

Titulación	Tipo	Curso
Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación	OB	3

Contacto

Nombre: Josep Xavier Salvat Lozano

Correo electrónico: josepxavier.salvat@uab.cat

Equipo docente

(Externo) Josep Xavier Salvat

(Externo) Pere Camps

Idiomas de los grupos

Puede consultar esta información al [final](#) del documento.

Prerrequisitos

Para poder seguir la asignatura "Redes de Telecomunicación" con garantías, se deben haber cursado y superado las siguientes asignaturas del plan de estudios:

- Estadística
- Fundamentos de Redes

Objetivos y contextualización

El objetivo de la asignatura es dar a conocer la evolución tecnológica y la arquitectura de las redes de telecomunicación, así como los problemas que se plantean y las soluciones que existen en el proceso de diseño y explotación de estas. Por tanto, una vez que el curso haya terminado, los alumnos y alumnas deberán ser capaces de:

- Conocer la taxonomía, evolución tecnológica y arquitectura de las redes de telecomunicación
- Conocer las herramientas matemáticas que permiten modelar el funcionamiento de un sistema y saber aplicarlas al dimensionamiento de una red de telecomunicación
- Describir los requisitos de una red de telecomunicación con respecto a la calidad del servicio y conocer las técnicas utilizadas para implementarlo
- Describir el problema de la congestión de red y conocer el funcionamiento de los mecanismos que existen para solucionarlo
- Describir la necesidad de la interconexión de redes y conocer el funcionamiento de los protocolos que se utilizan en Internet

- Describir el concepto de control y gestión de redes y conocer el funcionamiento de los protocolos que se utilizan en Internet

Competencias

- Actitud personal
- Aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación y manejar de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- Aprender nuevos métodos y tecnologías en base a sus conocimientos básicos y tecnológicos, con gran versatilidad de adaptación a nuevas situaciones.
- Comunicación
- Dirigir las actividades objeto de los proyectos del ámbito de la telecomunicación.
- Diseñar y dimensionar sistemas de comunicaciones multiusuario utilizando los principios de la teoría de la comunicación bajo las restricciones impuestas por las especificaciones y la necesidad de proveer de calidad de servicio.
- Ética y profesionalidad
- Hábitos de pensamiento
- Hábitos de trabajo personal
- Realizar mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos en el ámbito de los sistemas de telecomunicación.
- Redactar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación, que tengan por objeto, según la especialidad, la concepción, el desarrollo o la explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica
- Resolver problemas con iniciativa y creatividad. Tomar decisiones. Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del ingeniero técnico de telecomunicación.
- Trabajo en equipo

Resultados de aprendizaje

1. Adaptarse entornos multidisciplinarios
2. Aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.
3. Asumir y respetar el rol de los diversos miembros del equipo, así como los distintos niveles de dependencia del mismo
4. Comunicar eficientemente de forma oral y/o escrita conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.
5. 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 sistemas de transmisión.
6. Desarrollar el pensamiento científico.
7. Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
8. Desarrollar la capacidad de análisis y de síntesis.
9. Desarrollar la curiosidad y la creatividad.
10. Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico.
11. Diferenciar y clasificar los principales algoritmos de dimensionado, control de tráfico y congestión.
12. Diferenciar y comprender el significado de mediciones y valoraciones de redes de telecomunicaciones para fomentar y asegurar su diseño más óptimo.
13. Discutir y aplicar sistemas de criptografía orientados a la mejora de la seguridad de una red de telecomunicación.

14. Distinguir la diferente naturaleza de los problemas de dimensionado y encaminamiento para cada uno de los distintos tipos de redes y tomar decisiones e iniciativas para la mejora del funcionamiento y provisión de servicios de las redes de telecomunicaciones.
15. Evaluar de forma crítica el trabajo realizado.
16. Evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.
17. Gestionar el tiempo y los recursos disponibles
18. Gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones de acuerdo a la legislación y regulaciones vigentes tanto a nivel nacional como internacional.
19. Hacer un uso eficiente de las TIC en la comunicación y transmisión de ideas y resultados.
20. Llevar a cabo actividades de dirección para el diseño y dimensionado de redes de telecomunicaciones considerando métodos clásicos y de nueva generación.
21. Respetar la diversidad y pluralidad de ideas, personas y situaciones.
22. Trabajar cooperativamente.
23. Trabajar de forma autónoma.
24. 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.

