

# MÁSTER Y DOCTORADO TICRM – CURSO 2011-2012

## 1. Identificación de la asignatura

<b>NOMBRE</b>	RADIO SOBRE FIBRA	<b>CÓDIGO</b>	ST7
<b>TIPO</b>	Optativa	<b>CRÉDITOS</b>	4,5
<b>PERIODO</b>	Anual	<b>IDIOMA</b>	Castellano
<b>COORDINADOR/ES</b>	<b>TELÉFONO /EMAIL</b>		<b>UBICACIÓN</b>
Arce Diego, José Luis	942201545/jlarce@teisa.unican.es		UC
<b>PROFESORADO</b>	<b>TELÉFONO /EMAIL</b>		<b>UBICACIÓN</b>
Durana Apaolaza, Gaizka	946014128/gaizka.durana@ehu.es		UPV/EHU
Arce Diego, José Luis	942201545/jlarce@teisa.unican.es		UC
Aldabaldetrekue Etxeberria, Gotzon	946014177/gotzon.aldabaldetrekue@ehu.es		UPV/EHU
Fanjul Vélez, Félix	942201545/ fanjulf@unican.es		UC

## 2. Contextualización

El Máster TICRM está dividido en seis grupos de asignaturas:

1. Cursos Metodológicos (M#).
2. Cursos de Tratamiento de Señal (S#).
3. Cursos de Telemática (T#).
4. Cursos de Electromagnetismo (EM#).
5. Cursos de Sistemas de Telecomunicación (ST#).
6. Cursos de Radiocomunicaciones (R#).

Esta asignatura se enmarca dentro de los cursos de Sistemas de Telecomunicación y con ella se pretende iniciar a los alumnos en las técnicas de comunicaciones ópticas más novedosas que se están implantando en sistemas de radio sobre fibra y de redes ópticas no guiadas. Se complementará la parte teórica con un tema sobre las medidas en los sistemas de comunicaciones ópticas explicados. Se analizarán las características más relevantes de los sistemas de fibra óptica en su utilización en redes móviles, sus ventajas, y las principales aplicaciones, presentes y futuras. Serán objeto de especial atención los sistemas de comunicaciones entre antenas vía fibra o *Remote Antenna Feeding*. El curso de complementará con temas sobre comunicaciones ópticas en espacio libre y tecnología LIDAR, haciendo especial hincapié en propagación láser en espacio libre, el canal atmosférico, dispositivos asociados, diseño de enlaces horizontales y verticales, sistemas de comunicaciones ópticas por satélite y, tecnologías y técnicas de mitigación.

## 3. Requisitos

Se recomienda que los alumnos tengan conocimientos básicos de campos electromagnéticos, y de propagación de ondas electromagnéticas tanto en medios guiados como no guiados.

# MÁSTER Y DOCTORADO TICRM – CURSO 2011-2012

---

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

### Competencias

Adquisición de conocimientos de los aspectos básicos y teóricos de sistemas de radio sobre fibra y de comunicaciones ópticas en espacio libre; comprensión y dominio de los componentes constituyentes de sistemas de radio sobre fibra, de sistemas LIDAR y aquellos basados en comunicaciones ópticas en espacio libre; capacidad de resolver ordenada y justificadamente problemas aplicados a los sistemas de comunicaciones ópticas en los que se basan los componentes anteriores; conocimiento adecuado de las técnicas, métodos y sistemas empleados en sistemas de radio sobre fibra, en comunicaciones ópticas en espacio libre y en sistemas LIDAR.

### Resultados de aprendizaje

El alumno ha de ser capaz de:

- Identificar y analizar los componentes constituyentes de sistemas de radio sobre fibra, de sistemas LIDAR y aquellos basados en comunicaciones ópticas en espacio libre a partir de haber adquirido conocimientos de los aspectos básicos y teóricos de su funcionamiento.
- Resolver y calcular ordenada y justificadamente problemas aplicados a los sistemas de comunicaciones ópticas en los que se basan los componentes anteriores.
- Conocer las técnicas, métodos y sistemas empleados en los mencionados sistemas.

