

13. S. K. Melhman, *Pneumatic steelmaking, vol II, The AOD process*  
The Iron and Steel Society, Inc (1991)
14. J. Szekely, G. Carlsson, *Ladle metallurgy*  
Springer-Verlag New York, Inc (1989)
15. A. P. Guliaev, *Metalografía, Tomo I*  
Editorial Mir, Moscu (1978)

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

Se sugiere estudiar en simuladores (University Steel) los procesos de refinación de los aceros

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Procesos de la soldadura.
Carrera:	Ingeniería en Materiales (Especialidad).
Clave de la asignatura:	
(Créditos) SATCA <sup>1</sup>	4-2-6

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

La asignatura de Procesos de la Soldadura, proporciona al estudiante la capacidad de adquirir los conocimientos necesarios para comprender los fundamentos teóricos y prácticos característicos de los Procesos de Soldadura empleados en la industria moderna. Esta permite introducir a la retícula de la carrera el conocimiento de los diferentes métodos y técnicas empleados comúnmente para lograr uniones mecánicas y soldadas en materiales de diversa naturaleza.

Así también, el estudiante deberá conocer, determinar y controlar los diferentes parámetros y variables presentes en un proceso de soldadura, y podrá interpretar las transformaciones de fase que ocurren durante el ciclo térmico de calentamiento y

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos



enfriamiento. Además, permite al estudiante aumentar su acervo tecnológico para resolver problemas relacionados con la unión de materiales similares y disímiles.

El estudiante deberá tener la capacidad para conocer si un material ha sufrido un cambio en su estructura y con ello un cambio en sus propiedades. Y si así ocurrió, saber cómo modificar dichos cambios en la estructura mediante el uso de los tratamientos térmicos. Las competencias desarrolladas le darán la capacidad de asesorar y participar en proyectos multidisciplinarios especialmente en el área metalmeccánica en relación a los procedimientos de unión de materiales que incidirán en su entorno, además de permitirle el apoyo en áreas educativas y de investigación.

Los contenidos de la asignatura se relacionan estrechamente con conocimientos previamente adquiridos en las asignaturas de:

- Física del estado sólido.
- Fenómenos de transporte.
- Comportamiento mecánico de los materiales.
- Manufactura.
- 

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario de la asignatura de Procesos de la Soldadura en cinco unidades.

En la primera unidad se revisará la historia de la soldadura y se definirán los conceptos empleados más importantes.

En la segunda unidad se contempla los aspectos de seguridad necesarios en la operación de los procesos de soldadura, así como el énfasis en el uso del equipo de seguridad personal y el análisis de riesgos en el entorno.

En la tercera unidad se analizan, clasifican y estudian los procesos de soldadura que implican fusión del material base y el material de aporte, así como las características, ventajas y desventajas de los diferentes procesos por fusión.

En la cuarta unidad se abordan los procesos de soldadura en estado sólido, así como sus características, ventajas y desventajas en las diferentes uniones soldadas.

La quinta unidad comprende el conocimiento de la simbología y terminología empleada en el campo de soldadura, así como la interpretación de los procedimientos de soldadura (WPS), inspección y calificación (PQR). Empleando la nomenclatura de los códigos y especificaciones propuestos por la ASME, ASTM y



la AWS.

El enfoque sugerido para la asignatura de procesos de la soldadura requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de conocimiento sobre:

1. Fomentar talleres de solución de casos prácticos de aplicación y diseño tanto en clase como en el taller sobre los diferentes procesos de soldadura.
2. Organizar sesiones grupales de discusión de conceptos básicos sobre los procesos de la soldadura eléctrica de arco.
3. Promover la investigación entre los estudiantes sobre procesos de soldadura aplicados en la unión, reparación y recuperación de piezas de acero.
4. Elaboración de informes técnicos para definir conceptos eléctricos, de fuentes de energía, tipo de máquinas y equipos para soldar; y de los diferentes tipos de procesos de soldadura.
5. Solucionar casos prácticos relacionados con el diseño de los procesos de soldadura para aceros especiales.
6. Fomentar la asistencia del alumno a conferencias y seminarios relacionados con los procesos de la soldadura.