Contenido

PARTE I

I.1. Repaso de las Redes de Telecomunicación

- Arquitectura de redes de telecomunicaciones: modelo por capas, borde de red, redes de acceso y redes troncales
- Conmutación de paquetes y conmutación de circuitos
- Conceptos básicos de IP: paquetes, encaminamiento, tamaño de paquetes, ARP, DHCP
- Evolución de la infraestructura y arquitectura de Internet

I.2. Redes de Área Local (LAN)

- Ethernet (IEEE 802.3): capa física, evolución, conmutación, formato de trama, dominios de colisión y difusión
- Protección contra bucles: Protocolo Spanning Tree (STP, IEEE 802.1d), Rapid STP (RSTP, 802.1w)
- Agregación de enlaces: LAG/LACP (IEEE 802.3ad)
- Redes virtuales: VLANs (IEEE 802.1q), CoS (802.1p), QinQ (802.1ad)
- MLAG y protocolos relacionados (MC-LAG, vPC, etc.)
- VXLAN (RFC 7348): redes superpuestas, formato de encapsulación, casos de uso en centros de datos
- Arquitecturas de redes de centros de datos: Spine & leaf, tejido Clos, sobresuscripción

I.2b. Redes LAN Inalámbricas (Wi-Fi)

- Visión general de Wi-Fi: familia IEEE 802.11, bandas de frecuencia (2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz)
- Modulación y capa física: OFDM, QAM, MIMO
- Topologías de red Wi-Fi: BSS, ESS, itinerancia
- Comportamiento de la capa MAC: CSMA/CA, RTS/CTS, prevención de colisiones
- Evolución de los estándares Wi-Fi: 802.11a/b/g/n/ac/ax (Wi-Fi 6/6E)
- Características de rendimiento: ancho de banda, latencia, cobertura, interferencias
- Seguridad y gestión: WPA/WPA2/WPA3, autenticación.
- Casos de uso y consideraciones de diseño: despliegues densos, entorno empresarial, Wi-Fi en malla

I.3. Redes de Acceso y Transporte

- Arquitectura de las redes de acceso y su papel en Internet
- DSL (Línea de Abonado Digital): ADSL, VDSL, modulación de señal (DMT/OFDM), vectorización, crosstalk, PPPoE
- HFC (Fibra-Coaxial Híbrida): evolución de DOCSIS, modelo de ancho de banda compartido, propiedades del coaxial
- PON (Red Óptica Pasiva): GPON, XG/XGS-PON, divisores, operación ascendente/descendente, T-CONTs, proceso de registro ONU. Acceso por fibra: transmisión óptica, bandas de longitud de onda, fibra monomodo vs multimodo

I.4. Interconexión de Redes en Internet

- Principios de interconexión de redes: Stub, tránsito, multihomed
- Sistemas Autónomos (AS), gestión de recursos de Internet (IP, ASN, RIRs)
- Algoritmos de encaminamiento: Bellman-Ford, Dijkstra
- Protocolos de Pasarela Interior (IGPs): OSPF, IS-IS, RIP
- Protocolo de Pasarela Exterior: BGP (eBGP/iBGP), atributos de ruta, ruta AS, acuerdos de interconexión y políticas

I.5. Capacidad de Internet y Calidad del Servicio

- Métricas clave: ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes
- Capacidad de red y sobreaprovisionamiento.
- Búferes: estimación de tamaño (BDP), multiplexación estadística, bufferbloat
- Calidad de Servicio (QoS): estrategias de encolado (PQ, WFQ, LLQ), flujos ratón vs elefante
- Modelos de servicios: Servicios Integrados (IntServ) y Servicios Diferenciados (DiffServ)

I.6. Protocolos de Transporte

- UDP: entrega ligera y no fiable
- TCP: entrega fiable, control de flujo (ventana deslizante), control de congestión (Reno, Cubic, BBR)
- Algoritmos de control de congestión TCP: arranque lento, recuperación rápida, modelo de sondeo BBR
- QUIC / HTTP/3: conexiones multiplexadas sobre UDP, cifrado, control de congestión

