sistemas/redes de colas.
- Identificar los elementos principales de un sistema/red de colas.
- Modelar matemáticamente un sistema de colas.
- Comparar diversos tipos de modelos de sistemas/redes de colas.
- Resolver problemas de planificación y dimensionamiento de redes de datos mediante la aplicación de resultados de teoría de colas.
- Utilizar una herramienta de simulación para analizar el comportamiento y rendimiento de una red.

##### c. Contenidos

###### TEMA 1: Introducción a la Ingeniería de Teletráfico

- 1.1 ¿Qué es la ingeniería de teletráfico?
- 1.2 Conceptos básicos
- 1.3 Técnicas de ingeniería de teletráfico: teoría de colas y simulación

###### TEMA 2: Modelado analítico: Teoría de Colas

- 2.1 Introducción
- 2.2 Modelos de colas

###### TEMA 3: Simulación en redes telemáticas

- 3.1 Introducción
- 3.2 Modelos de simulación
- 3.3 Herramientas de simulación

**Práctica de simulación:** Control de congestión en TCP



**d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa.
- Estudio de casos en el laboratorio.
- Resolución de problemas.

**e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

**f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Informes sobre el trabajo de las sesiones de laboratorio.
- Resolución de problemas en el aula, cuya fecha de realización se anunciará convenientemente en el plan de trabajo de la asignatura y en el calendario del Campus Virtual UVa.

**g. Material docente**

---

**g.1 Bibliografía básica**

---

- Iversen, V. B. (2015). *Teletraffic engineering and network planning*. DTU Fotonik. . Disponible en [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/118473571/Teletraffic\\_34342\\_V\\_B\\_Iversen\\_2015.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/118473571/Teletraffic_34342_V_B_Iversen_2015.pdf)
- Pazos Arias, J. J., Suárez González, A., & Díaz Redondo, R. P. (2008). *Teoría de colas y simulación de eventos discretos*. Pearson Prentice Hall.

**g.2 Bibliografía complementaria**

---

- Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems, vol. I: Theory*, Wiley Interscience.
- Fall, K. R., & Stevens, W. R. (2015). *TCP/IP illustrated. 1, The protocols* (2nd ed.). Addison-Wesley.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente* (7th ed.). Pearson..

**g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

---

Ninguno.

**h. Recursos necesarios**

---

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Ordenadores y software específico para la realización de las prácticas.
- Material y documentación de apoyo.

### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3 ECTS	Semanas 1 a 8

## Bloque 2: Calidad de Servicio

Carga de trabajo en créditos ECTS:

### a. Contextualización y justificación

Este bloque presenta los conceptos, técnicas y estándares principales relacionados con la provisión de calidad de servicios en redes telemáticas y, más concretamente, en redes TCP/IP. Este bloque complementa el anterior, de orientación más teórica y conceptual, con una visión más centrada en soluciones tecnológicas concretas. Se pretende de esta manera que el alumno pueda apreciar la aplicación práctica de los conceptos y técnicas de Ingeniería de Teletráfico introducidos en la asignatura.

### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Explicar el concepto de la calidad de calidad de servicio en Internet.
- Describir los mecanismos para optimizar el rendimiento de Internet.
- Describir los mecanismos de planificación y supervisión del tráfico en redes telemáticas.
- Comparar las diferentes tecnologías que permiten ofrecer Calidad de Servicio en Internet.
- Analizar de forma crítica nuevas tendencias en Calidad de Servicio.
- Utilizar una herramienta de simulación para analizar el comportamiento de diferentes tecnologías QoS.

### c. Contenidos

#### TEMA 4: Calidad de Servicio

- 4.1 Definición y Conceptos QoS
- 4.2 Parámetros y Requerimientos QoS
- 4.3 Calidad de Servicio en Internet

#### TEMA 5: Tecnologías QoS

- 5.1 Introducción
- 5.2 IntServ



5.3 DiffServ

5.4 MPLS

5.5 Ingeniería de tráfico en Internet

---

#### **d. Métodos docentes**

- Clase magistral participativa
- Estudio de casos en aula y en laboratorio.

---

#### **e. Plan de trabajo**

Véase el Anexo I.

---

#### **f. Evaluación**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Informes sobre el trabajo de las sesiones de laboratorio.
- Resolución de estudios de casos en el aula, cuya fecha de realización se anunciará convenientemente en el plan de trabajo de la asignatura y en el calendario del Campus Virtual UVa.

---

#### **g Material docente**

---

##### **g.1 Bibliografía básica**

- Evans J., & Filsfils, C. (2007). *Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks*. Morgan Kaufmann.
- Wang, Z. (2001). *Internet QoS: architectures and mechanisms for quality of service*. Morgan Kaufmann.

---

##### **g.2 Bibliografía complementaria**

- Marchese, M. (2008). *QoS over Heterogeneous Networks*. John Wiley & Sons.
- Forouzan, B. A. (2013). *Data Communications and Networking*. 5<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill.
- Perros, H. G. (2005). *Connection-Oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Networks*. John Wiley & Sons.
- RFCs, disponibles on-line en [www.ietf.org/rfc.html](http://www.ietf.org/rfc.html)

---

##### **g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)**

Ninguno.

---

#### **h. Recursos necesarios**



Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Ordenadores y software específico para la realización de las prácticas.
- Material y documentación de apoyo.

#### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3 ECTS	Semanas 8 a 15

#### 5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clase magistral participativa.
- Estudio de casos en aula y/o laboratorio.
- Resolución de problemas.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	24	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)		Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo			
Seminarios (S)	16		
Tutorías grupales (TG)			
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)			
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Informes de prácticas de laboratorio (L)	50%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 5 puntos sobre 10.
Resolución de problemas y casos de estudio (R)	50%	En algunas sesiones de aula (cuya fecha se anunciará al comienzo de la asignatura) se realizarán problemas y/o estudios de casos que serán recogidos y evaluados. Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 5 puntos sobre 10.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Se requiere una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 en cada instrumento de evaluación
  - En el caso de que un alumno no alcance la calificación mínima fijada en alguno de los dos instrumentos de evaluación (L y R), su calificación global se calculará como mínimo( $4; 0,5 \cdot L + 0,5 \cdot R$ ).
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en "Informes de prácticas de laboratorio" y "Resolución de problemas y casos de estudio" en ese mismo curso académico siempre que su calificación sea superior a 5 puntos sobre 10.
  - Se realizará un examen escrito para superar aquella parte cuya calificación haya sido inferior a 5. Este examen supondrá el 50% de la nota (si sólo hay una parte no superada) o el 100% (si son las dos).



(\*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.

Art 35.4 del ROA 35.4. La participación en la convocatoria extraordinaria no quedará sujeta a la asistencia a clase ni a la presencia en pruebas anteriores, salvo en los casos de prácticas externas, laboratorios u otras actividades cuya evaluación no fuera posible sin la previa realización de las mencionadas pruebas.

<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

## 8. Consideraciones finales

El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.



