



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

ANEXO I
RESOLUCIÓN N°...3026/24...

PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Mecánica

CARRERA: Ingeniería Mecánica

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: Ciencia y Tecnología de la soldadura

Año Académico: 2024

Área: Mecánica

Bloque: Tecnologías aplicadas

Nivel: 4

Tipo: Electiva

Modalidad: Anual

Plan: 2023 (Ord. 1901)

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
96	128	4

COMPOSICIÓN DEL EQUIPO DE CÁTEDRA:

Profesor Adjunto: Ing. Oscar Ángel Colombo

ATP 1°: Ing. Matías Ezequiel Colombo

FUNDAMENTACIÓN

La profundización de los conocimientos y la mirada integral de las uniones soldadas son de carácter fundamental en la formación profesional de los y las futuras egresadas de ingeniería mecánica, ya que constituyen un pilar en el desarrollo de distintos tipos de proyectos de ingeniería.

De esta forma, la asignatura permite que el estudiantado se capacite en las diversas tareas que hacen al diseño, la ejecución y la evaluación de uniones soldadas diversas, así como sus procesos, normativas y estándares de seguridad.

Los y las egresadas de ingeniería mecánica podrán establecer los parámetros de desarrollo y funcionamiento de laboratorios en prácticas de uniones soldadas.



COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Baja	Mediana	Alta	
CE1.1 Diseñar y desarrollar proyectos de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control aplicando metodologías asociadas a los principios de cálculo, diseño y simulaciones para valorar y optimizar, con sentido crítico e innovador, responsabilidad profesional y compromiso social.		X		
CE 5.1. Desarrollar y aplicar metodologías de proyecto, cálculo, diseño y planificación de laboratorios, relacionados con el ensayo, verificación y certificación de equipos de cualquier naturaleza vinculados a sistemas mecánicos, térmicos y fluidos mecánicos o partes con estas características incluidos en otros sistemas., respetando los criterios y metodologías prescritos por las normas de ensayo, tanto nacionales como internacionales.				X
CE 5.3. Interpretar y aplicar normas y estándares nacionales e internacionales, a fin de garantizar el cumplimiento de las mismas en la realización de ensayos de lo anteriormente mencionado				X
CE7.1: Evaluar situaciones relacionadas con aspectos económicos, financieros y de inversiones, para la determinación de proyectos, bienes y servicios, relacionados con el ejercicio de la ingeniería, analizando variables micro y macro económicas e interpretando la realidad económica en el contexto nacional e internacional.				X

COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Baja	Mediana	Alta
CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería			X



CG2: Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería		X	
CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería		X	
CG6: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.		X	

OBJETIVOS (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

- Analizar los aspectos técnicos y científicos de los procesos de soldadura para aplicarlos al diseño, inspección, verificación y análisis económico de uniones soldadas.
- Aplicar las normas vigentes que rigen los estándares de las técnicas modernas de soldadura en la ejecución de proyectos de ingeniería mecánica y planificación de laboratorios de soldadura.
- Comprender los requisitos y herramientas técnicas que involucran el diseño, la ejecución y la evaluación de una unión soldada para el cálculo, diseño y proyecto de un sistema o componente mecánico.
- Realizar prácticas de laboratorio sobre los distintos procesos de soldadura, siguiendo las normativas y estándares asociados y considerando los aspectos que hacen a la seguridad en procesos de soldadura.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Tipos y métodos de soldadura
- Diseño de uniones soldadas
- Criterios de ejecución de soldaduras
- Verificación de soldaduras

Contenidos analíticos

UNIDAD TEMÁTICA I: INTRODUCCIÓN A LA SOLDADURA

Clasificación. Metalurgia de la soldadura. Materiales. La soldadura como unión metálica. La naturaleza de las superficies. Requerimientos básicos de un proceso de soldadura. Intensidad de fuente calor y eficiencia de transferencia. Clasificación de los procesos de soldadura en fase sólida y por fusión. Terminología y simbología.

