



## Guía docente

# 230705 - OSEN - Tecnologías de Sensores de Fibra Óptica

Última modificación: 09/06/2020

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 739 - TSC - Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2019).  
(Asignatura optativa).

**Curso:** 2020      **Créditos ECTS:** 5.0      **Idiomas:** Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Comellas Colomé, Jaume

**Otros:**

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

- CE11. Conocimiento de los lenguajes de descripción hardware para circuitos de alta complejidad.
- CE3. Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.
- CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.
- CE6. Capacidad para modelar, diseñar, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener redes, servicios y contenidos.
- CE13. Capacidad para aplicar conocimientos avanzados de fotónica y optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.
- CE14. Capacidad para desarrollar instrumentación electrónica, así como transductores, actuadores y sensores.

#### Transversales:

- CT4. USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN: Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de especialidad, y valorar de forma crítica los resultados de dicha gestión.
  
- CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.
  
- CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Clases (3horas/semana)  
Trabajo en grupo o Trabajo individual (distancia): "Technical Report"  
Presentaciones de los trabajos  
Examen final

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El objetivo de este curso es capacitar a los estudiantes en los métodos de estudio, análisis, diseño y evaluación de las tecnologías-aplicaciones de los sensores ópticos implementados con fibras ópticas. En primer lugar, se considera la evolución de los sensores ópticos en general, la importancia de los sensores de fibra óptica, sus principales tecnologías, y los dispositivos, componentes y subsistemas clave que permiten implementar sistemas de sensores de fibra. Un primer capítulo es el dedicado al análisis y diseño del subsistema OTDR que permitirá conocer la distancia exacta al segmento de fibra óptica donde se realiza las medidas (temperatura, deformación, vibración, etc.). Después se analizarán los principales sensores distribuidos de fibra óptica (Rayleigh, Raman, Brillouin). Debido a que la fibra óptica se puede comportar como un sensor distribuido, actualmente las aplicaciones prácticas de dichos sensores son muy relevante para aplicaciones de "sensado" en decenas de kilómetros con un solo equipo interrogador, situado en un extremo de la fibra. Para medidas en puntos discretos, los sensores de fibra con Bragg Grating (FBG) son los de mayor aplicación por su sencillez y prestaciones. Por último se analizarán las aplicaciones industriales de dichos sensores, comentando las aplicaciones de los sensores "low-cost" basados en fibras de plástico, y sus aplicaciones para el desarrollo de las futuras Smart-Cities.

Resultados del aprendizaje de la asignatura:

- Capacidad de analizar, especificar, diseñar sensores (y redes de sensores) ópticos implementados con fibra óptica: distribuidos, no-distribuidos, quasi-distribuidos y discretos.
- Capacidad de desarrollar soluciones y aplicaciones para los diferentes tipos de sensores de fibra: temperatura, tensión-deformación, vibración, acústicos, etc.
- Capacidad de analizar y diseñar los sistemas de interrogación para los diferentes tipos y aplicaciones de sensores.
- Capacidad de analizar y diseñar un subsistema clave: Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).
- Capacidad de analizar la importancia de los sensores ópticos para el desarrollo de las tecnologías relacionadas con "Smart Cities" y Eficiencia Energética.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	39,0	31.20
Horas aprendizaje autónomo	86,0	68.80

**Dedicación total:** 125 h

## CONTENIDOS

### I. Introduction

#### Descripción:

- I.1.- Optical sensors: A historical perspective
- I.2.- Fiber-Optic Sensors: Fundamentals and Applications
- I.3.- Optical fibre technology:
  - Fiber optics
  - Components, Devices and Subsystems
- I.4.- Types of optical fiber sensors:
  - Quasi-distributed sensing networks
  - Distributed fiber optic sensing
  - Fiber Bragg Grating sensors
  - Interferometric sensing

#### Dedicación: 10h

- Grupo grande/Teoría: 4h
- Aprendizaje autónomo: 6h

## II. Optical Time Domain Reflectometry (OTDR)

### Descripción:

- II.1.- OTDR: Applications for Distributed Optical Fiber Sensors
- II.2.- OTDR: Operating Principles
- II.3.- OTDR: Limitations
- II.4.- OTDR: Alternatives for High-Performance Long-Haul
- II.5.- OTDR: Signal Averaging
- II.6.- OTDR: Correlation Techniques
- II.7.- OTDR: Complementary Codes
- II.8.- OTDR: Correlation Gain
- II.9.- Phase-OTDR

**Dedicación:** 19h 30m

Grupo grande/Teoría: 8h 30m

Aprendizaje autónomo: 11h

## III. Raman-Distributed Temperature Sensors (Raman-DTS)

### Descripción:

- III.1.- Raman-DTS
- III.2.- Raman scattering
- III.3.- Raman-DTS: Temperature measurements
- III.4.- Raman-DTS System
- III.5.- Raman-DTS Performances
- III.6.- Raman-DTS with Loop Configuration
- III.7.- Raman-DTS: Long-Range (LR) with Hybrid Configuration
- III.8.- Raman-DTS: LR with Coded-OTDR and Discrete Raman Amplification
- III.9.- Raman-DTS: Anti-Stokes Raman with Rayleigh Loss Correction
- III.10.- Raman-DTS: Dual Sources separated by two Stokes Shifts
- III.11.- Raman-DTS: Applications

