

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO  
Aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería en su sesión ordinaria del 15 de octubre de 2008

**SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS**

**1875**

**8°**

**8**

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

**Ingeniería Eléctrica**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

División

Departamento

Carrera en que se imparte

**Asignatura:**

**Horas:**

**Total (horas):**

Obligatoria

Teóricas

Semana

Optativa

Prácticas

16 Semanas

**Modalidad:** Curso, laboratorio.

**Seriación obligatoria antecedente:** Medios de transmisión.

**Seriación obligatoria consecuente:** Ninguna.

**Objetivo(s) del curso:** El alumno comprenderá el funcionamiento, parámetros y características de los sistemas de comunicaciones ópticas de diferentes tipos y conocerá los últimos desarrollos en las tecnologías de las comunicaciones ópticas. El alumno aplicará las técnicas y equipos de medición para las comunicaciones ópticas, analizará los fenómenos que limitan las características de diferentes elementos y de un sistema completo de comunicaciones ópticas y elegirá los métodos para combatir estos efectos, formulará las exigencias técnicas para un sistema de comunicaciones ópticas, determinará los parámetros fundamentales de un sistema para una aplicación en particular y escogerá los elementos pasivos y activos más adecuados para este sistema, además, realizará el cálculo o diseño de un enlace por fibra óptica.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Evolución de las tecnologías de comunicaciones ópticas	3.0
2.	Mediciones en comunicaciones ópticas	7.5
3.	Capacidad de un enlace de fibra óptica	7.5
4.	Cálculo y diseño de un enlace por fibra óptica	9.0
5.	Sistemas de comunicaciones ópticas TDM y OTDM	6.0
6.	Sistemas coherentes de comunicaciones ópticas	6.0
7.	Sistemas de comunicaciones ópticas WDM	9.0
		48.0
	Prácticas de laboratorio	32.0
	Total	80.0



## 1 Evolución de las tecnologías de las comunicaciones ópticas

**Objetivo:** El alumno explicará las etapas, condiciones promotoras y tendencias de evolución de los sistemas de comunicaciones ópticas, los comparará por sus características generales y clasificará por áreas de aplicación.

### Contenido:

- Seis generaciones de los sistemas de comunicaciones ópticas
- Generaciones según la ventana de transmisión utilizada (sistemas de 1ª, 2ª y 3ª generación)
- Generaciones según la técnica de manejo de señales
- 4ª generación – sistemas coherentes
  - 5ª generación – sistemas con amplificadores EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifiers)
  - 6ª generación – sistemas WDM (Wavelength Division Multiplexing) y DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)
- Comparación entre las características de los sistemas de diferentes generaciones
- Los retos en el mejoramiento de las características de los sistemas de cada generación
- Las categorías de los sistemas de comunicaciones ópticas modernos y sus características generales
- Enlaces sencillos
- Redes locales y redes metropolitanas
- Líneas magistrales terrestres y submarinas, redes globales
  - Sistemas con la multicanalización en el dominio de longitud de onda (WDM) y multicanalización densa en el dominio de longitud de onda (DWDM)
  - Problemas clave en el desarrollo y manejo de los sistemas de comunicaciones ópticas de cada categoría

## 2 Mediciones en comunicaciones ópticas

**Objetivo:** Dadas algunas fibras ópticas y equipo de medición, el alumno preparará adecuadamente las fibras ópticas y realizará las mediciones de sus parámetros, operará el equipo de medición, clasificará por categorías este equipo y explicará los principios de su funcionamiento e interpretará las técnicas de medida que generalmente se usan en comunicaciones ópticas.

### Contenido:



- Técnicas de medida en fibras ópticas
  - Medida de atenuación
  - Medida de dispersión y de ancho de banda
  - Medida de diámetro de fibra
  - Medida de apertura numérica
  - Medida de perfil de índice
  - Medida de diámetro de campo modal
  - Medida de la longitud de onda de corte
- Instrumentación de comunicaciones ópticas
  - Medidor de potencia óptica
  - Equipo de reflexión óptica en el dominio del tiempo OTDR (Optical Time Domain Reflection)
  
  - Medidor de tasa de errores de bits
  - Analizador de forma de señal. Diagrama de ojo
  - Analizador de componentes ópticos
  - Analizador de espectros ópticos
  - Analizador de estados de polarización

### 3 Capacidad de un enlace de fibra óptica

**Objetivo:** Para el caso de un enlace con modulación de intensidad y detección directa de una señal óptica, el alumno explicará el funcionamiento y los factores que limitan la capacidad de este enlace, teóricamente escogerá los elementos adecuados y establecerá un enlace punto a punto para una aplicación en particular.

