

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

<b>Nombre de la asignatura:</b>	<b>Aceración Secundaria</b>
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería en Materiales.</b>
<b>Clave de la Asignatura:</b>	IMF-1203
<b>(Créditos) SATCA<sup>1</sup>:</b>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero en materiales con especialidad en Metalurgia del Acero y Soldadura, los conocimientos para optimizar los procesos de obtención de los materiales metálicos ferrosos de calidad, así como, diseñar, modelar para controlar los procesos de aceración secundaria.

Esta asignatura está vinculada con otras asignaturas como producción de metales ferrosos y fisicoquímica de aceración. El contenido de esta asignatura, se aplica en el estudio de los procesos de aceración secundaria y modelación de los mismos para obtener aceros de calidad. Los procesos de aceración secundaria, se consideran como el tratamiento final que se le da al acero líquido para que adquiera la calidad demandada la industria actual, de aquí la importancia de esta asignatura en de formar parte en la estructura de la especialidad.

-En esta asignatura se, abordan temas de limpieza del acero, procesos de aceración secundaria, desgasificación y desulfuración y finalmente el modelado de procesos de aceración secundaria, por lo que, será capaz de aplicar los conceptos básicos de termodinámica, fenómenos de transporte, solidificación y cinética entre otras.

-Esta asignatura requiere de conocimientos previos de los temas; refinación del hierro, procesos de fabricación de acero y de refinación secundaria contenidos en el curso de “**Producción de Metales Ferrosos**”. Así como de características de escorias, cinética de los procesos de refinación, inclusiones y el efecto del vacío en la fabricación de aceros, contenidos en la asignatura “**Fisicoquímica de Aceración**”. Con lo anterior puede comprender los procesos empleados en aceración secundaria tendientes a obtener aceros de calidad considerando el medio ambiente.

### Intención Didáctica:



- Se organiza el temario en cinco unidades. Cada unidad aborda los contenidos conceptuales de las diferentes etapas de aceración secundaria, así como el estudio de los parámetros importantes involucrados en los procesos de obtención de calidad.

En la primera, titulada “**Introducción**”, se abordan los conceptos fundamentales sobre calidad de los refractarios, tapón poroso, calidad y usos de escorias sintéticas y finalmente las características requeridas de las materias primas que serán aplicados para explicar el proceso de **limpieza del acero** que es el nombre de la segunda unidad.

-En la tercera unidad “**Procesos de Aceración Secundaria**”, se analizan las prácticas operativas, las reacciones de afino y las aplicaciones específicas de los procesos de aceración secundaria.

- En aceración secundaria, es inherente el control de los contenidos de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y de azufre, por lo que, en la cuarta unidad “**Desgasificado y Desulfuración**”, se plantea el estudio del fenómeno de eliminación de los gases y desulfuración en el tratamiento del acero líquido. Con lo anterior se tendrá una visión sobre la importancia de mantener bajos los contenidos de hidrógeno nitrógeno, oxígeno y azufre en los aceros y podrá relacionar su efecto en las propiedades mecánicas.

-La quinta unidad “**Modelado de Procesos**”, describe las técnicas de modelado, se hace referencia a las consideraciones numéricas que serán aplicados al modelado de procesos de aceración secundaria.

El enfoque sugerido para la asignatura, requiere de relacionar y utilizar los conceptos en procesos reales, que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables de procesos y datos relevantes; trabajo en equipo, planteamiento de hipótesis y solución de problemas reales.

En las actividades programadas, es conveniente que el docente busque guiar a sus alumnos hacia la investigación, que promueva en el proceso de análisis y planeación para poder llevar a cabo una experimentación y/o modelación.

En el transcurso de las actividades programadas es importante que el alumno participe y aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y actúe con responsabilidad considerando su futuro profesional.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR



<p><b>Competencias específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Aplicar los conceptos de termodinámica, cinética y fisicoquímica para comprender los fenómenos que ocurren en los procesos de aceración secundaria.</li> <li>• Simular e interpretar los parámetros que afectan la desgasificación y desulfuración</li> <li>• Conocer las técnicas de modelado y las condiciones bajo las cuales se puede modelar un proceso.</li> <li>• Analizar casos prácticos para controlar el proceso de obtención de aceros de calidad durante aceración secundaria.</li> </ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><b>1. Competencias instrumentales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimiento de la especialidad profesional. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocimientos básicos previos.</li> <li>▪ Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>▪ Capacidad de organizar y planificar</li> </ul> </li> <li>▪ Capacidad de comprensión, manejo de ideas y pensamientos.</li> <li>▪ Manejo de estrategias para el análisis, aprendizaje, toma de decisiones y en la solución de problemas</li> <li>▪ Destrezas de computación; para búsqueda y manejo de información.</li> <li>▪ Conocimiento de una segunda lengua para traducir información, transmitirla y facilitar la comunicación oral y escrita.</li> </ul> <p><b>2. Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica, autocrítica y reflexiva.</li> <li>• Capacidad de relacionarse y trabajar en equipo interdisciplinario</li> <li>• Consiente del medio ambiente y de los avances tecnológicos</li> <li>• Responsabilidad y habilidad para trabajar en un ambiente laboral</li> <li>• Compromiso ético y profesional.</li> </ul> <p><b>3. Competencias sistemáticas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Liderazgo</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Iniciativa y espíritu emprendedor</li> <li>• Preocupación por la calidad y el medioambiente</li> </ul>
---	--



