



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

PROGRAMA DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

CARRERA: Ingeniería Mecánica

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: Materiales Metálicos

Área: Materiales

Bloque: Tecnologías Básicas

Nivel: 2

Tipo: Obligatoria

Modalidad: Anual

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
144	192	6

Fundamentación

Todo Ingeniero Mecánico debe tener un conocimiento lo más amplio posible de los materiales metálicos para poder efectuar su desarrollo profesional, ya que los mismos están presentes en todas las industrias.

Objetivos

- Conocer, comprender y evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales metálicos.
- Aplicar criterios para seleccionar adecuadamente los materiales necesarios para los diseños y construcciones mecánicas.

Contenidos

a) Contenidos mínimos

Introducción:

- Materiales en ingeniería.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

- Metalurgia física.

Materiales ferrosos

- Metalurgia básica.
- Obtención de arrabio, acero y fundición.
- Aceros al carbono
- Aceros aleados.
- Fundiciones.

Materiales no ferrosos

- Aluminio y sus aleaciones
- Cobre y sus aleaciones.
- Otros metales: zinc, estaño, magnesio, titanio.
- Metales pesados.
- Metales refractarios.

Metalografía

- Técnicas metalográficas.
- Estudio de estructuras metalográficas.
- Estructuras de soldaduras.

Tratamientos Térmicos

- Templabilidad de los Aceros
- Cementación de los Aceros.
- Nitruración y Carbonitruración.
- Tratamientos de aleaciones de aluminio y de cobre.
- Fallas en los tratamientos.

Soldadura

- Distintos procesos de soldaduras.
- Clasificación de los procesos (AWS y DIN)
- Metalurgia de las soldaduras.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

- Calificación de soldadores.

Selección de Materiales

- Requerimientos para el mecanizado y el proceso de fabricación.

b) Contenidos analíticos

Unidad Temática I: ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES

Materiales en ingeniería.

Metales, cerámicos, polímeros y compuestos, comparación de propiedades y usos.

Estructura atómica de los metales.

Enlace metálico. Semejanzas y diferencias con otros tipos de enlaces. Influencia sobre las propiedades físicas y mecánicas.

Estructura cristalina. Origen.

Redes cristalinas. Sistemas cristalinos, celdas unitarias.

Estructuras compactas y no compactas. Alotropía, consecuencias tecnológicas.

Índices cristalográficos. Difracción de rayos X. Ley de Bragg. Monocristales y policristales.

Defectos cristalinos: definición. Importancia (beneficios y perjuicios)

Defectos cristalinos clasificación: puntuales, lineales, superficiales y volumétricos.

Unidad Temática II: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS METALES, ENSAYOS MECÁNICOS Y METALOGRAFÍA

Deformación. Comportamiento elástico y plástico.

Deformación elástica. Constantes elásticas. Rigidez.

Deformación plástica. Mecanismo de la deformación plástica.

Influencia de la estructura cristalina. Deslizamiento y maclado.

Sistemas compactos y no compactos.

Mecanismos de endurecimiento y ablandamiento.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Fenómeno de acritud por deformación en frío y ablandamiento por calentamiento en los metales.

Ensayos mecánicos. Dureza.

Resistencia al esfuerzo continuo: tracción. Fenómeno de fluencia, bandas de Lüders. Endurecimiento o envejecimiento mecánico.

Resistencia al esfuerzo alternado: fatiga. Efecto Bauschinger.

Termofluencia (fluencia lenta en caliente o creep)

Fractura. Dúctil y frágil.

Técnicas metalográficas. Microscópicas y macroscópicas. Técnicas comunes y especiales.

Unidad Temática III: FORMACIÓN DE LAS ALEACIONES

Aleaciones metálicas: importancia, clasificación. Soluciones sólidas y compuestos químicos.

Diagramas de fases en equilibrio de aleaciones metálicas. Clasificación por cantidad de componentes. Propiedades de las fases. Variables independientes. Puntos invariantes. Análisis térmico.

Diagramas binarios: solubilidad total, insolubilidad total, solubilidad parcial, eutéctico, peritético, monotético, eutectoide, peritectoide.

Aspectos prácticos del diagrama de fase.

Diagramas Fe – C, Al – Cu, Al – Si, Cu – Sn y Cu – Zn.

Transformaciones de fase fuera de equilibrio. Diagramas de fases.

Transformaciones de fase: nucleación y crecimiento. Difusión, aspectos microscópicos.

