



## Proyecto/Guía docente de la asignatura

Asignatura	INGENIERÍA DE TRÁFICO EN REDES TELEMÁTICAS		
Materia	INGENIERÍA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS		
Módulo	MATERIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	460	Código	45033
Periodo de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	4º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	JUAN IGNACIO ASENSIO PÉREZ		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 EXT. 5561 E-MAIL: <a href="mailto:juaase@tel.uva.es">juaase@tel.uva.es</a>		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
Fecha de revisión por el Comité de Título	27 de junio de 2025		

### 1. Situación / Sentido de la Asignatura

#### 1.1 Contextualización

La calidad del servicio ofrecido por los servicios telemáticos (voz, TV, mensajería, juegos, ...) depende, en gran medida, de las características de las redes de datos en las que se apoyan. Dichas redes han de ser capaces de transportar los datos generados por los servicios mencionados entre localizaciones geográficamente distantes. En el ámbito de la Ingeniería Telemática es de gran importancia:

- Poder determinar qué capacidades han de tener las redes de datos (y qué recursos necesitan para alcanzarlas) si se quiere alcanzar un determinado nivel de calidad de servicio en los servicios por ellas ofrecidos. Para conseguirlo, el ingeniero en tecnologías de telecomunicación, al igual que el ingeniero de otras disciplinas, necesita modelos matemáticos del funcionamiento de las redes de datos que le permitan evaluar cuantitativamente alternativas de diseño de las redes y la planificación de los recursos que éstas requieren. Dichos modelos también le permitirían diagnosticar problemas de rendimiento y encontrar posibles soluciones.
- Conocer 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.

Esta asignatura introduce al estudiante en:

- La Ingeniería de Teletráfico, entendida ésta como la disciplina que “*aplica la teoría de la probabilidad a la resolución de problemas relacionados con la planificación, evaluación de rendimiento, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicación*”<sup>1</sup>. 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 cuarto curso de grado y porque permiten, a su vez, identificar/discutir/analizar los compromisos básicos que el ingeniero en tecnologías 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 está especialmente relacionada con “Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios”, “Redes y Servicios Telemáticos” e “Ingeniería de Protocolos en Redes Telemáticas”, puesto que proporciona una introducción a técnicas de análisis cuantitativo, aplicables a los protocolos de comunicaciones en redes telemáticas en ellas abordados de manera descriptiva y cualitativa.

## 1.3 Prerrequisitos

---

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable haber cursado la materia “Fundamentos de protocolos, redes y servicios telemáticos” del “Bloque de Materias Básicas”. Además, es muy recomendable haber cursado la asignatura “Señales Aleatorias y Ruido” de la materia “Fundamentos de señales y sistemas” y la asignatura “Ingeniería de Protocolos en Redes Telemáticas” del primer cuatrimestre del tercer curso.

## 2. Competencias

---

### 2.1 Generales

---

- GBE1. Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- GBE2. Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.

---

<sup>1</sup> V.B. Iversen, *Teletraffic Engineering Handbook*, ITU-D SG 2/16, 2001. Accesible en: [https://www.itu.int/ITU-D/study\\_groups/SGP\\_1998-2002/SG2/StudyQuestions/Question\\_16/RapporteursGroupDocs/teletraffic.pdf](https://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998-2002/SG2/StudyQuestions/Question_16/RapporteursGroupDocs/teletraffic.pdf). Último acceso: junio 2025.



- GBE5. Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- GE2. 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.
- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3. 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

---

- T12. Conocimiento y utilización de los conceptos de arquitectura de red, protocolos e interfaces de comunicaciones.
- T14. 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.
- TEL2. 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.

## 3. Objetivos

---

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender las soluciones de compromiso involucradas en el diseño de los protocolos y arquitecturas de comunicaciones de redes telemáticas.
- Conocer, comprender y aplicar las técnicas cuantitativas básicas involucradas en la planificación, dimensionamiento y análisis de redes y servicios telemáticos.
- Calcular y estimar, usando técnicas analíticas y simulación, respectivamente, parámetros de diseño de una red de comunicaciones. Documentar las decisiones tomadas y discutir la utilidad de las diferentes técnicas empleadas para apoyarlas.



