



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

**APRUEBA CURSOS DE POSGRADO
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MECÁNICA TEÓRICA Y APLICADA**

Buenos Aires, 26 de junio de 2024

VISTO la Resolución N° 225/24 del Consejo Directivo de la Facultad Regional Bahía Blanca en la que solicita la aprobación y autorización de implementación de los Cursos de Posgrado "Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales" y "Control lineal en variables de estado", para el Doctorado en Ingeniería, mención Mecánica Teórica y Aplicada, y

CONSIDERANDO:

Que el Consejo Superior autorizó por Resolución N° 16/15 el dictado de la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Mecánica Teórica y Aplicada en la Facultad Regional Bahía Blanca.

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 citada Facultad Regional 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.

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



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum de los Cursos de Posgrado "Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales" y "Control lineal en variables de estado", para el Doctorado en Ingeniería, mención Mecánica Teórica y Aplicada, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionados cursos en la Facultad Regional Bahía Blanca, y avalar la propuesta del 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° 16/15.

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° 2054

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



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 2054

ANEXO I

CURSOS DE POSGRADO

DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MECÁNICA TEÓRICA Y APLICADA

I. FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

1. FUNDAMENTACIÓN

La Ciencia de materiales estudia las relaciones entre las propiedades de los mismos, su constitución o microestructura interna, y su procesado o tratamiento, estos últimos podrían ser factores que alteraren su microestructura, y por ende las propiedades.

Cuando este conocimiento se limita a aplicar reglas empíricas, como las que se disponía en la Edad Media para la forja de metales, el conocimiento es solo de carácter práctico, sin embargo cuando el conocimiento incluye modelos del comportamiento de la naturaleza, como son por ejemplo los diagramas de equilibrio de fases, que permitan predecir el resultado de un ensayo, e inclusive desarrollar nuevos materiales, que tengan propiedades pre establecidas, estaremos entonces realizando un conocimiento científico.

En el transcurso del estudio, también se incluirá la Ingeniería de los materiales que, si bien comparten el método científico con la Ciencia de materiales, además tiene como objetivo desarrollar productos que satisfagan una demanda de la sociedad.

Se pretende que el estudio incluya el conocimiento no solo de aleaciones metálicas, sino también de polímeros, cerámicos y materiales compuestos, pretendiendo que los alumnos comprendan la importancia de relacionar su composición química y microestructura con sus propiedades finales. De esta forma ampliar los conocimientos, para satisfacer la



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

necesidad de la tecnología actual que requiere de la utilización de nuevos materiales en condiciones muy exigentes de servicio.

2. JUSTIFICACIÓN

Este curso está orientado a Ingenieros Mecánicos y en particular a su formación de posgrado en el área Materiales y sus aplicaciones tecnológicas. De esta forma, ampliar los conocimientos adquiridos en sus carreras de grado, pero refiriéndonos no solo a las aleaciones metálicas, sino también a polímeros, cerámicos y materiales compuestos; conociendo sus propiedades, sus características más relevantes y fundamentalmente su aplicación en tecnologías futuras.

Las principales razones que justifican la necesidad del aprendizaje de los materiales por los ingenieros mecánicos son:

- Que las propiedades de los materiales son el principal limitador tecnológico en las aplicaciones más exigentes.
- La adecuada selección de los materiales condiciona la competitividad de cualquier producto industrial.

El curso será teórico y experimental, en particular desde el punto de vista experimental no solo se pretende que los estudiantes realicen distintos ensayos mecánicos y de caracterización de los materiales, sino que también diseñen y construyan los equipos a utilizar.

Por lo general, los laboratorios de ensayos mecánicos de las universidades o de los institutos de investigación de la Argentina, no tienen garantizado un flujo continuo de fondos para la adquisición de las máquinas de ensayos. Para subsanar esta limitación, se presenta como una alternativa, efectuar el desarrollo de equipos, con tecnología propia, evitando la erogación de dinero que representa adquirir uno similar de marcas registradas.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

3. OBJETIVOS

Objetivo General

- El curso propone la discusión de la ciencia e ingeniería de distintos materiales para que los estudiantes puedan describir y relacionar la estructura y las propiedades de los sistemas.
- Comprender y evaluar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y otras de los distintos materiales de aplicación industrial.
- Aplicar criterios para la selección adecuada de materiales.
- Conocer y seleccionar los procedimientos de ensayos adecuados más utilizados en la industria.

Objetivos Específicos

- Estudiar las características fisicoquímicas y estructurales de distintos materiales.
- Entender y analizar la relación entre estructura-propiedad de los materiales.
- Estudiar diferentes técnicas de caracterización.
- Aplicar los contenidos desarrollados en casos específicos.
- Diseñar, desarrollar y construir equipos de ensayos mecánicos y modernizar los equipos de ensayos que actualmente se están utilizando.