Solidificación. Estructura dendrítica.

Unidad Temática IV: PROCESOS DE FABRICACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PIEZAS METÁLICAS

Clasificación de procesos de manufactura o fabricación.

Características de los métodos de fusión industrial.

Hornos industriales de fusión. Clasificación.

Operaciones básicas de fusión. Fusión de Fe, Al, Cu y aleaciones.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Procesos de fundición más importantes. Fabricación y tipos de moldes.

La importancia del diseño.

Características de los métodos de deformación plástica.

Significado técnico y económico del conformado metálico.

Métodos empleados en conformado de metales. Conformado compresivo. Conformado combinando compresión y tracción. Conformado por tracción. Conformado por doblado. Conformado por corte.

Conformado de bloques y chapas.

Aproximación sistemática a los procesos de conformado metálico.

Características de los métodos de mecanizado.

Unidad Temática V: METALES FERROSOS. SIDERURGIA

Hierro y acero, algunas consideraciones.

Siderurgia.

Metalurgia extractiva.

Minerales de hierro.

Procesos de reducción del mineral de hierro.

Alto horno: arrabio.

Reducción directa (RD): hierro de reducción directa (HRD o DRI). Clasificación.

Otros procesos: reducción – fusión (Corex), horno eléctrico para fabricación de arrabio.

Procesos de afino o aceración.

Convertidores básicos al oxígeno (LD, LDAC, OBM, etc.)

Hornos eléctricos (UHP – EBT)

Horno cuchara (LF)

Procesos de colada. Lingoteo y colada continua. Evolución de la colada continua y nuevos desarrollos.

Procesos de metalurgia secundaria.

Laminación. Laminación básica. Laminación de planos (chapas y flejes) y no planos (perfiles y tubos).



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Unidad Temática VI: TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS ACEROS

Diagrama de fases en equilibrio Fe – C metaestable. Fases y microestructuras.

Clasificación y normalización de aceros. Aceros al carbono y aceros aleados.

Influencia de los elementos aleantes sobre el diagrama. Modificación del diagrama de fases en equilibrio por la adición de elementos aleantes.

Tratamiento térmico.

Definición de tratamiento térmico y ciclo térmico. Microestructuras de equilibrio y de no equilibrio. Importancia, modificación de las propiedades.

Influencia de la velocidad de enfriamiento: enfriamiento en horno, en aire calmo y en agua agitada.

Transformación martensítica. Características.

Transformación isotérmica. Diagrama de Bain o diagramas TTT. Perlitas de distintos tipos. Bainita superior e inferior.

Transformaciones en enfriamiento continuo. Diagramas, estructuras obtenidas.

Clasificación de los tratamientos térmicos en los aceros y su empleo.

Tratamientos anisotérmicos. Normalizado. Recocidos hipercrítico, inter críticos y subcríticos. Temple hipercrítico e inter crítico. Martemperado. Revenido.

Tratamientos isotérmicos. Recocido isotérmico. Patentado. Austemperado.

Templabilidad. Concepto. Diámetro crítico ideal y real. Ensayos Grossmann y Jominy. Selección de aceros por templabilidad. Causas de la deformación y fisuración durante el temple.

Tratamientos de endurecimiento superficial.

Sin cambio de la composición química. Temple inductivo y a la llama.

Con cambio de la composición química. Tratamientos termoquímicos.

Carburación.

Nitruración.

Unidad Temática VII: ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN ACEROS

Elementos alfégenos y gammágenos. Diagrama de equilibrio binario Fe – elemento de aleación.

Influencia de los aleantes en las propiedades físicas y químicas del acero.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Incremento en la templabilidad.

Formación de precipitados: carburos y nitruros.

Cambios microestructurales.

Modificaciones en los tratamientos térmicos.

Temple y revenido de aceros al carbono y aceros aleados.

Aceros al carbono y de baja aleación.

Aceros para construcciones mecánicas.

Aceros estructurales.

Aceros microaleados.

Aceros de alta aleación.

Aceros para herramientas.

Aceros inoxidable.

Unidad Temática VIII: FUNDICIONES

Características y propiedades de las fundiciones. Clasificaciones. Diagramas de fases en equilibrio Fe – C estable.

Fundición gris común (laminar). Composición química e inoculación. Influencia de los elementos de aleación.

