



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

APRUEBA CURSOS DE POSGRADO DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES

Buenos Aires, 26 de junio de 2024

VISTO las Resoluciones N° 801/24 y 802/24 del Consejo Directivo de la Facultad Regional La Plata, a través de las cuales solicita la aprobación y autorización de implementación de los Cursos de Posgrado "Fundamentos y Aplicaciones de las Fibras Ópticas" e "Introducción a los Sensores de Fibra Óptica Aplicables en Ingeniería" para el Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa, y

CONSIDERANDO:

Que el Consejo Superior autorizó por Resolución N° 420/15 el dictado de la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, en la Facultad Regional La Plata, firmante del acuerdo de vinculación cooperativa.

Que los cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes, investigadores y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados dirigidos a doctorandos en Ingeniería.

Que la Facultad Regional La Plata cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados a los propuestos.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum de los Cursos de Posgrado "Fundamentos y Aplicaciones de las Fibras Ópticas" e "Introducción a los Sensores de Fibra Óptica Aplicables en Ingeniería" que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionado Cursos en la Facultad Regional La Plata, para el Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, con el cuerpo docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1924 y la Resolución C.S. N° 420/15.

ARTÍCULO 3°.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2056

UTN
l.p.
p.f.d.
m.m.m.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 2056

ANEXO I

CURSOS DE POSGRADO

DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES

I. “FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS”

1. FUNDAMENTACIÓN

Los desarrollos tecnológicos producidos en las últimas décadas relativos a las tecnologías asociadas a las fibras ópticas, han reconfigurado el mapa conceptual de las telecomunicaciones. De hecho, la red mundial basada en el uso de fibras ópticas forma parte del sistema internacional de comunicaciones. Por otro lado, más allá del uso ampliamente conocido de las fibras ópticas en lo que a transmisión de información se refiere, existe otro gran campo de aplicación orientado a las actividades de sensado y monitoreo de magnitudes físicas y químicas. Ambas vertientes de aplicación emplean como elemento de soporte fundamental a la fibra óptica explotando sus propiedades de diferentes maneras. No cabe duda que las tecnologías basadas en el uso de fibra óptica son hoy en día un área de conocimiento que enriquece fuertemente al ingeniero. Pero, ¿cuáles son las propiedades tecnológicamente aprovechables para el desarrollo de proyectos de ingeniería tanto en el ámbito de las comunicaciones como en el del sensado? La respuesta a este cuestionamiento elemental se desprende de la comprensión básica de los principios de funcionamiento de la fibra óptica como guía de luz. En este curso se abordan los fundamentos físicos de la fibra óptica en el marco de una visión orientada a las aplicaciones ingenieriles con el fin de brindar al profesional una mejora de sus habilidades técnicas para aumentar su competitividad en el mercado laboral y/o académico.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

2. JUSTIFICACIÓN

En sectores industriales como en el de las telecomunicaciones, la medicina, la energía, la automotriz, entre otras, se verifica actualmente la creciente demanda de profesionales con conocimientos en fibras ópticas. Debido a que el avance de las tecnologías basadas en el empleo de fibras ópticas presenta una alta tasa de crecimiento, existen sectores del campo productivo que se ven fuertemente afectados por este efecto propiciando la creación de nuevos perfiles laborales y puestos de trabajo (como por ejemplo en el campo de la transmisión de datos a alta velocidad, sistemas médicos de diagnóstico y tratamiento, o la industria del sensado y control de procesos). El profesional que conoce y se encuentra actualizado en lo que a tecnologías de fibra óptica se refiere, se encuentra bien posicionado frente a la necesidad actual de desarrollo e innovación orientados a la mejora de sistemas y procesos de ingeniería. Este curso brinda habilidades técnicas altamente demandadas en el presente, potenciando la versatilidad del profesional para una amplia gama de especialidades.