**Dedicación:** 14h

Grupo grande/Teoría: 6h 30m

Aprendizaje autónomo: 7h 30m

## IV. Brillouin-Distributed Fiber Sensors (Brillouin-DFS)

### Descripción:

- IV.1- Brillouin Scattering
- IV.2- Brillouin-DFS
- IV.3- Brillouin-DFS: Interrogation Techniques
- IV.4- Brillouin-DFS System Performances
- IV.5- Brillouin-DFS: Applications

**Dedicación:** 13h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 7h



## V. Fiber Bragg Grating (FBG) Sensors

### Descripción:

- V.1- Bragg Grating in Optical Fiber
- V.2- Fiber Bragg Grating: Temperature and Strain Sensor
- V.3- FBG Interrogator System
- V.4- High Capacity FBG-WDM Sensing System
- V.5- FBG Sensor with High Birefringent Optical Fiber
- V.6- FBG Sensor: Benefits and Applications
- V.7- FBGs in multicore fiber for 3D sensing
- V.8- Appendix: Strain definitions

### Dedicación: 22h

Grupo grande/Teoría: 9h

Aprendizaje autónomo: 13h

## VI. Distributed Acoustic Sensing (DAS)

### Descripción:

- VI.1- DAS: Introduction
- VI.2- DAS: Interrogation Techniques
- VI.3- DAS: Signal Processing
- VI.4- DAS: Applications

### Dedicación: 12h 40m

Grupo grande/Teoría: 7h

Aprendizaje autónomo: 5h 40m

## VII. Applications of Fiber Optic Sensors

### Descripción:

- VII.1.- Applications of Distributed Temperature Sensors (DTS)
- VII.2.- Distributed Strain Sensors (DSS): practical issues, solutions and applications
- VII.3.- Applications of Distributed Acoustic Sensors (DAS)
- VII.4.- Applications of Distributed Vibration Sensors (DVS)
- VII.5.- Applications of Fiber Bragg Grating Sensors (FBG-Sensors)
- VII.6.- Applications of Plastic Fiber-Optic Sensors (PFOS)
- VII.7.- Applications to IoT and Smart Cities
- VII.8.- Applications of New Optical Fibers (SDM and FMF) to sensing technologies

### Dedicación: 9h

Grupo grande/Teoría: 5h

Aprendizaje autónomo: 4h



## ACTIVIDADES

### Informe Técnico

**Descripción:**

Informe Técnico: Esta actividad consiste en la preparación de un trabajo técnico, en grupos de 1 o 2 estudiantes, que deberá ser entregado en formato Power Point y presentado al resto de la clase al final del curso.

Presentación oral: Presentación oral del Informe Técnico (30minutos)

**Objetivos específicos:**

Evaluar un trabajo técnico de investigación hecho individualmente o en grupo sobre una materia relacionada con el curso.

**Material:**

Para este curso ATENEA será la herramienta de apoyo a la enseñanza virtual. Desde ATENEA, los estudiantes serán capaces de descargar todos los documentos (presentaciones, informes, artículos, etc.) relacionados con el curso-Informe Técnico.

**Entregable:**

Informe Técnico: 1 semanas antes de finalizar el curso

**Dedicación:** 29h

Aprendizaje autónomo: 29h

### Presentación Oral: Informe Técnico

**Descripción:**

Presentación del Informe Técnico

**Objetivos específicos:**

Evaluar la capacidad oral de presentar en grupo e individualmente los resultados del informe técnico

**Material:**

Presentación en Power Point

**Dedicación:** 0h 45m

Grupo pequeño/Laboratorio: 0h 45m

### EXAMEN FINAL

**Descripción:**

Examen Final

**Dedicación:** 1h 30m

Grupo grande/Teoría: 1h 30m

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Examen Final: 40%

Evaluación individual: 10%

Evaluación Trabajo ("Technical Report"): 50%

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

En el examen final el alumno podrá llevar todo tipo de información técnica (transparencias de las clases del curso, libros, documentos relacionados del curso, etc.)



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Hartog, Arthur H.. An Introduction to distributed optical fibre sensors [en línea]. CRC Press, 2017 [Consulta: 22/04/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=4865550>. ISBN 9781351645300.
- Patil, Supriya; Shjaligram, Arvind. Fiber optic sensors : design to prototype. Lap Lambert Academic Publishing, 2016. ISBN 9783659887666.

### Complementaria:

- Rao, Yun-Jiang ; Ran, Zeng-Ling; Gong, Yuan. Fiber-Optic Fabry-Perot Sensors: An Introduction [en línea]. CRC Press, 2017 [Consulta: 22/04/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=4850461>. ISBN 9781498736947.
- Mulualem, Yelkal. FPGA Architecture design for distributed optical fiber sensors. Lap Lambert Academic Publishing, 2016. ISBN 9783659892233.

## RECURSOS

---

### Enlace web:

- Nom recurs. For this course ATENEA will be the virtual teaching support tool. From there the students will be able to download all the documents (slides, related papers, etc.) of the course.