Fundición dúctil (esferoidal o nodular) y fundición ADI (fundición dúctil austemperada) de alta resistencia. Composición química e inoculación. Influencia de los elementos de aleación.

Fundición vermicular. Composición química e inoculación. Influencia de los elementos de aleación.

Fundición maleable (grafito flocular o de revenido). De corazón negro y de corazón blanco. Composición química e inoculación.

Fundiciones aleadas.

Propiedades y aplicaciones.

Unidad Temática IX: SOLDADURA

Clasificación de los procesos de soldaduras. Características generales.



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Soldadura por fusión: soldadura con gas, soldadura por arco eléctrico, soldadura por electroescoria, soldadura por resistencia, soldadura por haz de electrones, soldadura por láser.

Soldadura por fase sólida: soldadura a presión a temperatura elevada, soldadura a presión en frío, soldadura ultrasónica, soldadura por fricción, soldadura por explosivos.

Soldadura fuerte (brazing), soldadura blanda (soldering), soldadura por adhesivos.

Procesos de soldadura con arco eléctrico. Manual con electrodo revestido, TIG, MIG, MAG, arco sumergido.

Consideraciones generales. Preparación de los metales a soldar. Falta de penetración de la soldadura, problemas.

Metalurgia de las soldaduras. Cordón de soldadura, zona afectada térmicamente (ZAT), carbono equivalente, soldadura de aceros disímiles, diagrama de Schaeffler.

Unidad Temática X: MATERIALES NO FERROSOS

Aluminio y sus aleaciones.

Aleaciones deformables.

Aleaciones de endurecimiento por tratamiento térmico.

Aleaciones de fundición.

Cobre y sus aleaciones.

Latones.

Bronces. Bronces al aluminio, cuproníqueles, alpacas, bronce al berilio.

Titanio y sus aleaciones. Aplicaciones. Biocompatibilidad.

Unidad Temática XI: CORROSIÓN DE LOS METALES Y SUS ALEACIONES

Introducción y generalidades.

Corrosión generalizada. Corrosión química. Corrosión electroquímica.

Curvas de polarización. Pasividad de metales.

Pares galvánicos. Corrosión localizada. Corrosión intergranular. Picado

Corrosión por rendijas. Corrosión bajo tensiones. Corrosión combinada con otros fenómenos.

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Corrosión – fatiga.

Erosión – corrosión. Cavitación. Oxidación por desgaste (fretting corrosión)

Disolución selectiva (des aleado)

Unidad Temática XII: INTRODUCCIÓN A LA SELECCIÓN DE MATERIALES

Aplicación específica de los materiales a la industria.

Clasificación por características mecánicas, térmicas y químicas.

Consideraciones económicas de diseño y de procesos de fabricación.

Normas y especificaciones de materiales, procesos y productos.

Distribución de carga horaria entre actividades teóricas y prácticas

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	129	172
Formación Práctica	15	20
Formación experimental	15	20
Resolución de problemas		
Proyectos y diseño		
Práctica supervisada		

Estrategias metodológicas

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

La metodología empleada es la exposición oral. Se emplean presentaciones con computadora y cañón y en temas puntuales la proyección de videos para agilizar la exposición dada la complejidad de los gráficos y temas. Se trata de que la clase sea lo más ágil posible, interactuando con el alumno para captar su atención. Se hace especial mención de los problemas que se pueden presentar en la industria.

La orientación que se le da en particular a la asignatura es teórica-práctica, con particular preponderancia del aspecto práctico. La materia cuenta con trabajos prácticos (6 en total) que tienen en cuenta aspectos prácticos de los temas teóricos vistos. La asignatura debe proveer bases firmes que permitan desarrollar la práctica con solidez. Esto



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

acentuaría el perfil del graduado de la UTN como un ingeniero con ingenio y practicidad, ágil para la solución de los problemas de la Industria.

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Utilización de guías teóricas realizadas por la cátedra.

Evaluación

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

La teoría se evaluará mediante 2 (dos) exámenes parciales que tendrán la modalidad elección múltiple o de preguntas a desarrollar (se comunicará oportunamente a los estudiantes). Para la aprobación de cada uno de ellos se deberá tener un mínimo del 60% de las respuestas correctas. Se comprobará la asistencia a clase del estudiante, la misma no deberá ser inferior al 75% del número de clases totales. Cada parcial se podrá recuperar hasta 2 (dos) veces. Al finalizar el curso se determinarán 2 (dos) fechas para recuperar en el período noviembre-diciembre y 2 (dos) fechas en el período febrero-marzo. *Sólo podrá recuperarse un parcial por fecha y por período.*

Cada práctica de laboratorio tiene su correspondiente informe, los mismos deben ser aprobados para la firma de laboratorio. Los informes podrán ser recuperados en las fechas indicadas por los docentes a cargo del laboratorio.

