

**Proyecto/Guía docente de la asignatura Adaptada a la Nueva Normalidad**

|  |  |                      |                           |
|--|--|----------------------|---------------------------|
| <b>Asignatura</b>                              | CALIDAD DE SERVICIO EN REDES DE COMUNICACIONES   |                      |                           |
| <b>Materia</b>                                 | COMPLEMENTOS DE TELEMÁTICA PARA GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN MENCIÓN EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN |                      |                           |
| <b>Módulo</b>                                  |  |                      |                           |
| <b>Titulación</b>                              | MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN   |                      |                           |
| <b>Plan</b>                                    | 544  | <b>Código</b>        | 53797                     |
| <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<br>MARÍA JESÚS VERDÚ PÉREZ  |                      |                           |
| <b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b> | TELÉFONO: 983 423000 ext. 3982/ ext. 3707<br>E-MAIL: luireg@tel.uva.es, marver@tel.uva.es  |                      |                           |
| <b>Departamento</b>                            | TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA  |                      |                           |

(\*) 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.



## **1. Situación / Sentido de la Asignatura**

---

### **1.1 Contextualización**

---

Es un hecho observable hoy en día, la incorporación cada vez mayor de componentes multimedia en las aplicaciones telemáticas. El empleo de esas componentes supone la imposición de nuevos requisitos en las arquitecturas telemáticas. Por ejemplo, la sustitución de la arquitectura TCP/IP, por la arquitectura UDP/IP, para el intercambio de información multimedia. Respecto a la capa de red, se imponen nuevos requisitos, en cuanto a la limitación a los valores máximos de los parámetros de retardo extremo a extremo y porcentaje de pérdida de paquetes, que permiten una mejora de la Calidad de Servicio (*Quality of Service*, QoS). Para ello, es necesario aplicar diferentes enfoques, tales como, basados en Servicios Integrados o en Servicios Diferenciados, que incorporan los mecanismos necesarios para la consecución de esos requisitos.

Por otro lado, la Ingeniería de Teletráfico, consiste en la “aplicación del cálculo de probabilidades para solucionar problemas de planificación, prestaciones, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones”. Un aspecto a tener en cuenta en la mejora de QoS es la incorporación de recursos de red, que permitan el cumplimiento de los requisitos de tiempo y pérdida de paquetes. En Ingeniería de Teletráfico, se plantean modelos matemáticos del funcionamiento de las redes telemáticas, que permiten obtener la cuantificación de dichos recursos de red. De esta manera, se pueden comparar diferentes alternativas de diseño de redes, en cuanto a su rendimiento y al coste de utilización de recursos de red. Por tanto, se abordará en esta asignatura los diferentes enfoques para el cumplimiento de los requisitos de QoS, como también las técnicas empleadas en Ingeniería de Teletráfico para el dimensionamiento de las redes telemáticas.

### **1.2 Relación con otras materias**

---

Esta asignatura está especialmente relacionada con “Protocolos, redes y servicios telemáticos avanzados” del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, puesto que proporciona una introducción al análisis cuantitativo de los protocolos de comunicaciones en redes telemáticas, los cuales son abordados en ellas de manera descriptiva y cualitativa.

### **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”.

Dado el escenario de "nueva normalidad" y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o se podrán utilizar herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.

## 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 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 para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los servicios telemáticos. 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 los distintos métodos para calcular o predecir el comportamiento (rendimiento o *performance*) 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

---

- V. B. Iversen. *Teletraffic Engineering and Network Planning*, Technical University of Denmark, 2011. Disponible en [ftp://ftp.dei.polimi.it/users/Flaminio.Borgonovo/Teoria/teletraffic\\_iversen.pdf](ftp://ftp.dei.polimi.it/users/Flaminio.Borgonovo/Teoria/teletraffic_iversen.pdf)
- J. J. Pazos, A. Suárez & R. Díaz. *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*, Prentice-Hall, 2003. ISBN: 84-205-3675-X.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- K. R. Fall & W. R. Stevens. *TCP/IP Illustrated: The Protocols v. 1*, 2nd. ed., Addison-Wesley Professional Computing, 2012. ISBN: 0201633469.
- J. F. Kurose & K. W. Ross. *Redes de computadoras: Un enfoque descendente*, 5a. ed., Pearson, 2011. ISBN: 978-84-7829-119-9.