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

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

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0,8

###### a. Contextualización y justificación

Este bloque consta de un único tema y proporciona una introducción a la Ingeniería de Teletráfico. Además de hacer un repaso breve a la evolución histórica de la disciplina se intentará, mediante el estudio de un caso concreto trabajado de manera colaborativa, motivar la necesidad de su estudio e identificar qué aspectos de una red de datos intenta modelar y estudiar cuantitativamente, con especial énfasis en lo referente a la calidad de servicio. Por último, se presentarán y describirán los conceptos principales que engloba la ingeniería de tráfico y se presentarán y compararán las dos técnicas en las que la asignatura profundizará (Teoría de Colas y Simulación).

###### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Identificar los hitos históricos fundamentales de la Ingeniería de Teletráfico, con especial énfasis en su influencia en la aparición y evolución de Internet.
- Relacionar los conceptos de tráfico, calidad de servicio, grado de servicio.
- Identificar qué elementos de una red de datos necesitan ser modelados para cuantificar el nivel de calidad que dicha red es capaz de ofrecer.
- 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 de datos.

###### c. Contenidos

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

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Motivación: un caso de estudio
- 1.3 Qué es la Ingeniería de Teletráfico
- 1.4 Breve perspectiva histórica
- 1.5 Conceptos básicos de Ingeniería de Teletráfico
- 1.6 Técnicas de ingeniería de teletráfico: la Teoría de Colas y la Simulación
- 1.7 Resumen

###### d. Métodos docentes

Este bloque, al tener un carácter introductorio, se plantea alrededor del trabajo colaborativo en un caso de estudio. Se espera que esta aproximación permita a los alumnos aclarar qué aspectos concretos del estudio de las redes de datos van a ser modelados cuantitativamente mediante las técnicas que se introducirán en los siguientes bloques. Por ello, en este bloque se combinará la “**Clase magistral participativa**” en el aula (apoyadas por presentación con transparencias), con una serie de **actividades presenciales y no presenciales en grupos de tamaño variable** (empleando la denominada técnica de aprendizaje colaborativo “pirámide o bola de nieve”).



### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas, incluyendo las entregas realizadas por grupos de alumnos sobre el caso práctico
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

### g. Material docente

---

#### g.1 Bibliografía básica (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- J.J. Pazos, A. Suárez, R. Díaz, *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*, Prentice-Hall, 2003.
- V.B. Iversen, *Teletraffic Engineering and Network Planning*, Technical University of Denmark, 2010. Accesible 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). Último acceso: junio 2025.

#### g.2 Bibliografía complementaria (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- L. Kleinrock, *Queueing Systems*, volúmenes 1 y 2, John Wiley, 1976.
- X. Xiao, Technical, *Commercial and Regulatory Challenges of QoS: an Internet Service Model Perspective*, Morgan Kaufmann, 2008.

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

---

### h. Recursos necesarios

---

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

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle (Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Plataforma Microsoft Office 365 (para la edición colaborativa de documentos y su compartición).
- Documentación de apoyo (transparencias, descripción del caso de estudio).

### i. Temporalización

---

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
0,8 ECTS	Semanas 1 a 2

**Bloque 2: Introducción a la Teoría de Colas**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2,2

**a. Contextualización y justificación**

Este bloque presenta la primera de las técnicas cuantitativas presentadas en la asignatura: la Teoría de Colas. Para ello, y tras hacer una presentación de la teoría y describir el modelo general de un sistema de colas (incluyendo la caracterización probabilística de algunos de sus parámetros), se intentará que el alumno identifique qué elementos concretos de una red de datos se modelarán mediante este tipo de sistemas (básicamente memorias intermedias de un nodo de una red de datos). Una vez establecida la relación conceptual entre la Teoría de Colas y las redes de datos, se llevará a cabo un recordatorio de algunos conceptos básicos de teoría de la probabilidad que se emplearán en la resolución matemática de las expresiones para parámetros de sistemas de colas en condiciones determinadas. Más concretamente, se recordarán las características básicas de los procesos estocásticos de Poisson y de Nacimiento y Muerte. Posteriormente, se particularizarán los resultados obtenidos en los desarrollos matemáticos anteriores a diversos modelos de tráfico (incluyendo modelos de espera y de pérdida). Por último, se hará una breve introducción a las redes de colas. Una vez completada la presentación de la teoría de colas, se ilustrará su aplicación al campo de la ingeniería de teletráfico mediante la resolución de problemas.