Para la firma de Trabajos Prácticos (aprobación de la asignatura) se deberán tener aprobados los informes de las prácticas de laboratorio. En caso contrario se deberá recurrir a la asignatura.

El último día para la firma de Trabajos Prácticos será el estipulado por la Facultad como "fin ciclo lectivo, ÚLTIMA FECHA FIRMA DE T.P."

El examen final tendrá la modalidad de preguntas a desarrollar. El cuestionario, conteniendo las preguntas del final, será suministrado antes de la finalización del curso y será único para todos los cursos. Tendrá validez para las fechas indicadas en el mismo. El examen final consistirá de 5 preguntas. Para su aprobación se deberá tener un mínimo de 3 (tres) respuestas correctas. En cada respuesta se evaluará: comprensión de los contenidos, asimilación de los mismos, elaboración de la respuesta, vocabulario técnico empleado, claridad y coherencia de la exposición, claridad de gráficos y tablas.

Requisitos de regularidad

Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

Se deben aprobar los dos parciales con nota mínima seis y tener aprobados los trabajos prácticos de laboratorio.

Se comprobará la asistencia a clase del estudiante, la misma no deberá ser inferior al 75% del número de clases totales.

Requisitos de aprobación directa

Se deben aprobar los dos parciales con nota mínima ocho y tener aprobados los trabajos prácticos de laboratorio.

Sólo se puede recuperar un examen para la aprobación directa.

Se comprobará la asistencia a clase del estudiante, la misma no deberá ser inferior al 75% del número de clases totales.

Articulación horizontal y vertical con otras materias

Es una asignatura del segundo nivel de la carrera, articulando horizontalmente con Ingeniería Mecánica II, Química Aplicada y Estabilidad I. En cuanto a su articulación vertical, lo hace con Química General, Ingeniería Mecánica III, Elementos de Máquinas y Proyecto Final.

Cronograma estimado de clases

Unidad Temática	Duración en hs cátedra
Estructura de los materiales	12
Propiedades mecánicas de los metales, ensayos mecánicos y metalografía	18
Formación de las aleaciones	12
Procesos de fabricación para la obtención de piezas metálicas	12
Metales ferrosos. Siderurgia	18
Tratamientos térmicos de los aceros	24
Elementos de aleación en aceros	12
Fundiciones	12
Soldadura	12
Materiales no ferrosos	12
Corrosión de los metales y sus aleaciones	12
Introducción a la selección de materiales	12
Revisión de TP	24

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA



Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA **ANALÍTICO**

- Laughlin, David E.; Hono, Kazuhiro (2014). *Physical Metallurgy - Volumes 1 & 2*. Elsevier.
- Raghavan, V. (2012). *Physical Metallurgy*. India: Prentice-Hall
- Abbaschian, Reza; Abbaschian, Lara; Reed, Robert E. (2009). *Physical Metallurgy Principles*. Reed-Hill
- Pero-Sanz Elorz, J. A.; Fernández González, D.; Verdeja, L. F. (2018). *Physical Metallurgy of Cast Irons*. Springer Nature Switzerland AG.
- Verdeja, L. F.; Fernández González, D.; Verdeja González, J. I. (2021). *Operations and Basic Processes in Steelmaking*. Springer Nature Switzerland AG.
- Hosfrod, William F. (2010). *Physical Metallurgy*. CRC Press
- Haidemenopoulos, G. N. (2018). *Physical Metallurgy Principles and Design*. CRC Press.
- Huda, Zainul (2020). *Metallurgy for Physicists and Engineers*. CRC Press
- Reardon, Arthur C. (2011). *Metallurgy for the non-metallurgist*. ASM International.
- Mishra, R. S.; Sankaran, K. K. (2017). *Metallurgy and design of alloys with hierarchical microstructures*. Elsevier.

Material didáctico elaborado por la cátedra

“Presentaciones Power Point de la cátedra”, Gustavo Merlone, Cátedra de Materiales Metálicos, Departamento de Ingeniería Mecánica, UTN-FRBA. Formato digital disponible en el Campus Virtual de la asignatura. 2022.