Las actividades prácticas se deben aplicar posteriormente al diseño de una soldadura en campo, de manera que pueda observarse lo visto previamente en clase, como una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de los casos prácticos a desarrollar dentro de las actividades de aprendizaje en el campo específico de los procesos de la soldadura.

Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el diseño de un proceso de soldadura en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas y cotidianas, para que el estudiante se familiarice con el entorno de los procesos de la soldadura de materiales y no sólo se expongan en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean simulados y virtuales cercanos a la realidad.

Se propone la aplicación de los conceptos a partir de realidades industriales concretas; se busca que el alumno tenga un primer contacto en forma razonada y sea a través de la aplicación, observando, reflexionando y explicando el planteamiento de casos prácticos relacionados a los procesos de la soldadura.

Es importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su futuro profesional; que aprecie la importancia



del conocimiento, los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y el interés, la formalidad, la colaboración e integración, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía. Por lo anterior es necesario que el profesor ponga atención en todos estos aspectos para el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR.

Competencias específicas:	Competencias genéricas:
<p>Distinguir los procesos de soldadura en la manufactura y unión de materiales, involucrando los conceptos básicos eléctricos, las características de los diferentes procesos de soldadura, los diversos tipos de fuentes de energía, así como los diferentes tipos de materiales de aporte empelados para la soldadura de diversos materiales.</p> <p>Explicar y operar diversos procesos de soldadura por arco eléctrico. Así como relacionar de manera precisa la influencia que tienen las condiciones del proceso con la calidad de la unión soldada.</p>	<p><b>Competencias instrumentales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis, síntesis y abstracción.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul> <p><b>Competencias interpersonales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para trabajar en equipo.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Apreciación de la diversidad y la multiculturalidad.</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas, de ser creativo.</li> <li>• Sensibilidad hacia temas medioambientales.</li> </ul>

### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de	Profesores de la	Reunión de Academia de



Morelia Diciembre 2006.	Academia de Ingeniería en Materiales del Instituto Tecnológico de Morelia.	Ingeniería en Materiales.
Instituto Tecnológico de Morelia Junio 2015.	Profesores de la Academia de Ingeniería en Materiales del Instituto Tecnológico de Morelia.	Reunión de Academia de Ingeniería en Materiales.

## 5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Que el estudiante adquiera los conocimientos teórico-prácticos para aplicar los procesos de la soldadura, conocer e identificar las particularidades y efectos de las variables (voltaje, amperaje, velocidad de avance, aporte térmico y polaridad) en cada uno de los procesos de soldadura analizados sobre diversos materiales convencionales y avanzados.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conocer y aplicar los aspectos de seguridad e higiene industrial.
- Identificar y analizar los aspectos de la Física del estado sólido que inciden y se relacionan con los procesos de la soldadura.
- Identificar los mecanismos del comportamiento mecánico de los materiales.
- Conocer e identificar los diversos procesos de manufactura que se emplean en la industria actual.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de la soldadura y procesos de corte de materiales.	1.1 Historia de la soldadura. 1.2 Circuito de soldadura. 1.3 Fuentes de energía. 1.4 Variables de soldadura (Voltaje, Amperaje, y Polaridad) 1.5 Clasificación de los procesos de soldadura. 1.6 La carta maestra AWS de los procesos de soldadura. 1.7 Procesos de corte de materiales 1.7.1 Corte con disco abrasivo. 1.7.2 Corte con oxi-acetileno 1.7.3 Corte con electrodo de carbón y aire (Arc-air). 1.7.4 Corte con plasma. 1.8 Clasificación general de materiales de