4. CONTENIDOS

1- Ciencia de materiales en ingeniería

Clasificación de los materiales: Metales, cerámicos, polímeros, materiales compuestos y semiconductores.

Relación entre la estructura y las propiedades.

Diseño y selección de material en la industria.

Perspectivas futuras en el uso de los materiales.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Efectos ecológicos del comportamiento de los materiales.

2- Estructura atómica y estructura cristalina

Estructura atómica. Fuerzas de enlaces. Enlaces primarios. Curva de energía de enlace.

Enlaces secundarios y mixtos.

Influencia del enlace sobre las propiedades de los materiales. Clasificación de los materiales según el tipo de enlace. Estructura de las moléculas de polímeros.

Estructura de los sólidos. Celda unidad. Empaquetamiento. Número de coordinación.

Sistemas cristalinos y redes de Bravais. Posiciones y planos de la red. Estructuras cristalinas compactas.

Estructuras de los metales: cúbica de cara centrada, cúbica de cuerpo centrado y hexagonal compacto. Densidad y factor de empaquetamiento en las estructuras cristalinas.

Posiciones y tamaños intersticiales. Polimorfismo y alotropía. Difracción de Rayos X.

Imperfecciones cristalinas: Defectos puntuales: vacancias, sustitucionales e intersticiales.

Defectos lineales: Dislocaciones de borde y de hélice. Defectos superficiales: Bordes de grano, maclas. Mecánica de endurecimiento de los metales

Cristales líquidos. Monocristales y poli cristales.

3- Solidificación y difusión en materiales

Cinética y microestructura de las transformaciones estructurales' Aspectos fundamentales.

Fuerza impulsora de un cambio de fase.

Solidificación de metales: Formación de núcleos. Estructura granular. Nucleación homogénea y heterogénea. Interfase entre matriz y precipitado. Crecimiento de una fase.

Disoluciones solidas metálicas: Sustitucionales e intersticiales.

Procesos térmicamente activados. Producción térmica de defectos puntuales.

Difusión atómica en sólidos. Descripción física de la difusión (Primera ley de Fick).



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

Mecanismos de difusión. Difusión en estados estacionarios y no estacionarios. Segunda ley de Fick.

Aplicaciones industriales de procesos de difusión. Efecto de la temperatura en la difusión.

4. Propiedades mecánicas de los materiales

Concepto de esfuerzo y deformación. Tipos de esfuerzo: tracción, compresión, corte, flexión y torsión.

Deformación: elástica y plástica. Ley de Hooke. Constantes elásticas: módulo de Young, módulo elástico transversal y coeficiente de Poisson.

Fractura de metales: dúctil y frágil. Propiedades mecánicas y su relación con la estructura. Principios de la mecánica de fractura.

Ensayo de tracción: Diagramas: carga-alargamiento y tensión- deformación. Tensión y deformaciones reales. Determinaciones convencionales. Determinación del límite de elasticidad: fluencia y convencional 0,2 %. Resistencia a la tracción. Alargamiento de rotura. Estricción. Clasificación de las roturas. Probetas. Tensiones de trabajo.

Ensayo de Compresión: Comportamiento de materiales tenaces y frágiles. Resistencia a la compresión. Probetas para metales, hormigones y otros materiales. Limitaciones de los ensayos de compresión. Tipos de rotura.

Medición de la Dureza: Concepto de la dureza. Métodos empleados: rayado, penetración, rebote, y otros. Penetradores y aparatos. Método Brinell, Vickers y Rockwell. Aplicación de los ensayos de dureza.

Ensayos de impacto: métodos Charpy e Izod. Determinación de la temperatura de transición dúctil y frágil. Concepto de resiliencia y tenacidad. Efectos fragilizantes.

Tenacidad a la fractura. Concepto. Ensayos. Aplicaciones.

6- Aleaciones en ingeniería

Aleaciones de hierro: Aceros de bajo carbono, baja aleación, para construcción, alta



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

aleación (inoxidables y herramientas). Clasificación: IRAM-IAS, SAE, AISI, UNS.

Propiedades mecánicas. Tratamientos térmicos. Efecto de los elementos de aleación.

Fundiciones. Clasificación: Fundición gris, blanca, dúctil y maleable. Propiedades mecánicas.

Aleaciones de aluminio. Endurecimiento por precipitación. Aleaciones de aluminio para fundición y para forja.

Aleaciones de Cobre. Producción, clasificación y propiedades.

Aleaciones de Níquel. Clasificación. Propiedades. Metalúrgica física de las aleaciones de Níquel.