I.7. "Verdades" sobre Redes

- RFC 1925: Verdades fundamentales sobre redes

PARTE II

II.1. Modelización de sistemas mediante teoría de colas

- Conceptos generales: tráfico, servidores, colas y disciplina de servicio
- Caracterización del tráfico: distribución exponencial, procesos de Poisson y cadenas de Markov (discretas y continuas)
- Parámetros básicos y notación de Kendall: número de servidores, tamaño de cola, disciplina de cola, tasa y tiempo inter-llegada, tasa y tiempo de servicio, tiempo de respuesta y de espera, ocupación media de servidores y cola, probabilidad de bloqueo/espera/pérdida
- Ley de Little: rendimiento, utilización y condiciones de estabilidad

II.2. Dimensionado de redes de telecomunicación

- Introducción y requisitos del dimensionado de red: grado de servicio
- Dimensionado de un nodo de conmutación de paquetes: Modelo M/M/1 y M/M/m
- Dimensionado de una red de telefonía fija: Modelo M/M/c/c (Erlang B, pérdidas)
- Dimensionado de una red de telefonía celular: Modelo M/M/c/inf (Erlang C, demoras)

PRÁCTICAS

- Sesión 1: Redes de área local (Ethernet: VLAN + LAG)
- Sesión 2: Interconexión de redes en Internet I (OSPF)

- Sesión 3: Interconexión de redes en Internet II (BGP)
- Sesión 4: Redes de acceso y transporte (GPON + VXLAN)

Actividades formativas y Metodología

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de teoría	26	1,04	2, 16, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 18, 24
Pràctiques de laboratori	12	0,48	2, 16, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 18, 23, 24
Tipo: Supervisadas			
Resolució de problemes	12	0,48	1, 2, 3, 15, 16, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 19, 17, 18, 21, 22, 24
Tutorías	2	0,08	1, 15, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 21, 23
Tipo: Autónomas			
Trabajo individual del alumno: estudio y resolución de problemas	70	2,8	2, 15, 16, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 19, 17, 18, 23, 24
Trabajo individual del alumno: preparación de prácticas	18	0,72	1, 2, 3, 15, 16, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 19, 17, 18, 21, 22, 23, 24

Actividades dirigidas:

- Clases teóricas: exposición de contenidos teóricos
- Clases prácticas: resolución de preguntas y problemas relacionados con la teoría
- Clases de laboratorio: desarrollo de un reto relacionado con la materia mediante equipos o simuladores

Actividades autónomas:

- Estudio individual de la materia: elaboración de diagramas de bloques, resúmenes y respuesta a preguntas
- Resolución de problemas: complemento al estudio individual y trabajo previo a las clases prácticas

Actividades supervisadas:

- Tutorías individuales o grupales: dirigidos a resolver dudas, asesorar sobre el desarrollo de la asignatura, o atender a otras cuestiones concretas

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Evaluación

Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Exámenes	70%	6	0,24	2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 23
Laboratorio	30%	4	0,16	1, 2, 3, 15, 16, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 19, 17, 18, 21, 22, 24

La evaluación de la asignatura se realiza a partir de las siguientes actividades:

- Exámenes. Se realizarán dos exámenes parciales durante el curso. Cada examen parcial evaluará completamente la PARTE I (EX_PART_I) y la PARTE II (EX_PART_II) respectivamente. Junto con el segundo examen parcial se realizará una prueba de evaluación del laboratorio (EX_PR). El examen final permitirá recuperar las notas de los dos exámenes parciales (EX_PART_I, EX_PART_II) y del examen laboratorio (EX_PR) de forma independiente.
- Prácticas. Se realizarán cuatro prácticas y la nota de esta parte se calculará como la media de la nota alcanzada en cada una de las memorias (M_PR_1, M_PR_2, M_PR_3, M_PR_4) de prácticas ponderadas con la nota del examen de evaluación del laboratorio. La nota de prácticas se calculará como $NPR = 0.6 * ((1/4) * (M_PR_1 + M_PR_2 + M_PR_3 + M_PR_4)) + 0.4 * EX_PR$. En caso de no entregar la memoria, la nota de esa práctica será cero (0).

La nota final de la asignatura se calcula teniendo en cuenta las notas obtenidas en los exámenes (EX) y las prácticas (PR), tal y como se indica a continuación: $NFA = 0.45 * EX_PART_I + 0.25 * EX_PART_II + 0.3 * NPR$.

