



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



GUÍA DE APRENDIZAJE

COMUNICACIONES OPTICAS

GRADO EN INGENIERIA DE TECNOLOGIAS Y SERVICIOS DE
TELECOMUNICACION

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000036	3	4.5 ECTS	OBLIGATORIA	SEGUNDO SEMESTRE
IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE				
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION				
DEPARTAMENTO RESPONSABLE					
TECNOLOGÍA FOTÓNICA Y BIOINGENIERÍA					

COORDINADOR/A

PALOMA RODRÍGUEZ HORCHE - p.rhorche@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

—

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- INTRODUCCION A LA ELECTRONICA (95000009)
- SEÑALES Y SISTEMAS (95000015)
- FISICA GENERAL 2 (95000006)
- TEORIA DE LA COMUNICACION (95000021)
- CAMPOS Y ONDAS EN TELECOMUNICACION (95000022)
- SISTEMAS DE TRANSMISION (95000030)

OTRAS RECOMENDACIONES

Manejo de instrumentación electrónica básica (osciloscopio, multímetro,...)

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

- RA63** Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios 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.
- RA66** Conocimientos para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos
- RA69** Conocimientos de Infraestructuras de redes de comunicaciones, troncales, metropolitanas y de acceso, redes ópticas y técnicas empleadas en enlaces ópticos de alta tasa binaria.
- RA315** Capacidad de analizar, diseñar y caracterizar redes de comunicaciones ópticas desde el punto de vista de los sistemas de transmisión
- RA64** Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
- RA316** Capacidad de manejar la instrumentación básica para la caracterización de sistemas de comunicaciones ópticas
- RA323** Capacidad de análisis de componentes ópticos de emisión y recepción de luz y conocimientos para su selección
- RA317** Conocimiento y comprensión de los conceptos de atenuación, dispersión y guiado de ondas en la fibra óptica
- RA321** Capacidad de análisis de componentes ópticos pasivos y conocimientos para su selección

Competencias

- CE-ST2** Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios 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

- CE-ST5** Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias
- CG2** Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- CE-ST3** Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas
- CG8** Comunicación oral y escrita

DESCRIPCIÓN

La asignatura Comunicaciones Ópticas proporciona a los alumnos las herramientas necesarias para adquirir un conocimiento adecuado de los principales bloques que constituyen un sistema de comunicaciones ópticas, tanto desde el punto de vista de los componentes que lo integran (fibras ópticas, emisores de luz, amplificadores ópticos, fotodetectores y otros dispositivos fotónicos), como de las posibles arquitecturas de sistemas en uso. Este enfoque incluye los principios básicos de la transmisión de señales ópticas y de la técnica de multiplexación en longitud de onda (WDM). Se hará especial énfasis en los conceptos de carácter general que están presentes en todo sistema de comunicaciones ópticas, tratando de que los conceptos aprendidos sigan siendo válidos en el futuro, con independencia de las soluciones técnicas particulares adoptadas en cada momento.

También uno de los objetivos primordiales de la asignatura es ofrecer una formación experimental en los aspectos más fundamentales de las comunicaciones ópticas. Con esto se pretende que el alumno adquiera experiencia en el manejo de los componentes más usuales y en la instrumentación asociada a la caracterización y medida de los sistemas ópticos de comunicación.

Así, combinando adecuadamente teoría y prácticas, el objetivo final de la asignatura es dotar al alumno de la capacidad de diseñar y analizar un sistema completo de comunicaciones ópticas y las partes en que se configura.

Para conseguir que los alumnos adquieran los conocimientos oportunos, el desarrollo de la asignatura se realizará bajo las siguientes modalidades:

- CLASES DE TEORÍA:** Se utilizará la **lección magistral** para la exposición verbal de los contenidos apoyándose en los recursos facilitados a los alumnos a través de la plataforma Moodle y/o web del Departamento. Se emplearán técnicas de autoevaluación on-line para realizar un seguimiento de la correcta evolución del proceso de aprendizaje.
- CLASES DE PROBLEMAS:** Durante las clases presenciales, además de los desarrollos teóricos, el profesor propondrá problemas que el alumno deberá realizar como trabajo personal. Posteriormente, se resolverán en clase algunos de los **ejercicios prácticos** propuestos, con la participación activa de los alumnos, aclarando las dudas planteadas en la resolución de los problemas.

3. PRÁCTICAS DE LABORATORIO: En el laboratorio se desarrollan de forma práctica los conceptos impartidos en las clases presenciales. El alumno debe llevar preparados los conceptos teóricos sobre los que se basa la práctica correspondiente y leído el desarrollo de la misma.

4. PRACTICAS DE SIMULACIÓN: El estudiantado realizará individual y autónomamente estas prácticas mediante un software adecuado para simular aquellos aspectos de los sistemas de comunicaciones ópticas que no pueden ser vistos experimentalmente.