##### 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 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

---

- Z. Wang, *Internet QoS. Architectures and Mechanisms for Quality of Service*, Morgan Kaufmann, 2001. ISBN: 1-55860-608-4.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- 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

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente. Se recomienda la evaluación continua ya que implica minimizar los cambios en la agenda.

| 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.<br>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  $\text{mínimo}(4; 0,5 \cdot L + 0,5 \cdot R)$ .
- **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).



## 8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.
- En los bloques de la asignatura se utilizan herramientas docentes online para la docencia y/o la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.



**Adenda a la Guía Docente de la asignatura****A4. Contenidos y/o bloques temáticos****Bloque 1: Teletráfico**Carga de trabajo en créditos ECTS: **c. Contenidos Adaptados a formación online**

No se requiere adaptación (véase apartado 4.Bloque 1.c)

**d. Métodos docentes online**

- Clase magistral participativa por videoconferencia.
- Estudio de casos (prácticas con apoyo por videoconferencia).
- Resolución de problemas (con apoyo por videoconferencia).

**e. Plan de trabajo online**

Véase el Anexo I.

**f. Evaluación online**

La evaluación se realizará igual que en la formación presencial. Así, la evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Informes sobre el trabajo de las sesiones de laboratorio.
- Prueba síncrona de resolución de problemas, con apoyo por videoconferencia, cuya fecha de realización se anunciará convenientemente en el plan de trabajo de la asignatura y en el calendario del Campus Virtual UVa.

**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: **c. Contenidos Adaptados a formación online**

No se requiere adaptación (véase apartado 4.Bloque 2.c).

**d. Métodos docentes online**

- Clase magistral participativa por videoconferencia.
- Estudio de casos (seminarios y prácticas con apoyo por videoconferencia).

**e. Plan de trabajo online**

Véase el Anexo I.

**f. Evaluación online**

La evaluación se realizará igual que en la formación presencial. Así, la evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Informes sobre el trabajo de las sesiones de laboratorio.
- Prueba síncrona de resolución de estudios de casos, con apoyo por videoconferencia, cuya fecha de realización se anunciará convenientemente en el plan de trabajo de la asignatura y en el calendario del Campus Virtual UVa.

**i. Temporalización**

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



**A5. Métodos docentes y principios metodológicos**

- Clase magistral participativa por videoconferencia.
- Estudio de casos (seminarios y prácticas con apoyo por videoconferencia).
- Resolución de problemas (con apoyo por videoconferencia).

Las tutorías se llevarán a cabo mediante medios telemáticos:

- Buzón de dudas en el Campus Virtual (tiempo máximo de respuesta: 2 días lectivos).
- Correo electrónico (tiempo máximo de respuesta: 2 días lectivos).
- Previa petición por correo electrónico, se podrán concertar citas para tutoría síncrona por videoconferencia.

**A6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

La dedicación del estudiante será la misma que en la formación presencial.

| ACTIVIDADES PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(2)</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)  |           |                                       |            |
| <b>Total presencial a distancia</b>                 | <b>60</b> | <b>Total no presencial</b>            | <b>90</b>  |
| <b>Total presencial a distancia + no presencial</b> |           |                                       | <b>150</b> |

<sup>(2)</sup> Actividad presencial a distancia en este contexto es cuando el grupo sigue por videoconferencia la clase impartida por el profesor en el horario publicado para la asignatura.

**A7. Sistema y características de la evaluación**

Criterio: cuando más del 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en situación de contingencia, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la adenda.

El sistema de evaluación se realizará igual que en la formación presencial.

| 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 seminario (cuya fecha se anunciará al comienzo de la asignatura) se realizarán problemas y/o estudios de casos que deberán ser entregados para su evaluación.<br>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:  
 $\text{mínimo}(4; 0,5 \cdot L + 0,5 \cdot R)$ .
- **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 online 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).