Aleaciones de Titanio, Magnesio, Plomo y Cinc. Propiedades y aplicaciones. Metales refractarios.

7- Materiales poliméricos

Moléculas poliméricas. Estructura molecular. Peso molecular.

Reacciones de polimerización. Métodos industriales. Homopolímeros y copolímeros. Característica de los mismos.

Cristalinidad de los polímeros. Factores que determinan la cristalinidad. Solidificación de termoplásticos amorfos y cristalinos Diagramas de fases. Características mecánicas y termomecánicas. Fusión y transición vítrea. Relación entre la estructura y la temperatura de transición vítrea.

Polímeros amorfos y semi cristalinos: Estructura y propiedades.

Procesado de materiales termoplásticos y termoestables.

Termoplásticos de uso en general y utilizados en ingeniería. Plásticos termoestables.

Elastómeros (cauchos). Tipos de elastómeros: Termoestables y termoplásticos.

Dependencia térmica del módulo de elasticidad. Vulcanización.

Deformación y endurecimiento en materiales plásticos. Ensayos en polímeros.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

8. Materiales cerámicos y vidrios

Estructura cristalina de materiales cerámicos. Enlaces iónicos y covalentes. Imperfecciones. Fallas de materiales cerámicos.

Estructura cristalina de cerámicos muy utilizados en la actualidad. Grafito.

Estructura cristalina de silicatos. Estructura en cadena y en anillos. Redes de silicatos.

Procesado de materiales cerámicos. Conformado. Tratamiento térmico.

Propiedades mecánicas, mecanismos de deformación plástica. Resistencia. Tenacidad.

Incremento de la tenacidad. Fallas por fatiga. Diagramas de fases.

Propiedades eléctricas de los materiales cerámicos. Dieléctricos. Aislantes. Semiconductores.

Propiedades térmicas de los cerámicos. Refractarios ácidos y básicos.

Vidrios. Estructura y propiedades de los vidrios. Vidrios iónicos, covalentes y metálicos.

Temperatura de transición vítrea.

Conformado del vidrio. Desvitrificación de un vidrio de óxido. Procesamiento en polvos.

Vidrio templado. Vidrios reforzados químicamente. Productos de arcilla, refractarios y cementos: Aplicaciones.

9- Materiales compuestos

Clasificación y selección. Materiales compuestos reforzados con partículas. Resistencia mecánica.

Materiales compuestos reforzados con fibras. Fibras de vidrio y de carbono. Módulo de elasticidad de un material compuesto reforzado con fibra. Materiales compuestos estructurales.

Procesos de moldeo: abierto y cerrado. Propiedades mecánicas. Fracción volumétrica de fibras. Densidad. Coeficiente de dilatación. Comportamiento a la fractura y fatiga. Otras propiedades.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Hormigón. Madera. Asfalto.

Materiales compuestos de matriz metálica y cerámica

5. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de NOVENTA (90) horas.

6. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo consiste en la explicación y conceptualizaciones de los contenidos de cada unidad para su aplicación en la resolución de problemas y análisis de casos.

Las tareas de laboratorio involucrarán la utilización de normas técnicas y de conocimientos teóricos adquiridos previamente, así como el empleo de equipamiento adecuado en los casos en que sea necesario. Al final del curso se realizará con modalidad de seminario, la exposición de una publicación con carácter de artículo de revisión vinculado con la temática de la materia.

Tanto en la resolución de los problemas, en el análisis de casos y en el seminario se estimulará el análisis crítico, el debate, y el intercambio de ideas.

7. EVALUACIÓN

El estudiante debe cumplir con el 80% de asistencia regular a las clases y asistir a todas las clases experimentales.

Al final del curso deberá presentarse en modalidad seminario el análisis de una publicación con carácter de artículo de revisión vinculado con la temática de la materia.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

II. CONTROL LINEAL EN VARIABLES DE ESTADO

1. FUNDAMENTACIÓN

Existe en la industria y en la sociedad una demanda creciente de productos y procesos automatizados. Esto conlleva al desarrollo de sistemas de control integrados por sensores, actuadores y leyes de control. En este sentido, el control lineal es la primera opción a implementar dada las simplificaciones que se pueden realizar sobre la dinámica de muchos sistemas. Las bases del control lineal se establecen mediante las técnicas convencionales, por ejemplo, PID, los cuales se sintonizan usando la función transferencia del sistema. Sin embargo, para poder implementar técnicas más avanzadas de control lineal, o inclusive algunas técnicas de control no lineal, se puede recurrir al control por variables de estado. Por lo tanto, el estudio de sistemas y la selección y sintonización de controladores en variables de estado, representa el punto de partida para el desarrollo de controladores modernos.