TEMARIO

1. Conceptos Básicos; Sistemas y Redes de Comunicaciones Ópticas.

- 1.1. Introducción: Redes de Alta Velocidad
- 1.2. Conceptos básicos de señales ópticas
- 1.3. Formatos de Modulación
- 1.4. Enlaces punto a punto y balances
- 1.5. Límite de la capacidad de transmisión por fibra
- 1.6. Tecnologías de Multiplexación óptica
- 1.7. Problemas

2. Elementos Ópticos

- 2.1. Introducción
- 2.2. Elementos ópticos pasivos no selectivos en longitud de onda
- 2.3. Elementos ópticos pasivos selectivos en longitud de onda
- 2.4. Problemas

3. Fibra Óptica

- 3.1. Parámetros característicos de fibras Monomodo y Multimodo
- 3.2. Características de transmisión.

3.2.1. Atenuación y Dispersión temporal

3.2.2. Efectos no lineales

3.3. Normativas sobre fibras ópticas

3.4. Problemas

4. Transmisores Ópticos

4.1. Introducción y conceptos básicos

4.2. Amplificación Óptica

4.3. LED (Light Emitting Diode)

4.4. Diodo Láser

4.5. Módulos Transmisores

4.6. Problemas

5. Receptores ópticos

5.1. Introducción y principios básicos

5.2. Fotodetectores (PIN, APD)

5.3. Circuitos receptores

5.4. Ruido en receptores

5.5. Problemas

6. Sistemas

6.1. Sensibilidad del receptor

6.2. Ruido en amplificadores ópticos

6.3. Multiplexación: WDM y PDM

6.4. Límites en un enlace

6.4.1. Penalizaciones de potencia

6.5. Diseño en transparencia con amplificadores ópticos

7. Prácticas

7.1. Elementos básicos de un enlace de comunicaciones ópticas

7.2. Caracterización de fuentes ópticas

7.3. Respuesta temporal, dispersión, transmisión de señales digitales y multiplexación en longitud de onda

7.4. Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo (OTDR)

7.5. Soldadura de Fibras Ópticas

7.6. Simulación de un Sistema de Comunicaciones Ópticas

ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa



Cuestiones de clase (NQT)

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

00h 01m

Aula (en horario)

Progresiva

6%

0

No recup.

RECUPERABLE

JUSTIFICACIÓN

No

Actividad realizada en clase

TEMAS

T1

T2

T3

T4

T5

T6

METODOLOGÍA

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

CE-ST2

CE-ST3

CE-ST5

RA63

RA64

RA66

RA69

RA315

RA317

RA321

RA323



Tema 3: Fibra Óptica

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

05h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T3

METODOLOGÍA

Lección Magistral



Tema 4: Transmisores Ópticos

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

04h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T4

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Prácticas de Laboratorio				SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
Presencial	16h 00m	Laboratorio	Reducido																
TEMAS																			
T7																			
METODOLOGÍA																			
Prácticas de Laboratorio																			

Resolución de cuestiones de laboratorio				SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA														
Presencial	00h 01m	Laboratorio	Progresiva, Global	8%	4	No recup.													
RECUPERABLE	JUSTIFICACIÓN																		
No	Se realizan en un laboratorio de fibra óptica con material muy específico																		
METODOLOGÍA																			
Otras técnicas																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
				CE-ST2	CE-ST3	CE-ST5	RA63	RA64	RA66	RA69	RA315	RA316	RA317	RA321	RA323	CG2			

Tema 5: Receptores Ópticos				SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
Presencial	02h 00m	Aula (en horario)	Reducido																
TEMAS																			
T7																			
METODOLOGÍA																			
Lección Magistral																			

Tema 6: Sistemas				SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
Presencial	07h 45m	Aula (en horario)	Normal																
METODOLOGÍA																			
Lección Magistral																			

Práctica de Simulación			SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	GRUPO																
No presencial, sin docente	02h 00m	Reducido																
METODOLOGÍA																		
Otras actividades Prácticas de Laboratorio																		

Resolución de cuestiones de simulación			SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA														
No presencial, sin docente	00h 10m	Progresiva, Global	2%	4														
TEMAS																		
T7																		
METODOLOGÍA																		
Prueba Telemática																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 RA63 RA64 RA66 RA69 RA315 RA316 RA317 RA321 CG2 RA323																		

Examen práctico			SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA													
Presencial	00h 01m	Laboratorio	Progresiva, Global	20%	4 No recup.													
RECUPERABLE	JUSTIFICACIÓN																	
No	Se realiza en un laboratorio con instrumentación muy específica relacionada con los sistemas de comunicaciones ópticas																	
TEMAS																		
T7																		
METODOLOGÍA																		
Examen de Prácticas																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
RA63 RA64 RA66 RA69 RA315 RA316 RA317 RA321 RA323 CG2 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG8																		