UNIDAD TEMÁTICA II: PROCESOS DE SOLDADURA

Procesos de soldadura y corte: Electrodo revestido manual (SMAW) - Arco sumergido (SAW)- Alambre-Electrodo alimentación continuo sólido con gas (GMAW), Alambre-Electrodo alimentación continuo tubular con o sin gas (FCAW), Electrodo tungsteno No



consumible bajo gas (GTAW), Electrodo tungsteno No consumible , arco constreñido (PAW), Electroescoria - Oxigas – Soldadura (brazing/soldering) – Soldadura de punto - Oxicorte y corte por plasma – Equipamiento y consumibles - Descripción de los procesos por fricción, explosión, forja, colaminación, ultrasonido, aluminotermia, resistencia, haz de electrones, láser metalizado. Soldadura, corte subacuático- Aplicaciones típicas.

UNIDAD TEMÁTICA III: DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

Criterios de Diseño y cálculo: Propiedades requeridas - resistencia mecánica a baja o alta temperatura, a esfuerzos estáticos o dinámicos, a esfuerzos de fatiga - Resistencia por ataque químico y desgaste - Cálculo de la soldadura por filete - Códigos y especificaciones aplicables - Unión a tope – Soldadura de filete o en ángulo – Soldadura en ángulo con carga axial – cálculo por resistencia a la fatiga – dimensiones mínimas de la soldadura en ángulo

UNIDAD TEMÁTICA IV: DEFECTOS EN SOLDADURA

Defectos en soldadura: geométricos y estructurales - Criterios de aceptación y rechazo según códigos - Tensiones residuales, métodos de alivio – Distorsión: tipos, control y corrección.

UNIDAD TEMÁTICA V: INSPECCIÓN Y ENSAYOS

Inspección y ensayos de soldadura – Calificación de procedimientos y soldadores - Inspector de soldadura, responsabilidades – Aplicación de códigos y Reglas de Clasificación (ASME, AWS, DNV, ABS) – Ensayos no destructivos aplicados a las soldaduras – Ensayos Mecánicos aplicados a las soldaduras.

UNIDAD TEMÁTICA VI: COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA

Costos de soldadura - Análisis de costos directos: juntas, precalentamiento, tratamientos térmicos, equipamiento, consumibles - Incidencia de mano de obra y gastos generales – Automatización robótica.

UNIDAD TEMÁTICA VII: PRÁCTICAS DE SEGURIDAD EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE

Efecto de las radiaciones no ionizantes. Efectos del arco eléctrico, y de llamas oxigas. Cuidados de aspiración de humos. Prevención de fuego y riesgo eléctrico. Elementos de protección personal. Clasificación de lentes según procesos utilizados. Precauciones en medios confinados y de equipos con sustancias combustibles



DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
Teórica	76		76
Formación práctica	20		20

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales	Lugar donde se desarrolla la práctica (si corresponde indicar laboratorio, ámbito externo)
Formación experimental			
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)			
Proyecto y diseño	11		Clase
Otras: Práctica de distintos procesos de soldadura	9		Laboratorio de Soldadura, sede Campus
Práctica supervisada			
Total de horas	20		

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Modalidad teórica

Las clases teóricas se dictarán con modalidad de seminario, referenciando los conceptos con situaciones propias del ámbito profesional y apelando a la participación activa del estudiantado.

Todas las clases teóricas serán dictadas con apoyo de medios digitales, haciendo uso de recursos audiovisuales, acompañados de apuntes generados por los docentes.

El enfoque de las clases teóricas es impartir los conocimientos necesarios para desarrollar de forma práctica todo lo que hace al análisis de las uniones soldadas: su



composición, sus defectos a evaluar, su diseño, cálculo y verificación, así como los aspectos económicos involucrados.

Modalidad práctica

Para las actividades prácticas se dispondrá de documentación propia del proceso de soldadura como son procedimientos, códigos y normas. También se prevé la disponibilidad de placas radiográficas y probetas para su análisis y discusión.

La modalidad práctica se enfocará en desarrollar las competencias relacionadas al análisis, diseño y cálculo de uniones soldadas, complementando y cementando los conocimientos impartidos en las clases teóricas.

Para llevar a cabo este desarrollo, se realizarán trabajos prácticos grupales que evidencien lo trabajado en las clases teóricas.

Listado de Trabajos Prácticos y sus objetivos

Se realizan en el ámbito privado de cada grupo.

1. Estructura Cristalina

Se calculan distintas propiedades físicas de materiales metálicos partiendo de su estructura cristalina.