2	Seguridad en soldadura.	<p>aporte y gases de protección.</p> <p>2.1 Condiciones de seguridad en el área de trabajo.</p> <p>2.2 El equipo de protección personal (EPP) en soldadura.</p> <p>2.3 Análisis de riesgos en soldadura.</p> <p>2.4 Medidas de seguridad en soldadura.</p> <p>2.5 Manejo seguro de gases.</p>
3	Soldadura por fusión.	<p>3.1 Proceso SMAW.</p> <p>3.2 Proceso GMAW (MIG/MAG).</p> <p>3.3 Proceso GTAW.</p> <p>3.4 Proceso FCAW.</p> <p>3.5 Proceso SAW.</p> <p>3.6 Proceso RSW.</p> <p>3.7 Soldadura por electro-gas.</p> <p>3.8 Soldadura por electro-escoria.</p> <p>3.9 Soldadura de pernos.</p>
4	Soldadura en estado sólido y otros procesos.	<p>4.1 Introducción a la soldadura de estado sólido.</p> <p>4.1.1 Adhesión metal-metal.</p> <p>4.1.2 Adhesión metal-cerámico.</p> <p>4.2 Unión por difusión (DB).</p> <p>4.3 Brazing (B).</p> <p>4.4 Soldering (S).</p> <p>4.5 Soldadura por explosión (EXW).</p> <p>4.6 Soldadura por fricción (FRW).</p> <p>4.7 Soldadura Laser.</p> <p>4.8 Soldadura por haz de electrones.</p> <p>4.9 Spray térmico.</p> <p>4.10 Otros procesos de soldadura.</p>
5	Simbología, terminología, códigos y especificaciones de la soldadura.	<p>5.1 Tipos de juntas y su preparación.</p> <p>5.2 Clasificación de las soldaduras.</p> <p>5.3 Simbología y dimensionamiento en soldadura.</p> <p>5.4 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS).</p> <p>5.5 Registro de calificación de soldadura (PQR).</p> <p>5.6 Especificaciones AWS, ASTM y ASME.</p>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS



- Fomentar talleres de solución de casos prácticos tanto en clase como en el laboratorio sobre los procesos de la soldadura empleados en los materiales.
- Organizar sesiones grupales de discusión de conceptos básicos sobre los procesos de la soldadura.
- Promover la investigación entre los estudiantes sobre procesos de soldadura aplicados en la unión, reparación y recuperación de piezas y elementos mecánicos.
- Solucionar casos prácticos relacionados con los procesos de la soldadura.
- Fomentar la asistencia del alumno a conferencias y seminarios relacionados con los procesos de la soldadura.
- Estimular el trabajo interdisciplinario para lograr la integración de las diferentes asignaturas del plan de estudios.
- Retroalimentar de manera permanente el trabajo de los estudiantes.
- Fomentar el trabajo autónomo.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para el desarrollo de los contenidos de los procesos de la soldadura.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN.

- Informes de investigación bibliográfica.
- Reportes y resultados de las prácticas realizadas.
- Reportes y resultados de las visitas realizadas.
- Solución de problemas en clase y tareas.
- Participación durante el desarrollo del curso.
- Evaluaciones durante el desarrollo del curso.
- Asistencia a foros y conferencias.
- Desempeño personal integral en clase.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

**Unidad 1:** Fundamentos de la soldadura y procesos de corte de materiales.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje
Conocer los aspectos históricos de la soldadura y relacionar los fundamentos básicos de operación del circuito de soldadura con conocimientos previamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se describirán la historia de la soldadura y su aporte industrial, así como su clasificación general.</li> <li>• Realizar un cuadro sinóptico interactivo que relacione las etapas históricas de la soldadura.</li> <li>• Realizar un análisis físico de las diferentes fuentes de poder usadas en soldadura y los efectos generados en el arco eléctrico.</li> <li>• Elaborar un ensayo sobre los aspectos y parámetros que influyen en la calidad de la unión soldada.</li> <li>• Elaborar un mapa conceptual sobre las</li> </ul>



adquiridos.	características y aplicaciones principales de los procesos industriales de corte.
-------------	---