Evaluación práctica		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	00h 50m	Laboratorio	Reducido														
TEMAS																	
T7																	
METODOLOGÍA																	
Prácticas de Laboratorio Otras actividades																	

Problemas		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	02h 00m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA																	
Clase de Problemas																	

Examen práctico extraordinario		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
Presencial	01h 00m	Laboratorio	Extraordinaria	30%	4												
TEMAS																	
T7																	
METODOLOGÍA																	
Examen de Prácticas																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG8 CG2 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 RA63 RA64 RA66 RA69 RA315 RA316 RA317 RA321 RA323																	

Examen de Teoría y problemas		SEMANAS															
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
Presencial	03h 30m	Aula de examen	Progresiva, Global, Extraordinaria	70%	4												
TEMAS																	
T1 T2 T3 T4 T5 T6																	
METODOLOGÍA																	
Examen Escrito																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
RA63 RA64 RA66 RA69 RA315 RA317 RA321 RA323 CG2 CE-ST2 CE-ST3 CG8 CE-ST5																	

PLANIFICACIÓN SEMANAL

 Actividad evaluable
  Actividad formativa
  Semana con actividad
  E Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos	•															
 Tema 2: Elementos Ópticos	•	•														
 Cuestiones de clase (NQT)	•	•	•	•						•	•					
 Tema 3: Fibra Óptica		•	•													
 Tema 4: Transmisores Ópticos				•												
 Prácticas de Laboratorio					•	•						•	•			
 Resolución de cuestiones de laboratorio					•	•					•	•				
 Tema 5: Receptores Ópticos				•						•						
 Tema 6: Sistemas										•	•					
 Práctica de Simulación												•	•			
 Resolución de cuestiones de simulación												•				
 Examen práctico													•			
 Evaluación práctica													•			
 Problemas														•		
 Examen práctico extraordinario																•
 Examen de Teoría y problemas																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Criterios de evaluación comunes a cualquier tipo de evaluación:

La realización de las cuatro prácticas presenciales de laboratorio son actividades obligatorias y **no recuperables**, tanto para la evaluación progresiva como para la evaluación global (ordinaria y extraordinaria), dado que estas actividades solo pueden realizarse en el laboratorio con la instrumentación específica. Cualquier ausencia sin justificar supondrá el suspenso del laboratorio y, por tanto, de la asignatura. Una sesión de laboratorio con ausencia justificada será recuperada cuando la capacidad del laboratorio lo permita. Las prácticas de simulación son una actividad obligatoria recuperable.

Los cuestionarios de las prácticas presenciales se realizarán en el laboratorio 10 minutos antes del inicio de la práctica. Un retraso superior a 10 minutos supondrá la no realización del cuestionario y una calificación del mismo de 0 puntos. Un retraso de más de 20 minutos, desde el inicio de la práctica, será considerado como no asistencia que podrá ser recuperada cuando la capacidad del laboratorio lo permita.

Las preguntas de los cuestionarios se publicarán con antelación a la realización de la práctica, pero **no** sus respuestas ya que son un banco de preguntas muy limitado.

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

La nota de evaluación progresiva se compone de las notas obtenidas en los Exámenes de Teoría y Problemas (NET), en la Calificación de Laboratorio (NLab) y en las cuestiones que se realizarán presencialmente en las clases de teoría (NQT). La ponderación se realiza de la forma siguiente:

- Nota evaluación progresiva = 70% NET + 6 % NQT + 30% NLab

Será necesario obtener una nota superior a 4 sobre 10 en la suma ponderada de NET y NQT y en la calificación NLab. Si no se alcanza ese mínimo, **no** se efectuará el promedio entre las calificaciones y la nota final de la asignatura será la calificación menor entre las notas obtenidas que no hayan alcanzado el mínimo exigido.

La calificación de Laboratorio se calculará mediante:

- NLab = 67% Examen sobre Prácticas de Laboratorio (NEP) + 33 % Test previos a las prácticas (Ntest)

Ntest se calculará como el promedio de los test previos a las prácticas y la calificación de la práctica de simulación.

IMPORTANTE: La calificación NQT es una nota extra (máximo 0,6 puntos) de la calificación del Examen Teórico (NET). Se realizará en clase, sin fecha predeterminada.

Actividades

- Cuestiones de clase (NQT) (6%)
- Resolución de cuestiones de laboratorio (8%)
- Resolución de cuestiones de simulación (2%)
- Examen práctico (20%)
- Examen de Teoría y problemas (70%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

La nota de evaluación global es la obtenida en el examen de teoría y problemas NET, y en la Calificación de Laboratorio (NLab), ponderadas de la siguiente manera:

- Nota evaluación global = 70% NFT + 30 % NLab

Será necesario alcanzar una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en NFT y en NLab para aprobar la asignatura. Si no se alcanza ese mínimo, **no** se efectuará el promedio entre las calificaciones y la nota final de la asignatura será la calificación menor entre las notas obtenidas que no hayan alcanzado el mínimo exigido.

