

## PROGRAMA DE CURSO

### COMUNICACIONES ÓPTICAS Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS

#### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Eléctrica (DIE)					
Nombre del curso	Comunicaciones Ópticas y Aplicaciones Tecnológicas	Código	EL6052	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	Optical Communications and Technological Applications					
Horas semanales	Docencia	4	Auxiliares	--	Trabajo personal y laboratorio	6
Carácter del curso	Obligatorio			Electivo	X <b>Electivo de línea de especialización</b>	
Requisitos	<b>EL4112 Principios de Comunicaciones</b>					

#### B. Propósito del curso:

El curso de Comunicaciones Ópticas tiene como principal propósito que el estudiantado conozca una visión global de las características que posee un sistema óptico de comunicaciones y que incluye: conocimientos básicos en la propagación fotónica de la luz, modos, geometría óptica, propiedades de las ondas, diferentes aplicaciones en comunicaciones ópticas, funcionamiento y características físicas de la fibra óptica (tipos de fibras, cables, conectores, empalmes), equipamiento y componentes ópticos (fuentes y detectores ópticos, amplificadores, acopladores, entre otros), equipamiento de redes ópticas (DWDM, OTN), así como también los criterios de diseño para la implementación, medición y certificación de enlaces de fibra óptica.

Para aplicar los conocimientos entregados en el curso se espera que durante el curso los(as) estudiantes realicen un análisis del estado del arte referente a las últimas tecnologías en comunicaciones ópticas aplicadas en el sector de las Telecomunicaciones, incluyendo casos con aplicaciones en la Industria 4.0 y Redes Eléctricas, aprender las normativas y estándares asociados al óptimo diseño e implementación de redes ópticas y el cálculo de balance óptico para el dimensionamiento de sistemas de comunicaciones ópticas.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG) de la carrera de Ingeniería Civil Eléctrica:

CE2: Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico-tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG4: Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

### C. Resultados de Aprendizaje

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE2	RA1. Investiga el estado del arte en comunicaciones ópticas relacionado con sistemas y redes de comunicaciones en Alta Velocidad, analizando las ventajas que poseen este tipo de comunicaciones versus otros tipos de medios de transmisión, con esto con el fin de resolver problemas de diseño reales asociados a la Industria 4.0.
CE4	RA2. Modela e implementa, utilizando los fundamentos ópticos, estándares y normativas (ITU, FOA) y mejores prácticas de implementación de enlaces y sistemas de fibra óptica para el óptimo diseño de comunicaciones ópticas en el ámbito industrial (Minería, Eléctricas), así como también en el sector de las Telecomunicaciones (GPON, FTTH).
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG4	RA4: Trabaja en equipo, para proponer una solución a un caso que se le presenta, aplicando el conocimiento producto de la investigaciones realizadas, la partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles:
CG1	RA5: Redacta informes de investigación y realiza presentaciones orales, relacionadas con una problemática de comunicaciones ópticas aplicadas, expresando de manera efectiva, clara y precisa los resultados obtenidos

	en cada fase de la investigación realizada a fin de comunicar dichos resultados.
--	--

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1, RA2	Fundamentos de Comunicaciones ópticas	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Historia de las Comunicaciones ópticas y sus principales inventos. 1.2. Principales conceptos de la propagación de la luz y sus características físicas. 1.3. Principales conceptos de geometría óptica, polarización, interferencia, difracción, coherencia, entre otras. 1.4. Aplicaciones asociadas a las comunicaciones ópticas (guías de onda, inalámbricas y holográficas). 1.5. Conversión Análogo-Digital. 1.6. Propiedades de la Fibra óptica, ventajas y beneficios.		El estudiantado: <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica los principales hitos de la historia de las comunicaciones ópticas desde el telégrafo óptico, pasando por la invención de la fibra óptica, láser y las últimas investigaciones y desarrollo en esta materia.</li> <li>Analiza las diferentes propiedades físicas de la luz (ecuaciones de Maxwell, velocidad de propagación, ley de Snell, índice de refracción, apertura numérica) y principales conceptos de geometría óptica, polarización, interferencia, difracción, coherencia, entre otras.</li> <li>Compara las diferentes aplicaciones asociadas a las comunicaciones ópticas.</li> <li>Analiza el proceso de conversión análogo-digital, tipos de modulación y codificación de señal.</li> <li>Evalúa las principales ventajas y desventajas de la fibra óptica comparada con otros medios de transmisión alámbrico e inalámbricos, así como sus principales usos y aplicaciones.</li> </ol>	
Bibliografía de la Unidad		[1], [3], [5], [6]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA1, RA2	Tipos de Fibra óptica y Cables según Aplicaciones	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Tipos de Fibras ópticas y composición. 2.2. Tipos de Pérdidas ópticas (intrínsecas y extrínsecas). 2.3. Definición de Dispersión y tipos. 2.4. Tipos de Cables de FO (interiores y exteriores). 2.5. Criterios básicos de seguridad en la manipulación e implementación de fibras ópticas.		El estudiantado: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evalúa los principales tipos de fibras ópticas (multimodo y monomodo).</li> <li>2. Analiza las principales pérdidas ópticas (pérdidas de absorción OH-, Scattering Rayleigh, Microcurvaturas y Macrocurvaturas, Reflexión de Fresnel y Pérdidas de acople y empalme).</li> <li>3. Analiza los principales tipos de dispersión (cromática (guía de onda y material), modal y PMD provocada por Birrefringencia).</li> <li>4. Evalúa los principales tipos de cables de FO (fabricación, estructura, composición) y principales factores en el deterioro de ellos.</li> <li>5. Conoce las principales precauciones a tomar en cuenta cuando se trabaja con fibra óptica en entornos seguros y reduce el riesgo de accidentes.</li> </ol>	
Bibliografía de la Unidad		[1], [4]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA1, RA2,	Equipamientos y Componentes para Sistemas de Comunicaciones ópticas	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Principales tipos de conectores ópticos. 3.2. Tipos de empalmes ópticos. 3.3. Características de Equipamiento óptico más utilizado. 3.4. Equipamiento de Redes ópticas de próxima generación.		El estudiantado: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compara los principales tipos de conectores ópticos (ST, SC, FC, MT-RJ, LC).</li> <li>2. Analiza los tipos de empalme mecánicos y por fusión (tipos de mufas)</li> <li>3. Evalúa diferentes equipos ópticos de comunicación: fuentes (Led, Láser, VCSEL) y detectores ópticos (fotodiodos (PIN, APD)), amplificadores, repetidores, acopladores, atenuadores) y equipos de medición de enlaces (OTDR).</li> <li>4. Analiza los principales equipos usados en redes comunicaciones ópticas (WDM, CWDM, DWDM, OTN).</li> </ol>	