3. OBJETIVOS

- Contribuir a que el inscripto al curso perfeccione, amplíe y profundice sus conocimientos relativos a los fundamentos y aplicaciones de las fibras ópticas mediante una propuesta basada en los últimos avances científicos y tecnológicos relativos al tema.
- Brindar al estudiante una visión integral y amplia de las bases conceptuales que describen el funcionamiento de una fibra óptica como elemento de guiado de luz.
- Conferir al estudiante la habilidad de identificar y comprender los tipos de fibra óptica conforme a diferentes clasificaciones.
- Comunicar las aplicaciones típicas de las fibras ópticas tanto en el ámbito científico como en el campo industrial-tecnológico.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Capacitar al estudiante para que éste posea los conocimientos concernientes a la estructura interna de la fibra óptica.
- Lograr que el estudiante adquiera competencias para la identificación de los bloques constitutivos de un sistema de transmisión de luz basado en el empleo de fibras ópticas, sea en el campo de las comunicaciones como en el campo del sensado.
- Contribuir a que el estudiante comprenda los conceptos fundamentales y básicos de las aplicaciones de las fibras ópticas en diferentes campos de la Ingeniería.

4. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Fundamentos físicos del funcionamiento de una fibra óptica. Tratamiento usando la teoría de la óptica geométrica. Guiado de luz mediante TIR. Fibras de índice escalón. Dispersión modal. Fibras de gradiente de índice. Acoplamiento modal. Deficiencias del tratamiento de la óptica geométrica. Tratamiento usando la teoría de la óptica ondulatoria. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda. Índice de refracción lineal y no-lineal. Separación de coordenadas. Modos. Soluciones para $m=0$, $m=1$ y $m>1$. Distribución de amplitud de campo. Número de modos. Transporte de energía. Dispersión cromática. Dispersión en los materiales. Guía de onda y dispersión de perfiles. Dispersión nula, normal y anómala. Impacto de la dispersión. Perfiles de índice de refracción que optimizan la dispersión. Dispersión del modo de polarización. Cuantificación del PMD. Eliminación del PMD. Fibras microestructuradas. Fibras tipo holey. Fibras de cristal fotónico. Pérdidas ópticas. Mecanismos de pérdidas en vidrio. Pérdidas por bending. Otros tipos de pérdidas.

Unidad 2. Cuestiones técnicas asociadas a la tecnología de fibra óptica. Fabricación y propiedades mecánicas. Características técnicas elementales. Pérdidas. Dispersión. Estructura geométrica. Geometría de la distribución de amplitud. Longitud de onda de corte. Técnicas OTDR. Componentes asociados a las fibras ópticas. Estructuras de los cables. Preparación de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

las terminaciones de las fibras. Conexiones permanentes y no permanentes. Filtros Fabry-Perot. Estructuras de Bragg. Ajustadores de polarización. Polarizadores. Aisladores. Acopladores. Amplificadores ópticos. Fuentes de luz (emisores). Detectores ópticos (receptores).

Unidad 3. Fenómenos no lineales en fibras ópticas. No linealidad del tipo Kerr. Ecuación de onda no lineal. Soluciones de la ecuación de onda no lineal. Scattering. Del tipo Brillouin. Del tipo Raman.

Unidad 4. Aplicaciones tecnológicas de la fibra óptica. Telecomunicaciones. Fundamentos de un sistema de comunicación. Transmisión no lineal. Cuestiones técnicas. Sensado. Fundamentos de un sistema de sensado. Sensores de fibra óptica (OFS). Ventajas y desventajas de los OFS. Determinación local de magnitudes físicas y químicas. Mediciones distribuidas

5. DURACIÓN

El curso tendrá una duración de CUARENTA Y DOS (42) horas.

6. METODOLOGÍA

El curso se basa en el dictado de clases en las que se comunican los contenidos del temario (contenido curricular), basándose en el uso de recurso de enseñanza clásicos y multimediales.

Se brindan recursos bibliográficos para que el estudiante pueda acceder a una lectura autoregulada por sus propios tiempos de dedicación.