**Contenido:**



- Enlaces con modulación de intensidad y detección directa de una señal óptica
- Fuentes de ruido en un sistema de comunicaciones ópticas
- Efectos lineales en fibras ópticas monomodo que limitan la capacidad de un enlace
  - Análisis de los fenómenos que resultan en la dispersión de pulso en las fibras ópticas monomodo, específicamente, la dispersión cromática y la dispersión de modo de polarización
  - Utilización de las fibras ópticas de tipos especiales
    - Fibras de dispersión desplazada DSF (Dispersion Shifted Fibers) y NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fibers)
- Fibras compensadoras de la dispersión cromática
  - Fibras ópticas birrefringentes con el estrés mecánico inducido sobre el núcleo y fibras con un núcleo no circular (elíptico, en forma de D, etc.)
- Fibras ópticas de tipo “cristal fotónico”
  - Compensación de la dispersión cromática
- Técnicas de compensación previa y compensación posterior
- Compensadores con base en rejillas de Bragg en fibras ópticas
- Conjugación de fase óptica
  - Compensación de la dispersión de modo de polarización
  - Administración de dispersión periódica en los sistemas de larga distancia
- Enlaces con amplificadores ópticos basados en fibra óptica dopada con erbio (EDFA) y otras tierras raras
- Efectos no lineales en fibras ópticas
  - Esparcimiento de Raman y Brillouin
  - Conversión de longitud de onda
  - Distorsiones de intermodulación en sistemas WDM, causados por los efectos no lineales

#### 4 Cálculo y diseño de un enlace por fibra óptica

**Objetivo:** Dadas una estructura concreta y las características de todos los componentes de un enlace con la modulación de intensidad y detección directa, el alumno calculará los parámetros fundamentales del enlace. Ahora, dados los parámetros fundamentales de un enlace de este tipo y varias opciones de los componentes con sus datos y precios, el alumno diseñará el enlace que cumple con los parámetros fundamentales dados, minimizando su precio total.

#### Contenido:

- Metodología de desarrollo de las exigencias técnicas para un sistema de comunicaciones ópticas



- Determinación de los parámetros básicos de un sistema de comunicaciones ópticas para una aplicación
- Cálculo de la banda de paso
  - Banda de paso o tiempo de subida requerido
  - Tiempo de subida de la fuente óptica bajo la modulación directa de intensidad
  - Dispersión y tiempo de subida de la fibra óptica
  - Tiempo de subida del receptor óptico de detección directa
  - Ejemplo de un estudio de los tiempos de subida para un enlace de fibra óptica
- Cálculo energético
  - Umbral de la detección
  - Flujo energético emitido por la fuente
  - Pérdidas por acoplamiento y conexiones
  - Representación gráfica del cálculo energético
- Perspectivas de desarrollo de los sistemas de comunicaciones ópticas

## 5 Sistemas de comunicaciones ópticas TDM y OTDM

**Objetivo:** El alumno explicará los fundamentos de multicanalización en el dominio del tiempo, describirá las técnicas que se usan en los sistemas de TDM (*Time Division Multiplexing*) y OTDM (*Optical Time Division Multiplexing*), explicará los principios de formación y mantenimiento de solitones en fibras ópticas, las ventajas de este tipo de transmisión y las dificultades de su realización.

### Contenido:

- Técnicas TDM en sistemas de comunicaciones ópticas
  - Modulación directa de la fuente óptica
  - Modulación externa magnetoóptica, electroóptica, acustoóptica
  - Consideraciones del ancho de banda. Igualización de la dispersión
- Técnicas OTDM
  - Muestreo óptico. Generación de datos
  - Demulticanalización. Técnicas para agregar y quitar un canal
  - Rendimiento de los sistemas OTDM
- Transmisión de la información por medio de solitones
  - Solitones temporales (de pulso) en fibras ópticas
  - Transmisión de información por solitones
  - Mantenimiento de solitones

## 6 Sistemas coherentes de comunicaciones ópticas

**Objetivo:** El alumno explicará los principios de funcionamiento y ventajas de la transmisión coherente óptica, comparará las técnicas correspondientes de modulación y demodulación, y analizará los factores de degradación de la calidad de transmisión coherente.

