



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

93000833 - Redes Definidas por Software, Virtualización y Servicios Avanzados de Red

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000833 - Redes Definidas por Software, Virtualización y Servicios Avanzados de Red
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
David Fernandez Cambronero (Coordinador/a)	B-216	david.fernandez@upm.es	Sin horario. Sin horario. Tutorías en horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.

Carlos Mariano Lentisco Sanchez	B-203	c.lentisco@upm.es	Sin horario. Sin horario. Tutorías en horario flexible a convenir entre profesor y alumnos.
------------------------------------	-------	-------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Redes De Comunicaciones

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE4 - Capacidad para diseñar y dimensionar redes de transporte, difusión y distribución de señales multimedia.

CE6 - Capacidad para modelar, diseñar, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener redes, servicios y contenidos.

CE8 - Capacidad de comprender y saber aplicar el funcionamiento y organización de Internet, las tecnologías y protocolos de Internet de nueva generación, los modelos de componentes, software intermediario y servicios.

CE9 - Capacidad para resolver la convergencia, interoperabilidad y diseño de redes heterogéneas con redes locales, de acceso y troncales, así como la integración de servicios de telefonía, datos, televisión e interactivos.

CG1 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CG4 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan? a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CT1 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA309 - Capacidad de analizar y sintetizar la segmentación de redes basada en técnicas de virtualización

RA310 - Capacidad de analizar y sintetizar la segmentación de redes basada en técnicas de virtualización

RA104 - Capacidad de definir y dimensionar la arquitectura de redes corporativas como resultado de una especificación de servicios, tipos de usuarios, tráfico, y distribución geográfica

RA10 - Saber realizar una presentación de carácter técnico, ante una audiencia de pares, que describa el trabajo realizado y sus resultados, de forma clara y bien estructurada, en el tiempo establecido, y usando un lenguaje preciso

RA102 - Capacidad de diferenciar entre modelos arquitecturales de red basados en capas y definidos por software

RA103 - Capacidad de identificar los diferentes componentes de una arquitectura de red definida por "software"

RA14 - El alumno conoce y es capaz de cuantificar los principales parámetros que definen los requisitos de los tráfico multimedia, estableciendo un compromiso calidad/coste y es capaz de aplicarlo al dimensionado de las redes de soporte.

RA308 - Capacidad de analizar y sintetizar modelos arquitectónicos de red basados en orquestación de funciones

RA307 - Capacidad de analizar y sintetizar modelos arquitectónicos de red basados en virtualización de funciones

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura profundiza en los conceptos de Redes Definidas por Software y de Virtualización de Funciones de Red mediante la exposición de su aplicación en ámbitos específicos y en la elaboración de casos de uso. Presenta, además los conceptos de segmentación de redes basada en la virtualización de las mismas y, por último, presenta el análisis y diseño de redes definidas por orquestación de servicios y el ciclo de vida de los mismos.

La asignatura tiene un fuerte componente práctico por lo que se propondrán problemas específicos sobre el análisis y diseño de redes de ordenadores que cubrirán el análisis y diseño de tecnologías, topologías, arquitecturas, servicios y calidad del servicio de las mismas.

A tal fin, se proporcionarán conocimientos específicos sobre los nuevos paradigmas arquitecturales de las redes de comunicaciones basados en la definición "software" de las redes (SDN), en la virtualización de las funciones de la red (NFV) y en la orquestación de servicios.

Aunando los servicios proporcionados por operadores de telecomunicaciones, las tecnologías y técnicas de redes existentes y los nuevos paradigmas mencionados, cada alumno desarrollará una solución a un problema de redes de comunicaciones cuyos requisitos son conocidos en términos de servicios portadores y finales, perfiles de usuarios y su distribución geográfica.

El profesorado guiará las diferentes fases de la resolución del problema, determinando los "entregables" a producir y su planificación temporal..

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Fundamentos en nuevos paradigmas de arquitectura de redes. Separación de plano de control y de datos
2. El plano de datos. Conmutación 123. Conmutación basada en Openflow
3. El plano de control. Sistemas operativos de red. ODL y ONOS.
4. Virtualización de redes y de funciones de red.
5. Centrales de conmutación definidas por software. CORD
6. Redes definidas por software y virtualización de redes en CPDs
7. Otras tecnologías del plano de control. NETCONF/YANG
8. Redes definidas por software en el entorno de las redes de gran alcance . SD-WAN
9. Servicios avanzados de red y Orquestación de servicios. MetroEthernet LSO. Arquitectura ONF. ECOMP,
10. Proyecto de análisis, diseño y dimensionamiento de una red de comunicaciones

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<p><b>Fundamentos en nuevos paradigmas de arquitectura de redes. Separación de plano de control y de datos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Introducción al emulador "mininet"</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>El plano de datos. Conmutación 123</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica introductoria al uso del emulador "mininet"</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
3	<p><b>El plano de control. Sistemas operativos de red</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p><b>Evaluación de práctica</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00</p>
4	<p><b>El plano de control. Sistemas operativos de red - Cont</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica sobre Sistemas Operativos de Red</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
5	<p><b>Virtualización de redes y de funciones de red de red</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p><b>Evaluación de práctica</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00</p>