Se prevé el montaje de determinadas experiencias y la visita a laboratorios del CIOp con el objetivo de mostrar equipamiento relativo al eje temático del curso.

Se propicia el diálogo e interacción permanente entre el docente y los estudiantes a través de situaciones problemáticas disparadoras en pos de alcanzar las metas de aprendizaje y



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

competencias pretendidas.

7. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

La evaluación del curso implica la aprobación de una instancia examinadora que comprende la realización de un examen escrito. La calificación será cuantitativa dentro del rango de 0 a 10 puntos.

Para alcanzar la aprobación del curso deben verificarse dos condiciones, a saber: 1) que la calificación de la evaluación escrita sea mayor o igual a 7 (SIETE); y 2) que la asistencia sea superior o igual al 80% de la carga horaria.

II. “INTRODUCCIÓN A LOS SENSORES DE FIBRA ÓPTICA APLICABLES EN INGENIERÍA”

1. FUNDAMENTACIÓN

La introducción del sensado óptico está ampliando los horizontes de medición en situaciones en las que las técnicas convencionales no brindan respuesta o son simplemente imprácticas. Actualmente coexisten ambos enfoques enriqueciendo las posibilidades de los sistemas de medición. En este sentido, los sensores de fibra óptica presentan características que los posicionan ventajosamente desde el punto de vista técnico. Entre ellas se pueden citar: bajo peso, tamaño reducido, pasividad eléctrica, inmunidad a la interferencia electromagnética, gran ancho de banda, bajo tiempo de respuesta, robustez a los entornos agresivos, entre otras. Por lo anterior, los sensores de fibra óptica han impulsado la demanda de sensores ópticos en varios campos de las aplicaciones tanto científicas como industriales. En este curso se brinda una amplia revisión de los sensores de fibra óptica describiendo sus principios de operación y sus potenciales aplicaciones para diferentes especialidades de la ingeniería y ramas de la industria.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, el gran desarrollo tecnológico invertido en la tecnología asociada a sensores produjo que éstos desempeñen un papel fundamental en una gran variedad de campos tanto industriales como científicos. Dentro de este marco, los sensores de fibra óptica se han posicionado como una herramienta altamente competitiva por su demostrada versatilidad, sensibilidad, inmunidad al ruido electromagnético, y capacidad para ser implementados en mediciones distribuidas y remotas. El curso “Introducción a los Sensores de Fibra Óptica Aplicables en Ingeniería” se fundamenta en la creciente relevancia experimentada por tal tipo de sensores ópticos en los últimos 25 años aproximadamente. A través de esta propuesta de posgrado se pretende abordar un espacio de vacancia en lo que a formación técnica se refiere en este tema de gran importancia y actualidad, ofreciendo un temario que abarca desde los fundamentos del funcionamiento de la fibra óptica hasta los principios de sensado y las arquitecturas elementales de los sistemas de medición que emplean sensores basados en la misma.

3. OBJETIVOS

Proveer a los inscriptos al curso una visión general de las características principales de los sensores de fibra óptica y sus principios de funcionamiento mediante un enfoque basado en sus potenciales aplicaciones ingenieriles en el campo científico e industrial.

- Brindar al estudiante un conocimiento general de los sensores de fibra óptica mayormente usados en la industria.
- Contribuir a que el estudiante pueda identificar los principales fenómenos físicos que caracterizan a los diferentes tipos de sensores de fibra óptica.
- Brindar al estudiante el conocimiento para reconocer la arquitectura de un sistema de medición basado en el uso de fibras ópticas conforme a las clasificaciones referenciadas



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

en las fuentes bibliográficas.

- Brindar el conocimiento de los alcances de los sensores de fibra mayormente empleados en la actualidad.

4. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Fundamentos físicos del funcionamiento de una fibra óptica. Modelo de propagación de la luz basado en rayos. Refracción y reflexión interna total. Rayos meridionales y sesgados. Efectos de la curvatura de la fibra. Mecanismos de atenuación. Modelo de guía de onda. Campo evanescente. Dispersión. Modos de propagación. Tipos de fibra. Fibras de polarización mantenida.