## 5. Contenidos

Tema 1 Introducción a las comunicaciones ópticas:

- Propagación
- Emisores y detectores
- Conectores
- Cables de fibra óptica
- Seguridad
- Equipos de medida
- Atenuación y amplificadores
- Dispersión y efectos no lineales
- Problemática de los sistemas DWDM

Tema 2 Radio sobre fibra:

- Uso de las comunicaciones ópticas en redes móviles: visión general y ventajas
- Problemática de la emisión de señales de microondas sobre fibra óptica
- Sistemas de fibra óptica para RAF (*Remote Antenna Feeding*)
- Radio sobre fibra: tecnologías de acceso y aplicaciones

Tema 3 Comunicaciones ópticas en espacio libre:

- Propagación láser en espacio libre
- Canal atmosférico
- Dispositivos asociados
- Sistemas de comunicaciones ópticas por satélite
- Diseño de enlaces horizontales y verticales
- Tecnologías y técnicas de mitigación
- Normativa de seguridad

# MÁSTER Y DOCTORADO TICRM – CURSO 2011-2012

- Tema 4 LIDAR:
- ¿Qué es un LIDAR?
  - Reseña histórica
  - Arquitectura del sistema
  - Ecuación de LIDAR
  - Técnicas LIDAR

## 6. Metodología y plan de trabajo

Temas	Horas totales	TRABAJO PRESENCIAL								TRABAJO NO PRESENCIAL		
		Clase Expositiva	Prácticas de aula /Seminarios/ Talleres	Prácticas de laboratorio /campo /aula de informática/ aula de idiomas	Prácticas clínicas hospitalarias	Tutorías grupales	Prácticas Externas	Sesiones de Evaluación	Total	Trabajo grupo	Trabajo autónomo	Total
Tema 1	31,25	5	3,75			2,5		1,25	12,5		18,75	18,75
Tema 2	56,25	9	6,75			4,5		2,25	22,5		33,75	33,75
Tema 3	12,5	2	1,5			1		0,5	5		7,5	7,5
Tema 4	12,5	2	1,5			1		0,5	5		7,5	7,5
<b>Total</b>	<b>112,5</b>	<b>18</b>	<b>13,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>4,5</b>	<b>45</b>		<b>67,5</b>	<b>67,5</b>

MODALIDADES		Horas	%	Totales
Presencial	Clases Expositivas	18	16	<b>45</b>
	Práctica de aula / Seminarios / Talleres	13,5	12	
	Prácticas de laboratorio / campo / aula de informática / aula de idiomas	0	0	
	Prácticas clínicas hospitalarias	0	0	
	Tutorías grupales/individuales	9	8	
	Prácticas Externas	0	0	
	Sesiones de evaluación	4,5	4	
No presencial	Trabajo en Grupo	0	0	<b>67,5</b>
	Trabajo Individual	67,5	60	
<b>Total</b>		<b>112,5</b>		

# MÁSTER Y DOCTORADO TICRM – CURSO 2011-2012

---

## 7. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Se pretende que la evaluación para los alumnos que asisten con regularidad al curso (más de un 75% de las horas presenciales) sea continuada a través de la evaluación de los ejercicios propuestos a lo largo del curso.

La evaluación continua se realizará mediante seminarios, trabajos y prácticas de ordenador, estas últimas fundamentalmente para diseño y análisis de enlaces de fibra óptica.

Por el perfil de los alumnos es posible que alguno de los mismos, por motivos profesionales, no pueda asistir a las clases con la regularidad deseada. En estos casos, será posible obtener la calificación por medio de un examen final, que reflejará los contenidos vistos en la asignatura.

El examen final se realizará para controlar, evaluar y afirmar el aprendizaje del alumno y comprenderá tanto los contenidos impartidos en clases magistrales, seminarios y prácticas de ordenador, como los trabajos elaborados por el alumno.

## 8. Recursos, bibliografía y documentación complementaria

El alumno tendrá a su disposición toda la bibliografía necesaria para el aprendizaje de los contenidos del curso así como de ordenadores tanto para la realización de trabajos como para la búsqueda bibliográfica y de documentación. También contará con todo tipo de medios audiovisuales para la presentación de sus trabajos y seminarios.

El alumno igualmente dispondrá de acceso a todas las bases de datos científicos-técnicas de la universidad UPV-EHU y de la UC, con el doble objetivo de dominar dichas herramientas y de utilizarlas para conseguir la bibliografía necesaria para la realización de los trabajos encomendados.

También contará con una copia de las transparencias y de la documentación manejada por el profesor para la impartición de la asignatura (disponible en formato electrónico a través de la web [www.ticrm.es](http://www.ticrm.es)).