### Contenido:



- Principios de la transmisión coherente óptica
  - Limitaciones cuánticas sobre la detección directa
  - Ventajas de la detección coherente
  - Funcionamiento de un sistema coherente. Oscilador local
- Técnicas de modulación y demodulación
  - Formatos de modulación
  
  - Detección homodino y detección heterodino
  - Demodulación heterodino síncrona y asíncrona
- Degradación de sensibilidad
  - Ruidos de fase e intensidad
  - Desajuste de polarización
- Control del estado de polarización
- Receptores de polarización diversa
  - Otros factores de degradación

## 7 Sistemas de comunicaciones ópticas WDM

**Objetivo:** El alumno clasificará los sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) por sus aplicaciones, explicará su funcionamiento, escogerá adecuadamente sus elementos principales y analizará las imperfecciones de funcionamiento de estos sistemas.

### Contenido:

- Principios de multicanalización en el dominio de longitud de onda
  - Bandas espectrales y ancho de banda de canales
  - Categorías de los sistemas WDM
- Líneas de punto a punto de alta capacidad
- Líneas de distribución de la señal (punto-multipunto ó broadcast)
- Redes de acceso múltiple (multicast)
- Redes totalmente ópticas (fotónicas)
- Elementos especiales de los sistemas y redes WDM
  - Transmisores y receptores
  - Filtros ópticos
  - Multicanalizadores y demulticanalizadores
  - Conmutadores ópticos
  - Ruteadores y conmutadores de paquetes fotónicos
- Aplicaciones de los amplificadores ópticos EDFA en los sistemas WDM
- Imperfecciones de funcionamiento de sistemas WDM
  - Diafonía por efectos lineales
  - Diafonía por efectos no lineales
  - Otros problemas de funcionamiento

**Bibliografía básica:**

GOVIND P. Agrawal

*Fiber-optic communication systems*

3rd edition

New York

J. Wiley, 2002

JURGEN H. Franz, Virander K. Jain

*Optical communications: component and systems*

Boca Raton

CRC, 2000

KEISER, Gerd

*Optical communication essentials*

New York

McGraw-Hill, 2003

FREEMAN Roger L.

*Fiber optic systems for telecommunications*

New York

Wiley-Interscience, 2002

CAMPANY José, F. Javier Fraile-Peláez, Javier Marti

*Fundamentos de comunicaciones ópticas*

Madrid

Síntesis, 1998

WEINERT Andreas

*Plastic Optical Fibers: Principles, Components, Installation*

Siemens-Actiengesellschaft, Berlin and Munich, Erlangen

München: Publicis-MCD-Verl., 1999

DAUM Werner, KRAUSER Jürgen, ZAMROW Peter, ZIEMANN Olaf

*POF- Polymer Optical Fibers for Data Communication*

Berlin – Heidelberg, Springer, 352pp, 2002

**Bibliografía complementaria:**

NÉROU, Jean Pierre

*Introducción a las telecomunicaciones por fibras ópticas*

México

Trillas, 1991

GOFF David R

*Fiber optic reference guide: a practical guide to communications technology*

3rd edition

Boston

Focal, 2002



HECHT, Jeff  
*Understanding fiber optics*  
 4th edition  
 Upper Saddle River  
 Prentice Hall, 2001

DJAFAR K. Mynbaev, Lowell L. Scheiner  
*Fiber-optic communications technology*  
 Upper Saddle River  
 Prentice Hall, 2001

BASS, Michael, Eric W. Van Stryland  
*Fiber optics handbook: fiber, devices, and systems for optical communications*  
 New York  
 McGraw-Hill, 2002

GUMASTE, Ashwin, Anthony Tony  
*DWDM network designs and engineering solutions*  
 Indianapolis  
 Cisco Press, 2003

SIVALINGAM, Krishna M., Suresh Subramaniam, Eds.  
*Optical WDM networks: principles and practice*  
 Boston  
 Kluwer Academia, 2000

CAMPANY, José, F. Javier Fraile-Pelaez, Javier Marti  
*Dispositivos de comunicaciones ópticas*  
 Madrid  
 Síntesis, 1999

#### Sugerencias didácticas:

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>

Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Prácticas de taller o laboratorio	<input checked="" type="checkbox"/>
Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Otras:	<input type="checkbox"/>

#### Forma de evaluar:

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>

Participación en clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Asistencias a prácticas	<input checked="" type="checkbox"/>
Otras:	<input type="checkbox"/>

#### Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura

Profesor con Doctorado o Maestría en Ingeniería Eléctrica, especializado en Telecomunicaciones.