Objetivo: Interpretar e interiorizar las características de los materiales metálicos para su correcto uso en procesos de soldadura

2. Templabilidad

Evaluar valores de dureza en distintos puntos y con distintos medios de enfriamiento para diferentes materiales metálicos.

Objetivo: Analizar el comportamiento mecánico de los materiales metálicos para aplicarlo a procesos de soldadura

3. Clasificación de materiales de aporte

Determinar qué tipo de ensayos son requeridos para la clasificación de distintos materiales de aporte.

Objetivo: Asegurar la correcta elección de material de aporte según el proceso de soldadura a utilizar



4. Ciclo Térmico en Soldadura

Mediante fórmulas matemáticas se calculan velocidades de enfriamiento, ancho de Zonas Afectadas por Calor, velocidades de solidificación en distintos aceros y valores de dureza.

Objetivo: Analizar la evolución de la estructura de los materiales metálicos debido a procesos térmicos para su correcta aplicación en procesos de soldadura

5. Diseño de recipiente a presión

Aplicar los conocimientos de la materia para diseñar juntas para un recipiente a presión. Estimar procesos de soldadura óptimos para cada tipo de junta.

Objetivo: Correcta aplicación de lo aprendido en la asignatura como parte de una actividad integradora.

Prácticas de laboratorio

La finalidad es que los alumnos vean cómo es un proceso de soldadura real. Las prácticas consisten en realizar cordones de soldadura mediante los siguientes procesos, regulando según cada caso las fuentes de poder y teniendo en consideración todo aspecto de seguridad que se debe seguir en un proceso de soldadura.

- a. Proceso SMAW**
- b. Proceso GMAW**
- c. Proceso GTAW**

También se analizará en qué contexto será más conveniente cada proceso. Las prácticas se realizan en el Laboratorio de Soldadura de la Sede Campus.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

La evaluación de la asignatura comprende dos evaluaciones parciales, con sus recuperatorios, los trabajos prácticos y las prácticas de laboratorio

Las evaluaciones serán dos durante el ciclo lectivo, una en el primer cuatrimestre y otra en el segundo. Las mismas serán escritas y de tipo teórico -práctico, pudiendo recuperar hasta dos veces cada parcial.

Requisitos de regularidad

La regularidad se alcanzará al aprobar los dos (2) exámenes parciales con nota mínima de seis (6) puntos y la totalidad de los trabajos prácticos, pudiendo recuperar ambos exámenes dos (2) veces.

Se debe tener un 75% de asistencia mínima.



Requisitos de aprobación indirecta por examen final

Aquellos alumnos y alumnas que hayan alcanzado la regularidad podrán rendir un examen final compuesto de una parte escrita de carácter teórico-práctico y un complemento oral.

Se alcanzará la nota mínima de aprobación de seis (6) puntos al acreditar un 60% del examen bien resuelto y aprobando el complemento oral.

Requisitos de aprobación directa por promoción

Se debe aprobar ambos parciales con una nota de mínima de ocho (8) puntos y pudiendo recuperar sólo uno (1) de los exámenes parciales. Se requiere la aprobación de los trabajos prácticos en los plazos establecidos por la cátedra.

Se debe tener un 75% de asistencia mínima.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Esta asignatura es una electiva de cuarto nivel, articulando en forma vertical con *Materiales metálicos* (segundo nivel) en el uso de materiales metálicos y sus características, *Estabilidad I* (segundo nivel) en el cálculo de tensiones y esfuerzos, *Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial* (segundo nivel) en los aspectos de seguridad a considerar durante un proceso de soldadura, *Estabilidad II* (tercer nivel) en cuanto a resistencia de materiales, *Mediciones y Ensayos* (tercer nivel) con ensayos para detección de defectos en procesos de soldadura.

Articula horizontalmente con *Economía*, en relación a los cálculos de costos de un proceso productivo.

Las reuniones de articulación se proponen en el departamento y se realizan con todos los directores de cátedra de las asignaturas involucradas.