Se prevé la visita a centros de investigación de excelencia de España para completar la formación del alumno.

Los alumnos deben realizar prácticas de ordenador para aprender a dimensionar, diseñar y analizar redes de fibra. Para ello será necesario contar con ordenadores dotados de una buena memoria RAM y del paquete software OPTIWAVE SUITE.

### ***Bibliografía básica, bibliografía de profundización, direcciones de Internet de interés, revistas, etc.***

- Dennis Derickson, *Fiber Optic Test and Measurement*, Prentice Hall, May, 1998.
- H. Al-Raweshidy & S. Komaki (Eds), *Radio Over Fiber Technologies for Mobile Communications Networks*, Artech House, 2002.
- D. Castleford, *Optical Crosstalk in WDM Fibre-Radio Networks*. Ph.D. Thesis.
- Dr. David Wake, "A Survey of Current and Emerging Radio-Over-Fibre Technologies for Wireless Communications Applications". Application note at [www.microwavephotonics.com](http://www.microwavephotonics.com)

## MÁSTER Y DOCTORADO TICRM – CURSO 2011-2012

---

- “Implementation Frameworks for Integrated Wireless Optical Access Networks”. Eurescom, project P816-pdf. Deliverables 2 and 4.
- J.C. Attard, "Fibre Radio Applications, Technologies and Systems".
- Tesis de Anthony Ng'goma “Radio-over-Fibre Technology for Broadband Wireless Communication Systems”, 2005.
- Ghassem Asrar, *Theory and Applications of Optical Remote Sensing*. Wiley Series in Remote Sensing and Image Processing, 1989.
- David O. Caplan, Laser communication transmitter and receiver design, *J. Opt. Fiber. Commun. Rep.*, vol. 4, pp. 225–362, 2007.
- Vincent W. S. Chan, Optical Space Communications, *J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. 6, pp. 959–975, 2000.
- I.I. Kim, B. McArthur, and E. Korevaar, Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications, *Proc. SPIE*, Vol. 4214, pp. 26–37, 2000.
- Arun K. Majumdar, Free-space laser communication performance in the atmospheric channel, *J. Opt. Fiber. Commun. Rep.*, vol. 2, pp. 345–396, 2005.
- K. Thyagarajan and Ajoy Ghatak, *Fiber Optic Essentials*. Wiley-IEEE Press, 2007, ch. 4.
- H. A. Willebrand, B. S. Ghuman, Fiber optics without fiber, *IEEE Spectrum*, vol. 38, pp. 40–45, 2001.
- Cable free solutions: <http://www.cablefree.co.uk>
- Free Space Optics: <http://www.freespaceoptics.org>
- R. T. H. Collis, Lidar, *App. Opt.*, vol. 9, pp. 1782–1788, 1970.
- Albert V. Jelalian, *Laser Radar Systems*. Norwood: Artech House, 1992.
- Raymond M. Measures, *Laser Remote Sensing: Fundamentals and Applications*, New York: John Wiley & Sons, 1984.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO), 2006. [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/calipso/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/calipso/main/index.html)
- National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory, Optical Remote Sensing Division, Mini-MOPA CO<sub>2</sub> Doppler Lidar: CART (Cloud and Radiation Testbed)/ARM (Atmospheric Radiation Measurement), 1996. <http://www.etl.noaa.gov/et2/instruments/mini-mopa>
- F. Rocadenbosch Burillo, Lidar sensing of the atmosphere: receiver design and inversion algorithms for an elastic system, Ph.D. dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya, 1996. <http://www.tdx.cat/TDX-0214108-152242>
- Claus Weitkamp, *Lidar: Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere*. New York: Springer, 2005, ch. 1.
- American National Standard for Safe Use of Lasers, ANSI Z136.1, Laser Institute of America, 2007.
- American National Standard for Safe Use of Optical Fiber Communication Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources, ANSI Z136.2, Laser Institute of America, 1997.
- Safety of laser products - Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information, IEC 60825-12, International Electrotechnical Commission, 2005.
- Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements, IEC 60825-1, International Electrotechnical Commission, 2007.
- Safety of laser products - Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS), IEC 60825-1, International Electrotechnical Commission, 2007.
- Laser Safety Guide, Laser Institute of America, 2000.