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de retos y logros</li> </ul>
--	--

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones(cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Morelia, enero de 2012	Academia de INGENIERÍA EN MATERIALES Instituto Tecnológico de Morelia.	Reunión de Diseño curricular de la carrera de Ingeniería en Materiales del Sistema Nacional de Educación Superior.
Instituto Tecnológico de Morelia, junio de 2015.	Academia de INGENIERÍA EN MATERIALES Instituto Tecnológico de Morelia.	Reunión de Diseño curricular de la carrera de Ingeniería en Materiales del Sistema Nacional de Educación Superior.

#### 5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso.

*Conocer y entender desde un punto de vista metalúrgico todos los aspectos involucrados en los procesos de aceración secundaria y aplicar las técnicas de modelado de procesos para obtener aceros de calidad haciendo consideraciones de cuidado al medio ambiente.*

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Aplicar los criterios de concentración, presión parcial fracción masa y molar.
- Aplicar ecuaciones de fenómenos de superficie en sistemas gas-sólido-líquido
- Identificar los factores que afectan la velocidad de una reacción química..
- Relación entre actividad y concentración.
- Aplicar los principios de energía libre, ley de Raoult, ley de Henry y gases reales.
- Aplicar los fundamentos fisicoquímicos de refinación.
- Asociar la teoría iónica y molecular de las escorias.
- Explicar e interpretar los procesos de fabricación del acero.
- Aplicar los fundamentos termodinámicos de las escorias.
- Aplicar los criterios de cinética en los procesos de refinación del acero.



## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	<b>Introducción</b>	1.1 Calidad de refractarios utilizados en aceración secundaria 1.2 Tapón poroso: clasificación y aplicaciones. 1.3 Escorias sintéticas: calidad y aplicaciones. 1.4 Materias primas para aceración secundaria.
2	<b>Limpieza del Acero</b>	2.1 Influencia de las inclusiones en las propiedades mecánicas del acero. 2.2 Inclusiones: Nucleación y Crecimiento 2.3 Métodos de medición y caracterización de inclusiones 2.4 Concentración de inclusiones en acero liquido. 2.5 Inclusiones: Morfología y modificación. 2.5 Control de inclusiones no metálicas
3	<b>Desgasificación y Desulfuración</b>	3.1 Hidrógeno en los aceros y su control. 3.2 Nitrógeno en los aceros y su control. 3.3 Oxígeno en los aceros 3.4 Equilibrio carbono-oxígeno. 3.5 Métodos de desoxidación 3.6 Control de azufre en el acero. 3.7 Reacciones de transferencia de azufre en la interfase metal-escoria.
4	<b>Procesos de Aceración Secundaria</b>	4.1 Procesos al vacío sin aportación térmica: Desgasificado en Chorro AG-BV, VD, DH, RH, PM. 4.1.1 Práctica operativa. 4.1.2 Reacciones de afino. 4.1.3 Características y aplicaciones. 4.2 Procesos al vacío con aportación térmica: RH-OB, AVR, VOD 4.2.1 Práctica operativa. 4.2.2 Reacciones de afino. 4.2.3 Ventajas y aplicaciones específicas 4.3 Procesos atmosféricos sin aportación térmica: Purga con argón AP, adición mediante alambre, Inyección con lanza IP y TN, ajuste de composición con inyección de argón CAS. 4.3.1 Práctica operativa. 4.3.2 Reacciones



5	<b>Modelado de Procesos de aceración secundaria</b>	<p>4.3.3 Ventajas e inconvenientes</p> <p>4.3 Procesos atmosféricos con aportación térmica: Horno olla, AOD</p> <p>4.2.1 Práctica operativa.</p> <p>4.2.2 Reacciones de afino.</p> <p>4.2.3 Aplicaciones específicas.</p> <p>5.1 Técnicas de modelado: modelación física y simulación matemática</p> <p>5.2 Modelado de procesos de aceración secundaria.</p>
---	---	---

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Sesiones grupales de discusión de conceptos que propicien la comunicación, el intercambio de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Realizar visitas a empresas del ramo para observar, recopilar información y analizar fenómenos y problemáticas del campo industrial.
- Propiciar el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN



- Exámenes escritos y orales para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Puntualidad y asistencia durante el desarrollo del curso
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Participación en actividades académicas, seminarios, congresos, jornadas y visitas industriales
- Trabajo de investigación en equipo e individual.
- Portafolio de evidencias.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Comprender y explicar la importancia de la calidad de los refractarios, el tapón poroso, de las escorias sintéticas y materias primas usadas en los procesos de aceración secundaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y relacionar la calidad de los refractarios usados en las diferentes etapas de producción de acero con la calidad del acero obtenido</li> <li>• Conocer la importancia y el uso del tapón poroso en los procesos de aceración secundaria y plantear su empleo en la modelación de procesos.</li> <li>• Conocer la calidad requerida y el uso de las escorias sintéticas así como las características de las materias primas empleadas en aceración secundaria para obtener un acero de calidad.</li> </ul>