Nota mínima

- Para que la nota final se pueda calcular, el estudiante deberá obtener una calificación mínima de 4 (sobre 10) en cada una de las partes que la componen. Es decir, el estudiante deberá tener una nota mínima de 4 en el examen de la parte I, el examen de la parte II, en cada una de las memorias de prácticas y en el examen de laboratorio respectivamente. En caso de que en alguna de las partes evaluables se obtenga una calificación inferior a 4, la nota final de la asignatura será automáticamente 0, independientemente de la media ponderada del resto de componentes. Este criterio tiene como objetivo garantizar un dominio mínimo en todos los aspectos clave de la evaluación, evitando desequilibrios significativos en el rendimiento del estudiante.

Entregas fuera de plazo

No se aceptarán entregas fuera de los plazos establecidos a no ser que sean solicitados con antelación y con la debida justificación (por ejemplo, médica, laboral, etc.). En caso de entregas fuera de plazo sin la debida justificación se aplicará una penalización de 1 punto por día de retraso en la entrega de la actividad en la nota.

Copia y plagio

- Sin perjuicio de otras medidas disciplinarias que se estimen oportunas, y de acuerdo con la normativa académica vigente, se calificarán con un cero (0) las irregularidades cometidas por el estudiante que puedan conducir a una variación de la calificación de un acto de evaluación. Por tanto, copiar o dejar copiar cualquier actividad de evaluación, incluyendo las prácticas y actividades, implicará suspenderla con un cero (0). No serán recuperables las actividades de evaluación calificadas de esta forma y por este procedimiento y, en consecuencia, la asignatura será suspendida directamente sin oportunidad de recuperarla en el mismo curso académico.

Uso de inteligencia artificial generativa

- El uso de herramientas de inteligencia artificial generativa para la elaboración de trabajos, ejercicios, ensayos, informes u otras actividades evaluables está estrictamente prohibido, salvo que el profesorado indique expresamente lo contrario. Cualquier evidencia de uso no autorizado de

herramientas de IA generativa en la elaboración de entregables implicará pérdida automática de 3 puntos sobre la nota final del trabajo o actividad en cuestión. Todos los entregables de la asignatura pasarán por la detección del uso de contenido generado por IA. Se utilizará la siguiente herramienta: Turnitin

- Se anima al alumnado a desarrollar sus propias capacidades de análisis, redacción y pensamiento crítico. El uso de la IA como herramienta de soporte puede estar permitido en fases exploratorias o como asistencia técnica.

No evaluable

- La calificación de "No evaluable" sólo se podrá conseguir en caso de no presentarse a ninguna de las pruebas escritas de evaluación de conocimientos, es decir, pruebas parciales y examen final, pero sin tener en cuenta prácticas ni actividades.

Bibliografía

PART I

- A. Tanenbaum, D. Wetherall. Computer Networks. Prentice Hall. 2011.
- W. Stallings. Data and Computers Communications. Pearson Education. 2014.
- Peterson & Davie. Computer Networks: A Systems Approach. Prentice Hall. 2014.
- Kurose & Ross: Computer Networking: A Top-Down Approach. Prentice Hall. 2014.

PART II

- Bertsekas, Dimitri, and Robert Gallager. Data networks. Athena Scientific. 2021.
- M. Harchol-Balter. Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action. Cambridge University Press. 2013.
- J. F. Shortle, J.M. Thompson, D. Gross and C. M. Harris. Fundamentals of Queueing Theory. Wiley. 2018.

Software

Para realizar las prácticas de la asignatura se utilizará software compatible con Windows, Linux y Macintosh (por ejemplo, Wireshark).

Grupos e idiomas de la asignatura

La información proporcionada es provisional hasta el 30 de noviembre de 2025. A partir de esta fecha, podrá consultar el idioma de cada grupo a través de este [enlace](#). Para acceder a la información, será necesario introducir el CÓDIGO de la asignatura

Nombre	Grupo	Idioma	Semestre	Turno
(PAUL) Prácticas de aula	331	Inglés	segundo cuatrimestre	mañana-mixto
(PAUL) Prácticas de aula	332	Inglés	segundo cuatrimestre	mañana-mixto
(PLAB) Prácticas de laboratorio	331	Inglés	segundo cuatrimestre	mañana-mixto
(PLAB) Prácticas de laboratorio	332	Inglés	segundo cuatrimestre	mañana-mixto

(PLAB) Prácticas de laboratorio	333	Inglés	segundo cuatrimestre	manaña-mixto
(TE) Teoría	330	Inglés	segundo cuatrimestre	manaña-mixto