6	<p><b>Virtualización de redes y de funciones de red - Cont</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica sobre virtualización de redes y NFV</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
7	<p><b>Centrales de conmutación definidas por software. CORD</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Proyecto. Presentación</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p> <p><b>Evaluación de práctica</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00</p>
8	<p><b>Redes definidas por software y virtualización de redes en CPDs</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Proyecto. Revisión de requisitos</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
9	<p><b>Otros tecnologías del plano de control NETCONF/YANG</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Proyecto. Revisión de diseño general</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
10	<p><b>Redes definidas por software en el entorno de redes de gran alcance. SD-WAN</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Proyecto. Diseño detallado.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
11	<p><b>Servicios avanzados de red y Orquestación de servicios</b> Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios de profesor</b> Duración: 00:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Proyecto. Diseño detallado. Revisión</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>
12		<p><b>Proyecto. Desarrollo</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Ejercicio presencial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 00:30</p>

13		<b>Proyecto. Desarrollo. Cont</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14		<b>Proyecto. Desarrollo. Cont</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15				<b>Presentación de soluciones para los casos de uso. Discusión y evaluación</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 08:00
16				
17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
3	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
3	Evaluación de práctica	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	11.7%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6
4	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
5	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
5	Evaluación de práctica	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	11.7%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6

6	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
7	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
7	Evaluación de práctica	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	11.7%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6
8	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
9	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
10	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
11	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8
12	Ejercicio presencial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	2.3%	/ 10	CT1 CT4 CE4 CE9 CE6 CE8

15	Presentación de soluciones para los casos de uso. Discusión y evaluación	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	08:00	39.6%	/ 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5
----	--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------	------------	-------	-------	------	--------------------------------------------------------------------

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CT1 CT3 CT4 CG1 CE4 CE9 CE6 CE8 CG4 CT5

## 7.2. Criterios de evaluación

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo por escrito a través de la Secretaría del Departamento al coordinador de la asignatura antes de la fecha de comienzo de las actividades de "Presentación de soluciones para los casos de uso. Discusión y evaluación "

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

La calificación final de la evaluación continua se obtendrá mediante los pesos declarados anteriormente para cada actividad de evaluación

Para optar por la evaluación continua será necesario realizar y superar la actividad presencial de "Presentación de soluciones para los casos de uso. Discusión y evaluación "

La calificación por examen final será el resultado de la única prueba de evaluación final propuesta.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Vídeos previos	Recursos web	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=c9-K5O_qYgA">https://www.youtube.com/watch?v=c9-K5O_qYgA</a> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=WVs7Pc99S7w">https://www.youtube.com/watch?v=WVs7Pc99S7w</a> (Primeros 35')
SDx Central	Recursos web	<a href="https://www.sdxcentral.com">https://www.sdxcentral.com</a>
sdn reading list	Recursos web	<a href="http://www.nec-labs.com/~lume/sdn-reading-list.html">http://www.nec-labs.com/~lume/sdn-reading-list.html</a>
Portal Moodle de la asignatura	Recursos web	<a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
Laboratorio de Redes	Equipamiento	Laboratorio de redes B.123
Open Networking Foundation	Recursos web	
Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Satallings 2016.	Bibliografía	W. Stallings, ?Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud?, Addison-Wesley, 2015. Disponible en Safari-ETSIT: <a href="http://proquest.safaribooksonline.com/book/networking/9780134175478">http://proquest.safaribooksonline.com/book/networking/9780134175478</a>
Software Defined Networking with OpenFlow, Siamak Azodolmoky, 2013	Bibliografía	
Implementing IBM Software Defined Network for Virtual Environments, Sangam Racherla, 2014	Bibliografía	
Layer123	Recursos web	
Open Daylight. Linux Foundation project supporting SDN & NFV	Recursos web	

<p>Computer Networks: A Systems Approach, Larry L. Peterson, Bruce S. Davie, Morgan Kaufmann; 5 edition (March 25, 2011), English, ISBN-10: 0123850592, ISBN-13: 978-0123850591</p>	<p>Bibliografía</p>	<p><a href="http://proquest.safaribooksonline.com/book/networking/9780123850591">http://proquest.safaribooksonline.com/book/networking/9780123850591</a> <a href="http://mkp.com/computer-networks">http://mkp.com/computer-networks</a></p>
<p>Andrew. S. Tanenbaum. Computer Networks. 5/ed. Prentice Hall. 2011</p>	<p>Bibliografía</p>	<p><a href="http://catalogue.pearsoned.co.uk/educator/product/Computer-Networks-International-Version/9780132553179.page">http://catalogue.pearsoned.co.uk/educator/product/Computer-Networks-International-Version/9780132553179.page</a></p>