### Unidad 2: Limpieza del acero.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Aplicar los conocimientos de refinación del acero para explicar las condiciones de limpieza en procesos de aceración secundaria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las condiciones térmicas y químicas del acero líquido para ser utilizadas en procesos de aceración secundaria.</li> <li>• Reconocer el efecto nocivo de las inclusiones no metálicas en el acero sólido.</li> <li>• Distinguir los mecanismos que originan la presencia de las inclusiones en el acero líquido para controlar su</li> </ul>





	<p>contenido final en el acero .</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer la importancia de mantener el control sobre la concentración y forma de las inclusiones.</li> </ul>
--	---

### Unidad 3: Desgasificación y Desulfuración

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Describir las condiciones teóricas y prácticas de desgasificación y desulfuración en aceración secundaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar información de prácticas metalúrgicas para minimizar los contenidos de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre en el acero líquido</li> <li>• Exponer casos prácticos donde se observen las condiciones de control del contenido de gases en aceración secundaria.</li> <li>• Comprender el efecto del carbono disuelto en el acero líquido en los procesos de desgasificación.</li> <li>• Observar el comportamiento físico de la escoria y del acero líquido bajo las condiciones operativas en la práctica diseñada para la desulfuración.</li> <li>• Identificar las condiciones de desulfuración e interpretar la interacción entre la escoria y los materiales de inyección para la desulfuración en los procesos de aceración secundaria.</li> </ul>

### Unidad 4: Procesos de Aceración Secundaria

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Conocer las prácticas operativas, las reacciones de afino, las características y aplicaciones específicas de las diferentes tecnologías en aceración secundaria considerando el cuidado del medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar documentos de prácticas operativas que siguen los procesos de aceración secundaria.</li> <li>• Aplicar los conocimientos de cinética de desoxidación para explicar las reacciones de afino en los procesos de aceración secundaria.</li> <li>• Revisar las características y aplicaciones específicas de las tecnologías actuales para la fabricación de aceros de alta calidad considerando sistemas de protección ambiental y los nuevos desarrollos tecnológicos en aceración secundaria.</li> <li>• Reconocer los diferentes procesos de aceración</li> </ul>





	<p>secundaria según su eficiencia y calidad del producto obtenido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar visitas o estadías en plantas del ramo siderúrgico.</li> </ul>
--	--

### Unidad 5: Modelado de procesos de aceración secundaria

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Identificar las diferentes técnicas de modelación física y simulación matemática de los procesos de aceración secundaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilar información en diversas fuentes de información sobre las técnicas de modelación y simulación.</li> <li>• Describir y discutir los resultados de la información recopilada.</li> <li>• Exponer ejemplos.</li> </ul>

### 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. R. A. Flinn, Fundamentals of Metal Casting Addison-Wesley, 1963.
2. S. Kalpakjian y S. R. Schmid, Manufactura, Ingeniería y Tecnología Pearson Educación 2001
3. John D. Verhoeven, Fundamentos de Metalurgia Física Ed. Limusa 1987.
4. John Campbell, The New Metallurgy of Cast Metals CASTINGS second edition-2003 Ed. Bitterworth Heinemann
- 5.- John D. Anderson, Jr., Computational Fluid Dynamics McGraw-Hill ISBN 0-07-001685-2
- 6.- C. A. J. Fletcher, Computational Techniques for Fluid Dynamics Volume 1 Springer ISBN 3-540-53058-4 2<sup>nd</sup> Edition.
- 7.- E. T. Turkdogan, Fundamentals of Steelmaking The Institute of Materials ISBN 1-86125-004-5
- 8.- Darken and Gurry, Physical Chemistry of Metals McGraw- Hill
- 9.- Peter Hayes, Process Principles in Minerals and Materials Production

Hayes Publishing Co. ISBN 0-9589197-3-9

Fuentes electrónicas:



[ISIJINTERNATIONAL : ISIJ International](#)

[VACUUM STEEL DEGASSING BASED ON MECHANICAL DRY PUMPS](#)

[AVS - Science and Technology of Materials, Interfaces, and Processing](#)

[Ladle refining \[SubsTech\]](#)

[www.steeluniversity.org](http://www.steeluniversity.org)

[www.vai.at/www.fuch-co.de](http://www.vai.at/www.fuch-co.de)

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

- 1. Conocer las características fisicoquímicas y las funciones de un tapón poroso.**
- 2- Conocer las características químicas y las aplicaciones de las escorias sintéticas.**
- 3- Ajuste de composición química y temperatura de un acero en el horno de arco eléctrico. -**
- 4- Re-fusión de un acero aleado en horno eléctrico de inducción**
- 5- Modelación física y simulación de procesos de aceración secundaria.**
- 6- Visitas a industrias de producción de aceros por procesos de refinación secundaria.**