**b. Objetivos de aprendizaje**

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

- 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 y cómo estos se modelan matemáticamente.
- Comparar diversos tipos de modelos de sistemas/redes de colas.
- Identificar en qué condiciones son aplicables los modelos de sistemas/redes de colas tratados en la asignatura a problemas reales de redes de datos.
- Resolver problemas de planificación/dimensionamiento/diagnóstico de redes de datos mediante la aplicación de resultados de teoría de colas.

**c. Contenidos****TEMA 2: Introducción a la Teoría de Colas**

- 2.1 Objetivos, motivación, perspectiva histórica
- 2.2 Modelo general de un sistema de colas. Definición de parámetros básicos
- 2.3 Fórmula de Little
- 2.4 Procesos de Poisson. Definición y propiedades
- 2.5 Procesos de Nacimiento y Muerte. Definición y propiedades. Relación con procesos de Poisson y sistemas de colas
- 2.6 Resumen

**TEMA 3: Modelos de tráfico**

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Notación de Kendall



3.3 Modelos: M/M/1, M/M/m, M/M/m/m, M/M/m/m/N, M/M/m/k, M/G/1

3.4 Resumen

#### TEMA 4: Redes de colas

4.1 Objetivos

4.2 Redes de colas: definición y clasificación

4.3 Resolución de redes de colas: procesos de Nacimiento y Muerte

4.4 Teoremas de Burke y de descomposición de Jackson

4.5 Resumen

#### d. Métodos docentes

---

Para este bloque se empleará, fundamentalmente, el “**Modelo de docencia inversa**”. Esta metodología consiste en elaborar material por parte de los profesores, generalmente en formato de vídeo, para que los alumnos lo trabajen individualmente con anterioridad a las clases prácticas. De este modo no se imparten clases teóricas o magistrales, y las actividades que desarrollan presencialmente serán de tipo:

- Seminario o tutoría grupal, para aclarar las dudas que hayan surgido tras la visualización de vídeos y consulta de otro material de apoyo (especialmente en la primera mitad del cuatrimestre).
- Resolución de problemas, que deberán ser realizados por los alumnos con anterioridad a la sesión presencial en la que se discuta su resolución (especialmente en la segunda mitad del cuatrimestre).

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades presenciales.
- Entrega de problemas seleccionados.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

#### g Material docente

---

##### g.1 Bibliografía básica (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- J.J. Pazos, A. Suárez, R. Díaz, *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*, Prentice-Hall, 2003.
- P. Serrano, J.A. Hernández, Una introducción amable a la Teoría de Colas, Universidad Carlos III de Madrid, 2024. Accesible en: <https://www.it.uc3m.es/pablo/teoria-colas/>. Último acceso: junio 2025.

##### g.2 Bibliografía complementaria (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- L. Kleinrock, *Queueing Systems*, volúmenes 1 y 2, John Wiley, 1976.

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

---

#### h. Recursos necesarios

---

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

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ( Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Documentación de apoyo (transparencias, enunciados/resolución de problemas).
- Vídeos grabados por los profesores con las explicaciones previas a las sesiones presenciales de “docencia inversa”.

#### i. Temporalización

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

### Bloque 3: Simulación de redes telemáticas

Carga de trabajo en créditos ECTS:

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque presenta la segunda de las técnicas cuantitativas presentadas en la asignatura: la simulación de redes telemáticas. Además de introducir los conceptos básicos relacionados con la simulación de redes telemáticas, se fomentará el uso de un simulador de eventos discretos (ns-3) para:

- ilustrar las posibilidades de la simulación a la hora de observar y analizar cuantitativamente el funcionamiento de protocolos estudiados en asignaturas anteriores en situaciones difícilmente reproducibles en una red real en producción (como, por ejemplo, las de los laboratorios docentes).
- Ilustrar las técnicas básicas de estimación del valor de parámetros de funcionamiento de redes telemáticas bajo condiciones aleatorias. En este sentido, se pueden analizar las ventajas e inconvenientes de la simulación con respecto al empleo de técnicas analíticas y, más concretamente, con respecto a la Teoría de Colas.

#### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Diseñar, realizar y analizar simulaciones de barrido de parámetros para el análisis del comportamiento de mecanismos de protocolos de redes telemáticas.
- Diseñar, realizar y analizar simulaciones de redes telemáticas bajo condiciones aleatorias con el objetivo de estimar, y poder optimizar en su caso, parámetros de calidad de redes de datos.
- Enumerar ventajas e inconvenientes del uso de simuladores de redes de datos con respecto al empleo de técnicas analíticas.

#### c. Contenidos



**TEMA 5: Introducción a la simulación de redes de datos**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Qué es simular. Alternativas. Comparación
- 5.3 Modelos de simulación
- 5.4 Tipos de simuladores. Ejemplos.
- 5.5 Introducción al simulador ns-3
- 5.6 Resumen

**TEMA 6: Simulación y estimación. Comparación con la Teoría de Colas**

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Ámbito y técnicas de inferencia estadística
- 6.3 Estimadores de la media. Intervalos de confianza
- 6.4 Teoría de colas y simulación
- 6.5 Resumen

**PRÁCTICA 1:** Introducción al simulador de redes ns-3

**PRÁCTICA 2:** Teoría de Colas y simulación con ns-3

---

**d. Métodos docentes**

---

Para este bloque se empleará, fundamentalmente:

- **“Modelo de docencia inversa”** para introducir contenido de carácter teórico. Esta metodología consiste en elaborar material por parte de los profesores, generalmente en formato de vídeo, para que los alumnos lo trabajen individualmente con anterioridad a las clases prácticas. De este modo no se imparten clases teóricas o magistrales, y las actividades que desarrollan presencialmente serán de tipo seminario o tutoría grupal, para aclarar las dudas que hayan surgido tras la visualización de vídeos y consulta de otro material de apoyo.
- **“Docencia práctica”** combinando sesiones presenciales en laboratorio con trabajo no presencial. Para la realización de las prácticas, es necesario un software específico que estará a disposición de los alumnos en los ordenadores del laboratorio asignado. No obstante, y para poder trabajar en las prácticas de manera no presencial, los profesores de la asignatura proporcionarán una “imagen de máquina virtual” con el sistema operativo y el software específico empleado en los ordenadores del laboratorio. De esa manera, los estudiantes podrán ejecutar un entorno de trabajo en sus propios ordenadores idéntico al disponible en el laboratorio. La realización de las prácticas de laboratorio se llevará a cabo en grupo pequeño (2 o 3 personas), si bien, en las actividades presenciales, cada puesto de laboratorio únicamente podrá ser ocupado por una persona.

---

**e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

---

**f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Informes de laboratorio realizados de manera colaborativa.



- Presentaciones orales.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

#### g Material docente

##### g.1 Bibliografía básica (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- J.J. Pazos, A. Suárez, R. Díaz, *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*, Prentice-Hall, 2003.
- W. Navidi, *Statistics for Engineers and Scientists*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2011.

##### g.2 Bibliografía complementaria (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774> )

- B. Rosner. *Fundamentals of Biostatistics*, 7th Edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, 2011.

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

#### h. Recursos necesarios

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

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle (Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Documentación de apoyo (transparencias, enunciados de prácticas, manuales de software específico).
- Vídeos grabados por los profesores con las explicaciones previas a las sesiones presenciales de “docencia inversa”.
- Software específico: simulador ns-3, entorno de simulación DNSE3 (desarrollado por el grupo de investigación al que pertenecen los profesores), software de captura y análisis de tráfico *Wireshark*, paquete matemático *GNU/Octave* (o *Matlab*).
- Imagen virtual (para ser ejecutada por software de virtualización como, por ejemplo, *VMware* u *Oracle VM VirtualBox*) con el sistema operativo de los ordenadores del laboratorio y el software específico necesario para la realización de las prácticas.

#### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.7 ECTS	Semanas 1 a 7

#### Bloque 4: Calidad de servicio en redes telemáticas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1,3

##### 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 los anteriores, 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:

- Conocer y comprender los conceptos básicos relacionados con la provisión de calidad de servicio en redes telemáticas.
- Conocer y comprender los requisitos que sobre las redes, los protocolos y los servicios telemáticos implica la introducción de funcionalidades de provisión de calidad de servicio.
- Conocer y comparar las alternativas tecnológicas propuestas por el IETF (Internet Engineering Task Force) para la provisión de calidad de servicio en redes TCP/IP.

### **c. Contenidos**

---

#### **TEMA 7: Calidad de servicio en redes TCP/IP**

- 7.1 Objetivos
- 7.2 Conceptos básicos de calidad de servicio
- 7.3 Evolución de las Soluciones QoS (PSTN, ATM, FR, IEEE 802, IntServ, DiffServ, Transporte/Aplicación)
- 7.4 Gestión del Tráfico (clasificación, etiquetado, conformado, políticas, gestión de colas, planificación), Encaminamiento QoS, Ingeniería del Tráfico (IP-TE, MPLS-TE, Planificación)
- 7.5 Retos de la aproximación actual a QoS: QoS y las ofertas comerciales, el debate de la neutralidad de la red, QoS y regulación.

**PRÁCTICA 3:** Calidad de Servicio en redes TCP/IP: un caso de estudio con DiffServ.

### **d. Métodos docentes**

---

Para este bloque se empleará, fundamentalmente:

- **“Modelo de docencia inversa”** para introducir contenido de carácter teórico. Esta metodología consiste en elaborar material por parte de los profesores, generalmente en formato de vídeo, para que los alumnos lo trabajen individualmente con anterioridad a las clases prácticas. De este modo no se imparten clases teóricas o magistrales, y las actividades que desarrollan presencialmente serán de tipo seminario o tutoría grupal, para aclarar las dudas que hayan surgido tras la visualización de vídeos y consulta de otro material de apoyo.
- **“Docencia práctica”** combinando sesiones presenciales en laboratorio con trabajo no presencial. Para la realización de las prácticas, es necesario un software específico que estará a disposición de los alumnos en los ordenadores del laboratorio asignado. No obstante, y para poder trabajar en las prácticas de manera no presencial, los profesores de la asignatura proporcionarán una “imagen virtual” con el sistema operativo y el software específico empleado en los ordenadores del laboratorio.

De esa manera, los estudiantes podrán ejecutar un entorno de trabajo en sus propios ordenadores idéntico al disponible en el laboratorio. La realización de las prácticas de laboratorio se llevará a cabo en grupo pequeño (2 o 3 personas), si bien, en las actividades presenciales, cada puesto de laboratorio únicamente podrá ser ocupado por una persona.

---

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

---

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Informes de laboratorio realizados de manera colaborativa.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

---

#### g. Material docente

---

##### g.1 Bibliografía básica (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774>)

- X. Xiao, Technical, *Commercial and Regulatory Challenges of QoS: an Internet Service Model Perspective*, Morgan Kaufmann, 2008.

##### g.2 Bibliografía complementaria (<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/nui/lists/4980280870005774>)

- J. Evans, C. Filsfils, *Deploying IP and MPLS QoS for Multiservice Networks*, Morgan Kaufmann, 2007.
- M. Marchese, *QoS over Heterogenous Networks*, John Wiley & Sons, 2007.

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

---

---

#### h. Recursos necesarios

---

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

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle (Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Documentación de apoyo (transparencias, enunciados de prácticas, manuales de software específico).
- Vídeos grabados por los profesores con las explicaciones previas a las sesiones presenciales de “docencia inversa”.
- Software específico: simulador ns-3, entorno de simulación DNSE3 (desarrollado por el grupo de investigación al que pertenecen los profesores), software de captura y análisis de tráfico *Wireshark*, paquete matemático *GNU/Octave* (o *Matlab*).
- Imagen virtual (para ser ejecutada por software de virtualización como, por ejemplo, *VMware* u *Oracle VM VirtualBox*) con el sistema operativo de los ordenadores del laboratorio y el software específico necesario para la realización de las prácticas.

---

#### i. Temporalización

---





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

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Los **métodos** docentes a emplear se han detallado en los subapartados “d” de cada bloque temático.