2. JUSTIFICACIÓN

El estudio de leyes de control en variables de estado se utiliza para el desarrollo de controladores en el ámbito de sistemas lineales, tales como sistemas mecánicos, electromecánicos, hidráulicos, neumáticos, electrónicos, entre otros. Por lo tanto, el conocimiento de las técnicas abordadas en este curso representa una herramienta de aplicación directa en una tesis de posgrado que involucre aspectos de control. Complementariamente, este curso, puede representar el punto de partida para que el estudiante aborde técnicas más avanzadas.

3. OBJETIVOS

Que al finalizar el curso el estudiante sea capaz de:



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

- Modelar, simular y analizar sistemas bajo el formalismo de variables de estado.
- Controlar sistemas mediante técnicas de realimentación de estados incluyendo la implementación de observadores de estados
- Aplicar desarrollos básicos de control óptimo y filtro Kalman.

4. CONTENIDOS

1. Modelado de sistemas mediante variables de estado: Concepto de: variables de estado, vector de estado, espacio de estado. Ecuaciones en el espacio de estado. Métodos de obtención de modelos de estado usando variables físicas para diferentes tipos de sistemas. Linealización de ecuaciones de estados. Representación matricial de ecuaciones de estados. Análisis de la cantidad de variables de estado.

2. Representaciones en variables de estado: Correlación entre la Función Transferencia y las ecuaciones de estado. Representación en el espacio de estado de sistemas definidos por su función transferencia: canónica del controlador, canónica del observador, modal, Jordan. Autovalores y autovectores de la matriz de estados del sistema. Transformaciones lineales entre representaciones.

3. Análisis de sistemas en variables de estados: Análisis de la respuesta temporal de sistemas en variables de estado. Matriz de transición. Definición y verificación de controlabilidad. Definición y verificación de observabilidad. Análisis de pérdida de controlabilidad y observabilidad. Sistemas no controlables pero estabilizables.

4. Realimentación en variables de estado: Ley de control para la realimentación completa de estado. Ackermann para la ubicación de polos del control. Efecto de los ceros. Introducción de una referencia de entrada con realimentación completa de estado. Selección de la ubicación de polos: sistema de segundo orden dominante, RLS, prototipos.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

5. Observadores/estimadores lineales: Necesidad de observador. Observador de orden total. Principio de dualidad. Ackermann para la ubicación de polos del observador/estimador. Observador /estimador de orden reducido. Selección de polos del observador/estimador: relación con respecto a los del controlador.

6. Diseño del compensador: Ley de control y observador/estimador combinados caso del regulador (principio de separación). Función transferencia del compensador para el caso del observador/estimador de orden total. Función transferencia del compensador para el caso del observador /estimador de orden reducido.

7. Entrada de referencia: Introducción de referencia con realimentación completa de estado y observador/estimador. Distintas estrategias para ingresar la señal de referencia: caso general (estimador con asignación de ceros, estimador autónomo, estimador por error de seguimiento). Control Integral.

8. Introducción al control lineal avanzado: Control digital. Control y estimación óptimos. Sistemas muestreados, ecuaciones de estado para tiempo discreto, estabilidad. Control óptimo variante en el tiempo, control LQR, ecuación algebraica de Riccati, selección de matrices de ponderación. Filtro de Kalman, ganancia de estado estacionario, matrices de ruido.

5. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de NOVENTA (90) horas.

6. METODOLOGÍA

La modalidad de enseñanza se implementará de la siguiente manera:

En las clases teóricas se impartirán los conceptos fundamentales. Por otro lado, se plantean dos tipos de actividades prácticas. Por un lado, están los talleres informáticos



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

donde se utilizan los softwares de simulación y control para analizar y verificar implementaciones prácticas de control.

Finalmente se encuentran las guías de ejercicios rutinarias donde se deben resolver problemas de modelado, estudio de sistemas y la selección y aplicación de las técnicas de control.

7. EVALUACIÓN

La evaluación se realizará por medio de un trabajo final, donde el estudiante debe proponer un sistema a controlar, con suficiente riqueza académica como para poder estudiar alternativas e implementar las técnicas de control de mayor nivel visto en este curso. Se deberá entregar un informe del resultado del trabajo final y hacer una presentación oral del mismo.

También se debe cumplir con el 80% de asistencia a las clases teóricas y prácticas dictadas.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ORDENANZA N° 2054

ANEXO II

**CURSOS DE POSGRADO
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MECÁNICA TEÓRICA Y APLICADA
FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA**

Cuerpo Docente

I. FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES

- Dra. Lilian MORO (DNI 6.284.503)

II. CONTROL LINEAL EN VARIABLES DE ESTADO

- Dr. Rogelio HECKER (DNI 21.429.502)
- Dr. Fernando VILLEGAS (DNI 27.167.643)