Actividades

- Resolución de cuestiones de laboratorio (8%)
- Resolución de cuestiones de simulación (2%)
- Examen práctico (20%)
- Examen de Teoría y problemas (70%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

La convocatoria extraordinaria consistirá en un examen de teoría y problemas (NFT), y un examen extraordinario de prácticas de laboratorio (NLabE). La parte correspondiente al laboratorio está condicionada a la realización de las prácticas y los cuestionarios durante el curso académico.

La nota final del examen extraordinario se obtendrá de la siguiente manera:

- Nota final extraordinario = 70% Examen Teórico Extraordinario NTE + 30 % Calificación de Laboratorio NLabE.

Será necesario alcanzar una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en NTE y en NLabE para hacer media entre esos bloques. Si no se alcanza ese mínimo, **no** se efectuará el promedio entre las calificaciones y la nota final de la asignatura será la calificación menor entre las notas obtenidas que no hayan alcanzado el mínimo exigido.

IMPORTANTE:

- Aquellos alumnos que durante el curso académico hubieran obtenido una Calificación de Laboratorio NLab igual o superior a 5 puntos sobre 10, podrán NO realizar el Examen Extraordinario de Prácticas de Laboratorio con lo que la calificación NLabE será NLab.
- Aquellos alumnos que durante el curso académico hubieran obtenido una Calificación de teoría y problemas NET igual o superior a 5 puntos sobre 10, podrán NO realizar el Examen Extraordinario de teoría y problemas con lo que la calificación NFT será NET.

Actividades

- Examen práctico extraordinario (30%)

- Examen de Teoría y problemas (70%)

RECURSOS

Web

Apuntes, transparencias y autoevaluaciones.

Resolución de problemas y auto-evaluaciones disponibles en Moodle.

Guía de prácticas. Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería (Año en curso)

Guía de prácticas de laboratorio. Hojas de características de componentes e instrumentación

Recursos didácticos interactivos. Web TFB

Aplicaciones interactivas para la resolución de problemas de balances en el diseño de sistemas de Comunicaciones Ópticas

Bibliografía

Keiser, Gerd; Optical Fiber Communications", Springer (2021)

Libro de consulta complementario

Senior, J.M. Optical Fiber Communications, Prentice Hall, (2009)

Libro de consulta complementario

Introduction to Fiber-Optic Communications. Rongqing Hui. 2019

Libro que introduce al estudiante a los sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

Otros recursos

Software Optiperformer

Programa de simulación de sistemas de comunicaciones ópticas

Bibliografía

Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. WileyInterscience (2010)

Libro de consulta básico

S. Kumar and M.J. Deen, Fiber Optic Communications, Wiley (2014)

Libro de consulta complementario

Equipamiento

Laboratorio Brigadier Mathé

En este laboratorio se dispone de instrumentación y componentes asociados a las comunicaciones ópticas. Si ser exhaustiva, la lista siguiente muestra un resumen de dicho equipamiento: Analizador de Espectros Ópticos (OSA) Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) Medidores de potencia óptica y fotómetros Osciloscopio Analizador de espectro eléctrico Generador de señal Fuentes de Luz (LD, LED) Componentes Pasivos Bobinas de fibra óptica Atenuadores Ópticos Variables (VOA) Multiplexores y demultiplexores (WDM / DWDM) Acopladores (couplers), divisores (splitters) y circuladores ópticos Amplificadores ópticos de fibra dopada con Erblio (EDFA) Fotorreceptores con fotodiodos PIN y de Avalancha (APD) Fusionadora de arco voltaico para fibra óptica Cortadora de precisión, Peladora de fibra Microscopio de inspección de conectores ópticos ...

Sala de trabajo en grupo: Laboratorio

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Educación de calidad



Energía asequible y no contaminante



Industria, innovación e infraestructura

OTRA INFORMACIÓN

El cronograma de la asignatura es orientativo y puede sufrir alguna modificación en función de la disponibilidad de las instalaciones del laboratorio

La asignatura Comunicaciones Ópticas da lugar a una formación esencial para el diseño, desarrollo y mantenimiento de los sistemas y redes de comunicaciones actuales, infraestructuras imprescindibles para el

desarrollo de la humanidad. Por tanto, se relaciona con los ODS 4, 7 y 9:

- Subobjetivo 4.4: Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento.
- Subobjetivo 7.b: Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo.
- Subobjetivo 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad.
- Subobjetivo 9.4: Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.