

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE

## FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA

CICLO

**ELECTIVA**

CLAVE DE LA ASIGNATURA

**EFI01**

### OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DE LA ASIGNATURA

El objetivo principal es que el estudiante conozca y comprenda los fundamentales de la propagación de la luz en las fibras ópticas, que identifique los mecanismo clave del guiado de la luz en las diferentes tipos de fibra óptica, y como es el proceso de fabricación y de caracterización. Se darán los fundamentos básicos de los dispositivos pasivos de fibra óptica y sus usos en las dos áreas de aplicación principales comunicaciones y sensores.

### TEMAS Y SUBTEMAS

#### 1. Revisión de Electromagnetismo y ondas guiadas

- 1.1 Ecuaciones de Maxwell para un medio dieléctrico
- 1.2 Ecuaciones de onda vectorial no homogénea
- 1.3 Ecuaciones de ondas vectorial homogénea
- 1.4 Guías de onda invariantes en la dirección de propagación y modos de propagación
- 1.5 Representación del sistema de ecuaciones para los campos **E** y **H** en coordenadas cilíndricas y cartesianas
- 1.6 Modos TE y TM
  - 1.6.1 Guía de onda plana
  - 1.6.2 Guía de onda con perfil de índice de refracción circularmente simétrico  $n(r)$
- 1.7 Conclusiones

#### 2. Soluciones vectoriales exactas para guías de onda

- 2.1 Guías de onda plana
  - 2.1.1 Guías de onda plana de índice escalón
    - 2.1.1.1 Simétricas
    - 2.1.1.2 Asimétricas
    - 2.1.1.3 Simétricas de múltiples capas
- 2.2 Fibras ópticas de dos capas de índice escalón
  - 2.2.1 Elección de soluciones para las componentes longitudinales  $E_z$  y  $H_z$
  - 2.2.2 Ecuaciones de eigenvalores
  - 2.2.3 Modos TE y TM
  - 2.2.4 Modos híbridos HE y EH
  - 2.2.5 Límites asintóticos de los modos TE y TM de las ecuaciones de eigenvalores
  - 2.2.6 Límites asintóticos de los modos HE y EH de las ecuaciones de eigenvalores
  - 2.2.7 Soluciones numéricas de  $U(V)$
  - 2.2.8 Expresiones analíticas para los campos
  - 2.2.9 Constantes de normalización
  - 2.2.10 Fracción de potencia guiada por el núcleo
  - 2.2.11 Velocidad de grupo
  - 2.2.12 Polarización de los campos transversal eléctrico y magnético
  - 2.2.13 Densidad de potencia modal de los modos híbridos
- 2.3 Fibras ópticas de índice escalón de múltiples capas
  - 2.3.1 Método matricial
  - 2.3.2 Método de capa por capa
  - 2.3.3 Modos TE y TM
  - 2.3.4 Ejemplos numéricos para la fibra SMF28
  - 2.3.5 Curvas de índice efectivo
  - 2.3.6 Velocidad de grupo y dispersión
  - 2.3.7 Modo fundamental de fibras de índice escalón de múltiples capas
- 2.4 Fibras ópticas de índice gradual
- 2.5 Conclusiones

#### 3. Teoría de guiado débil

- 3.1 Ecuación de onda escalar
- 3.2 Fibras ópticas de índice escalón de dos capas
  - 3.2.1 Ecuación de eigenvalores
  - 3.2.2 Valores límites para  $U(V)$
  - 3.2.3 Nomenclatura de los modos
  - 3.2.4 Polarización de los modos LP
  - 3.2.5 Gráfica universal  $U(V)$

- 3.2.6 Gráfica del índice efectivo  $n_{\text{eff}}(V)$
- 3.2.7 Fracción de potencia guiada en el núcleo
- 3.2.8 Velocidad de grupo
- 3.3 Fibras ópticas de índice escalón de múltiples capas
  - 3.3.1 Ecuación de eigenvalores
  - 3.3.2 Ejemplos numéricos
  - 3.3.3 Fracción de potencia guiada por el núcleo
- 3.4 Fibras ópticas de índice gradual
  - 3.4.1 Resolviendo la ecuación de onda escalar
  - 3.4.2 Ejemplos numéricos
- 3.5 Conclusiones

#### 4. Acoplamiento de modos y dispositivos pasivos de fibra óptica

- 4.1 Ecuaciones de modos acoplados
  - 4.1.1 Ecuación de acoplamiento para un modo  $j$  co-propagante
  - 4.1.2 Ecuación de acoplamiento para un modo  $-j$  contra-propagante
  - 4.1.3 Ecuaciones acopladas
  - 4.1.4 Conservación de energía
  - 4.1.5 Acoplamiento entre dos modos debido a una perturbación periódica
- 4.2 Acoplamiento entre dos modos co-propagantes
  - 4.2.1 Solución de las ecuaciones acopladas
- 4.3 Acoplamiento entre dos modos contra-propagantes
  - 4.3.1 Solución de las ecuaciones acopladas
- 4.4 Rejillas de Bragg y de periodo largo
- 4.5 Acopladores
- 4.6 Fibras adelgazadas

#### 5. Telecomunicaciones de fibra óptica

- 5.1 Espectro de transmisión
- 5.2 Dispersión y ensanchamiento espectral de un pulso gaussiano
- 5.3 Fibras ópticas con dispersión desplazada
- 5.4 Amplificadores EDFA y sistemas WDM
- 5.5 Aspectos importantes a considerar en un sistema de comunicación óptica
- 5.6 Conclusiones

#### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

- i) **Frente a docente:** Se cubre un total de 28 sesiones de una hora y media a la semana con la participación activa del estudiante, con la participación activa del estudiante, a través de preguntas, aportación de ejemplos y desarrollos algebraicos en clase.
- ii) **Independientes:** El estudiante realiza tareas diversas fuera del aula, como solución de problemas algebraicos y numéricos, lectura y análisis de artículos de investigación y referencias.

#### CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ACREDITACION

El curso se evalúa de acuerdo a los siguientes conceptos: tareas, exposiciones, investigación, exámenes y asistencia. El porcentaje para cada uno de estos puntos, será criterio del docente.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. A. W. Snyder and J. D. Love: Optical waveguide theory, Ed. Chapman and Hall, London (1983)
2. C. Yeh and F. I. Shimabukuro: The Essence of Dielectric Waveguides, Springer Science, New York (2008)
3. Jacques Bures: Guided optics- Optical fibers and all-fiber components, Wiley-VCH, Weinheim (2009)
4. Chin-Lin Chen: Foundations for guided-wave optics, John Wiley & sons, New Jersey (2007)