### Unidad 2: Seguridad en soldadura.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje
Reconocer condiciones inseguras del área de trabajo y de la importancia del uso de equipo de protección personal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>El alumno realizará una inspección detallada de las áreas destinadas a la práctica de soldadura y reconocerá y corregirá condiciones inseguras.</li> <li>Identificará el equipo de seguridad personal y el manejo de éste en diferentes condiciones de operación.</li> <li>Realizará una investigación ante las comisiones de seguridad e higiene de la institución y empresas para conocer las medidas de prevención de riesgo más efectivas.</li> </ul>

### Unidad 3: Soldadura por fusión.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje
Identificar y conocer las clasificaciones de los procesos de soldadura que requieren fusión del material base y de aporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar las características principales de los procesos de soldadura por fusión aplicados en la industria.</li> <li>Elaborar cuadros comparativos entre los diferentes procesos de soldadura.</li> <li>Investigar las propiedades mecánicas obtenidas en los materiales unidos mediante los diversos procesos.</li> <li>Elaborar un cuadro sinóptico acerca de la aplicación de los diferentes procesos que requieren fusión completa.</li> </ul>

### Unidad 4: Soldadura en estado sólido y otros procesos.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje
Conocer e identificar los diferentes procesos de estado sólido, por capilaridad y otros procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción teórica y elaboración de una presentación en Power-Point sobre la soldadura de estado sólido.</li> <li>Realizar un mapa conceptual sobre los tres métodos de soldadura considerados más comúnmente en la industria.</li> <li>Establecer en un cuadro sinóptico las ventajas y</li> </ul>





especiales más comúnmente empleados.	<p>desventajas de cada técnica aplicada a un mismo material.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar sesiones grupales de discusión sobre la soldadura de estado sólido y otros procesos.</li> </ul>
--------------------------------------	--

**Unidad 5:** Simbología, terminología, códigos y especificaciones de la soldadura.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Conocer y emplear las diferentes simbologías, así como el lenguaje técnico de las especificaciones para soldadura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar material audiovisual de los distintos símbolos empleados en soldadura.</li> <li>Interpretar planos técnicos que impliquen uso en soldadura.</li> <li>Realizar operaciones de soldadura descritas con simbología técnica.</li> <li>Propondrá hojas de requisición de soldadura para un elemento mecánico empleando simbología y terminología técnica.</li> <li>Realizar sesión grupal de discusión sobre los contenidos de la unidad.</li> </ul>

**11.- FUENTES DE INFORMACIÓN**

- Manual de soldadura. Tomo I.  
R.L. O'brien. American Welding Society. 8ª Edición.  
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996) pp. 327.
- Manual de soldadura. Tomo II.  
R.L. O'brien. American Welding Society. 8ª Edición.  
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996) pp. 320.
- Manual de soldadura. Tomo III.  
R.L. O'brien. American Welding Society. 8ª Edición.  
Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (1996) pp. 273.
- Joining of materials and structures.  
Robert W. Messler Jr.  
Elsevier Butterworth–Heinemann. (2004) pp. 815.
- Welding Metallurgy.  
Sindo Kou. 2nd edition.  
John Wiley & Sons, Inc., Publication. (2003) pp. 467.