Bibliografía de la Unidad		[1], [4]	
Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4	Diseño Enlaces FO y Redes ópticas	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Diseño de enlaces de FO y equipamiento óptico aplicando ecuaciones de balance óptico según requerimientos y parámetros de fábrica.</p> <p>4.2. Evolución de las redes ópticas (bus, estrella, anillo), SONET (SDH), DWDM, OTN.</p> <p>4.3. Equipamiento de Redes ópticas WDM (OADM y ROADM) y Sistemas Coherentes.</p> <p>4.4. Conmutación de paquetes (Optical Packet Switching) en capa 2</p> <p>4.5. Redes PON (Passive Optical Network), GPON y Ethernet PON (EPON) para uso en redes FTTH.</p> <p>4.6. Estudio de Solitones en Transmisiones ópticas de FO de larga distancia.</p> <p>4.7. Estudio de Comunicaciones ópticas avanzadas: FSO (Free-space optical) y LiFi (Light Fidelity) y sus aplicaciones.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseña en base a criterios usando fórmulas para el cálculo de atenuaciones (pérdidas) y dispersiones (ancho de banda).</li> <li>2. Conoce las características principales de transporte (modulación/demodulación/encoding/multiplexación) de los sistemas WDM, DWDM, OTN (Optical Transport Network)</li> <li>3. Modela topologías de sistemas de comunicaciones ópticas DWDM y OTN en aplicaciones industriales y telecomunicaciones.</li> <li>4. Conoce los principales componentes de las redes PON, principales ventajas y desventajas, y sus estándares ITU y IEEE.</li> <li>5. Trabaja en equipo en la selección de un caso real "industrial" a investigar, logrando demostrar el conocimiento desarrollado, la responsabilidad, respeto hacia el otro, así como el manejo de conflictos, estrés e incertidumbre, alcanzando acuerdos.</li> <li>6. Redacta un informe escrito de manera clara y concisa, con lenguaje técnico, presentando las principales conclusiones de manera oral.</li> </ol>	
Bibliografía de la Unidad		[1], [2], [3], [6]	

### E. Estrategias de enseñanza:

La metodología de trabajo para conseguir los resultados planteados en el proceso de enseñanza—aprendizaje está basada en la participación activa de los estudiantes.

Las principales actividades a realizar son:

- Análisis de casos
- Clase expositiva
- Investigación
- Análisis de artículos en Foro
- Charla de proveedor de Redes ópticas

### F. Estrategias de evaluación:

La evaluación estará orientada a verificar avances de parte de los estudiantes y demostración de resultados de aprendizaje mediante:

Instancia de evaluación	RA que evalúa	Ponderación
1. Trabajo de investigación, basados en casos que se le presentan para analizar. 1.1 Presentaciones orales 1.2 Elaboración de informes	RA1, RA2, RA3, RA4	50%
2. Trabajo de Análisis de casos de manera individual.	RA1, RA2	50%

### G. Recursos bibliográficos:

#### Bibliografía obligatoria:

- [1] Optical Communications: Components and Systems 3rd ed. 2020 Edición, Martin Sibley, Springer.
- [2] Optical Communication Systems: Limits and Possibilities, Andrew Ellis and Mariia Sorokina, Copyright © 2020 Jenny Stanford Publishing.

#### Bibliografía complementaria:

- [3] Advanced Optical and Wireless Communications Systems 2nd ed. 2022, Ivan B. Djordjevic, Springer International Publishing.

- [4] The FOA Reference Guide to Fiber Optic Network Design, James Hayes, 2016.
- [5] Fiber-Optic Communication Systems, 4 Edition, Govind P. Agrawal, Copyright © 2010 by John Wiley & Sons.
- [6] Optical Networks A Practical Perspective, 3rd Edition ed.2010, Rajiv Ramaswami Kumar N. Sivarajan Galen H. Sasaki, ELSEVIER.

#### **H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:**

Vigencia desde:	Mayo 2023
Elaborado por:	Eduardo Morales Cabello
Validado por:	Revisión académicos par: Claudio Estévez, Néstor Becerra, Cesar Azurdia Revisado y aprobado por: Comité Técnico Docente
Revisado por:	Área de Gestión Curricular