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES

PARA CURSAR Y RENDIR	
Cursadas	Aprobadas
Materiales metálicos Mediciones y Ensayos Estabilidad II	Estabilidad I



CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Clase	Tema	Modalidad
1	Introducción a la soldadura	Presencial
2	Clasificación de los procesos de soldadura	Presencial
3	Proceso SMAW	Presencial
4	Especificación AWS 5.1 y 5.5	Presencial
5	Proceso GMAW	Presencial
6	Especificación AWS 5.18	Presencial
7	Proceso FCAW	Presencial
8	Especificación AWS 5.20	Presencial
9	Proceso GTAW + PAW	Presencial
10	Especificación AWS 5.12	Presencial
11	Proceso SAW	Presencial
12	Especificación AWS 5.17 y 5.23	Presencial
13	Conceptos de Metalurgia Física	Presencial
14	Diagramas de equilibrio Templabilidad. Jominy-Lamont-Curvas U	Presencial
15	Laboratorio - Práctica proceso SMAW	Presencial
16	1º Parcial	Presencial
17	Diagrama Hierro-Cementita	Presencial
18	Curvas TTT, Curvas CTT y CTT-S	Presencial
19	Microestructuras resultantes. Influencia de elementos de aleación. Carbono equivalente	Presencial
20	Fuentes de Poder	Presencial
21	Seguridad en soldadura y corte	Presencial
22	Cálculo de uniones soldadas. Diseño de juntas. Simbología	Presencial
23	Cálculo de uniones soldadas	Presencial
24	Laboratorio - Práctica proceso GMAW	Presencial
25	Ensayos Destructivos aplicados a soldadura	Presencial
26	Ensayos No Destructivos aplicados a soldadura	Presencial
27	Evaluación de radiografías	Presencial
28	Metalurgia de Soldadura	Presencial
29	Transferencia de calor. Velocidad de enfriamiento. Zona Afectada por Calor	Presencial
30	Laboratorio - Práctica proceso GTAW	Presencial
31	Códigos y Normas. Especificación de soldadura. Calificación de procedimientos de soldadura. Calificación de soldadores y operadores de soldadura.	Presencial
32	2º Parcial	Presencial



BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- William A. Bowditch (2023). *Modern welding*. Goodheart-Wilcox.
- Larry Jeffus (2020). *Welding: Principles and Applications*. Cengage Learning.
- David H. Phillips (2023). *Welding Engineering: An Introduction*. Wiley
- Singh, R. (2020). *Applied Welding Engineering: Processes, Codes, and Standards*. Elsevier.
- Phillips, D. H. (2016). *Welding Engineering: An introduction*. Wiley.
- Lippold, J. C. (2014). *Welding Metallurgy and Weldability*. Wiley.
- Houldcroft, P.; John, R. (2001). *Welding and Cutting, a Guide to Fusion Welding and Associated Cutting Processes*. Ed. Woodhead Publishing.
- O'Brien, Annette; Jenney, Cynthia L. (2001). *Welding Handbook, Vol. 1 (9th Edition)*. Ed. American Welding Society.
- Lancaster, J. F. (1999). *Metallurgy of Welding. 6th Edition*. Ed. Abington.
- Easterling, Kenneth (1992). *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding. Second Edition*. Ed. Elsevier Ltd.
- Timerman, R.; Palma, J. A. (1983). *Ciencia y Técnica Soldadura*. Argentina: Ediciones CONARCO.
- Bardes, Bruce P. (1978). *Metal Handbook*. Ed. American Society for Metals.
- Houldcroft, P. (1977). *Welding Process Technology. 3rd Edition*. Ed. Cambridge University Press.
- Lancaster, J. F (1972). *Tratado de Soldadura*. Madrid: Tecnos.
- Stout, R.; Doty, W. (1971). *Weldability of Steel*. Ed Samuel Epatoin.
- Linnert, R. (1965). *Welding Metallurgy, Vol. 1. 3rd Edition*. Miami: American Welding Society.
- Seferian, D. (1962). *Metalurgia de la Soldadura*. Ed. Tecnos.

Códigos y normas aplicables

Normas de la American Welding Society. Edición 2020.

Normas de la American Society of Mechanical Engineering. Edición 2021.

Apuntes de cátedra

"Apuntes de Cátedra", Oscar Ángel Colombo, Cátedra de Tecnología de la Soldadura, Departamento de Ingeniería Mecánica, UTN FRBA. 2020.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Castro, R.; de Cadenet, J. (1975). *Welding Metallurgy of Stainless and Heat Resisting Steels*. London: Cambridge University Press.