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

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Sesiones presenciales con modalidad de “clase inversa” (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual (incluyendo visualización de vídeos para “clase inversa”, resolución de problemas, consulta de material bibliográfico, preparación individual de presentación oral)	60
Sesiones de laboratorio presenciales (L)	20	Estudio y trabajo autónomo grupal (incluyendo realización de prácticas y elaboración de informes, presentación grupal de presentación oral)	30
Seminarios presenciales para resolución de problemas (S)	10		
Total presencial	<b>60</b>	Total no presencial	<b>90</b>
TOTAL presencial + no presencial			<b>150</b>

(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
Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales	5%	Se valorará la participación activa del alumno en las actividades presenciales y en la resolución de problemas (con énfasis en las sesiones de seminario).  Para superar la asignatura es condición necesaria (pero no suficiente) obtener al menos un 5,0 sobre 10,0 en este instrumento.
Valoración grupal de informes de prácticas de laboratorio y resolución de problemas	30%	Para superar la asignatura es condición necesaria (pero no suficiente) sacar al menos un 5,0 sobre 10,0 en la nota promediada de los informes de las prácticas de laboratorio y en la resolución de problemas seleccionados.
Valoración individual de presentaciones orales	10%	Para superar la asignatura es condición necesaria (pero no suficiente) participar en este procedimiento de evaluación.
Valoración grupal de	5%	Se tendrá en cuenta tanto la valoración por



presentaciones orales		parte del profesor como del resto de miembros del grupo de trabajo.
Examen final escrito	50%	Para superar la asignatura es condición necesaria (pero no suficiente) sacar al menos un 5,0 sobre 10,0 en el examen.

#### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - En el caso de que un alumno no alcance la calificación mínima fijada en alguno de los apartados, su calificación global se calculará teniendo en cuenta únicamente la nota del o de los apartados en los que no se alcanza dicho mínimo.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Sobre el “Examen final escrito”, se mantiene la calificación obtenida por el alumno siempre que su calificación sea superior a 5,0 puntos sobre 10,0. Si aún teniendo una nota superior a 5,0 puntos, el alumno se presenta a un nuevo examen escrito, la nota obtenida en este último será la tenida en cuenta para la convocatoria extraordinaria. El alumno que no alcance una calificación mínima de 5,0 sobre 10,0 en el “Examen final escrito” de la convocatoria extraordinaria, obtendrá una calificación global igual a la nota obtenida en dicho examen.
  - Sobre la calificación de los instrumentos diferentes a “Examen final escrito”:
    - Si la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de “Valoración grupal de informes de prácticas de laboratorio y resolución de problemas” y “Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales” fue superior a 5 puntos sobre 10 y se participó en el procedimiento “Valoración individual de presentaciones orales”, se mantiene la calificación de todos los instrumentos diferentes a “Examen final escrito” en la convocatoria extraordinaria (con los mismos pesos en la calificación global que en la convocatoria ordinaria).
    - Si la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de “Valoración grupal de informes de prácticas de laboratorio y resolución de problemas” fue inferior a 5 puntos sobre 10 y la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de “Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales” fue al menos de 5 puntos sobre 10, el alumno tiene la posibilidad de presentar un informe individual sobre la resolución de un supuesto práctico planteado por el profesor. La calificación de dicho informe supondrá un 20% de la calificación global de la convocatoria extraordinaria, siempre y cuando la calificación obtenida sea de al menos 5 puntos sobre 10. Se mantendrá la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de los instrumentos “Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales”, “Valoración individual de presentaciones orales” y “Valoración grupal de presentaciones orales” con el mismo peso en la calificación global que en la convocatoria ordinaria.
    - Si la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de “Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales” fue inferior a 5 puntos sobre 10, la calificación de “Valoración grupal de informes de prácticas de laboratorio y resolución de problemas” y “Valoración individual y supervisión del trabajo del alumno en las diferentes actividades presenciales” en la



convocatoria extraordinaria será 0. Se mantendrá la calificación obtenida en la convocatoria ordinaria de los instrumentos “Valoración individual de presentaciones orales” y “Valoración grupal de presentaciones orales”.

## **8. Consideraciones finales**

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