Unidad 2. Fundamentos de los sensores de fibra óptica. Categorías. Sistemas de medición puntuales, distribuidos y semidistribuidos.

Unidad 3. Sensores modulados en intensidad. Concepto de transmisión y reflexión. Microcurvaturas.

Unidad 4. Sensores modulados en fase. Interferómetros Mach-Zender, Michelson, Fabry-Pérot, Sagnac. Detección de fase. Sistemas de detección.

Unidad 5. Sensores modulados en longitud de onda. Concepto de redes de difracción de Bragg. Sensores basados en el uso de FBG. Esquemas de detección.

Unidad 6. Sensores basados en "scattering". Pérdidas por absorción y transmisión en fibras. Reflectometría OTDR. Dispersión de Rayleigh. Dispersión de Raman. Dispersión de Brillouin.

Unidad 7. Sensores basados en polarización. Conceptos de birrefringencia en sistemas ópticos. Efectos de la birrefringencia en redes de Bragg.

Unidad 8. Sensores de desplazamiento. Reflectométricos. Basados en microdobles. Basados en cavidades de Fabry-Pérot. Basados en FBG.

Unidad 9. Sensores de deformación. Basados en FBG. Interferométricos.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Unidad 10. Sensores de temperatura. Basados en reflectancia y absorbancia. Basados en fluorescencia. Basados en microdobles. Interferométricos. Basados en FBG. Sensado distribuido de temperatura.

Unidad 11. Sensores de presión. Basados en FBG. Basados en cavidad de Fabry-Perót.

Unidad 12. Sensores de campo eléctrico y magnético. Basados en rotación de Faraday (campo magnético). Basados en modulación de fase (campo magnético). Basados en modulación de la polarización (campo eléctrico). Basados en modulación de fase (campo eléctrico).

Unidad 13. Sensores para realizar análisis químicos. Fluorescencia. Absorción. Dispersión. Cambio de índice de refracción. Cambio de color. Interferométricos.

Unidad 14. Sensores de rotación. Mecanismo de sensado. Concepto de reciprocidad. Limitaciones debido a las fuentes de ruido. Resonadores. RFOG. IFOG.

5. DURACIÓN

El curso tendrá una duración de CUARENTA Y DOS (42) horas.

6. METODOLOGÍA

El curso se basa en el dictado de clases en las que se comunican los contenidos del temario (contenido curricular), basándose en el uso de recurso de enseñanza clásicos y multimediales.

Se brindan recursos bibliográficos para que el estudiante pueda acceder a una lectura autoregulada por sus propios tiempos de dedicación.

Se prevé el montaje de determinadas experiencias y la visita a laboratorios del CIOp con el objetivo de mostrar equipamiento relativo al eje temático del curso.

Se propicia el diálogo e interacción permanente entre el docente y los estudiantes a través de situaciones problemáticas disparadoras en pos de alcanzar las metas de aprendizaje y competencias pretendidas.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

7. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

La evaluación del curso implica la aprobación de una instancia examinadora que comprende la realización de un examen escrito. La calificación será cuantitativa dentro del rango de 0 a 10 puntos.

Para alcanzar la aprobación del curso deben verificarse dos condiciones, a saber: 1) que la calificación de la evaluación escrita sea mayor o igual a 7 (SIETE); y 2) que la asistencia sea superior o igual al 80% de la carga horaria.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 2056

ANEXO II

CURSOS DE POSGRADO
DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

I. "FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS"

Docente

- Dr. Diego ALUSTIZA (DNI 25.273.345)

II. "INTRODUCCIÓN A LOS SENSORES DE FIBRA ÓPTICA APLICABLES EN INGENIERÍA"

Docente

- Dr. Diego ALUSTIZA (DNI 25.273.345)
-