- Welding and Joining of Advanced High Strength Steels (AHSS).  
Mahadev Shome and Muralidhar Tumuluru.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2015) pp. 190.
- The Welding Engineer's Guide to Fracture and Fatigue.  
Philippa Moore and Geoff Booth.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2015) pp. 206.
- Welded Joint Design.  
J. Hicks. 3rd edition.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (1999) pp. 141.
- A guide to designing welds.  
J. Hicks.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2000) pp. 61.
- Power Ultrasonics.  
Applications of High-Intensity Ultrasound.  
Edited by: Juan A Gallego-Juárez and Karl F. Graff.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2015) pp. 1142.
- Friction Stir Welding of Dissimilar Alloys and Materials  
A volume in Friction Stir Welding and Processing  
Nilesh Kumar, Rajiv S. Mishra and Wei Yuan  
Elsevier Butterworth-Heinemann. (2015) pp. 126.
- Comprehensive Materials Processing  
Volume 6: Welding and Bonding Technologies.  
Saleem Hashmi, Emin Bayraktar.  
Elsevier. (2014) pp. 246.
- Control of Welding Distortion in Thin-Plate Fabrication.  
Design Support Exploiting Computational Simulation.  
T. Gray, D. Camilleri and N. Mcpherson.  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2014) pp. 332.
- Advances in Friction-Stir Welding and Processing  
A volume in Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining  
Technologies  
M-K Besharati-Givi and P. Asadi  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2014) pp. 756.
- Handbook of Laser Welding Technologies  
A volume in Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials  
S. Katayama  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2013) pp. 632.



- Applied Welding Engineering  
Processes, Codes, and Standards  
Ramesh Singh  
Elsevier Butterworth-Heinemann. (2012) pp. 349.
- Welding and Joining of Aerospace Materials  
A volume in Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining  
Technologies  
M.C. Chaturvedi  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2012) pp. 430.
- Minimization of Welding Distortion and Buckling  
Modelling and Implementation  
A volume in Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining  
Technologies  
P. Michaleris  
Elsevier Woodhead-Publishing. (2011) pp. 298.
- Soldadura: principios y aplicaciones.  
Larry Jeffus. 5ª edición.  
Editorial Paraninfo (2009) pp. 940.
- Manual de Soldadura GMAW MIG MAG.  
Larry Jeffus, Richard Rowe.  
Editorial Paraninfo (2008) pp. 212.
- Welding processes Handbook.  
Klas Weman.  
CRC Press, Cambridge. (2003) pp. 197.
- ASM Metals Handbook. Vol. 6  
Welding brazing and soldering.  
ASM international. (1993) pp. 2873.
- Jeffersons Welding Encyclopedia  
Robert L. O'Brien. 18th edition.  
AWS. (1997) pp. 768.
- Manual de Soldadura, Soldadura Eléctrica, MIG y TIG  
Pedro Claudio Rodríguez. 1ª Edición.  
Editorial Alsina. (2001) pp. 64.
- Welding metallurgy and weldability of stainless steel.  
John C. Lippold, Damian J. Kotecki.  
Wiley Interscience (2005) pp. 357.



- Códigos AWS, ASTM y ASME.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Conocimiento de las distintas fuentes para los procesos de soldadura.
2. Conocimiento y uso del equipo de seguridad personal.
3. Conocimiento y uso de las diferentes máquinas para soldadura GMAW, FCAW y GTAW.
4. Conocimiento y empleo del equipo para soldadura y corte con equipo oxiacetileno.
5. Corte de piezas de acero al carbono con soplete oxiacetileno.
6. Caracterización de las piezas cortadas con oxiacetileno.
7. Corte de piezas metálicas por plasma.
8. Caracterización de las piezas cortadas con plasma.
9. Soldadura de aleaciones ferrosas con oxi-gas.
10. Caracterización de las aleaciones soldadas con oxi-gas.
11. Conocimiento y empleo del equipo para soldadura eléctrica de arco con electrodo revestido consumible.
12. Cebado del arco eléctrico y aplicación de puntos de soldadura en una placa de acero al carbono.
13. Conocimiento del efecto de las variables involucradas en la depositación de un cordón de soldadura: velocidad de avance, polaridades, intensidad de corriente, tipo de electrodo, diámetro del electrodo, dirección y sentido de avance.
14. Caracterización de materiales soldados con diferentes parámetros o variables del proceso de soldadura.
15. Depósito de cordones siguiendo una línea de referencia trazada.
16. Soldadura a tope de dos piezas.
17. Soldadura en ángulo horizontal.
18. Soldadura en ángulo recto.
19. Soldadura unión a traslape o solape.
20. Visitas a talleres e industrias de soldadura especializados.

