

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Producción de Metales no Ferrosos
Clave de la asignatura:	MAF-1022
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

De los metales usados en la industria el 20% son no ferrosos, estos ya sea en su forma pura o aleada cubren los requerimientos de ingeniería y las propiedades químicas necesarias para fabricar artículos útiles para la industria y la sociedad.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Materiales la capacidad de aplicar los fundamentos de obtención, procesamiento y refinación de los metales no ferrosos para obtener productos de calidad, aplicando las diferentes rutas de extracción como son: hidrometalurgia, pirometalurgia y electrometalurgia, así como seleccionar tecnología para la obtención de nuevos productos cuidando siempre el medio ambiente.

Esta asignatura se ubica en los semestres intermedios ya que se han incorporado en el proceso de formación del estudiante, un nivel de conocimientos que les permite identificar y aplicar conceptos de trituración, molienda y concentración de materiales de la asignatura de Mineralogía y Obtención de Minerales, para separar y preparar como materiales concentrados y/o refinados, mediante técnicas de explotación eficiente y rentable. Es recomendable que haya cursado la asignatura de de Termodinámica, ya que debe dominar y aplicar los conceptos de energía libre en un sistema termodinámico para aplicarlos en el equilibrio entre fases condensadas.

Aplica los principios de química en el balanceo de ecuaciones que se desarrollan en los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos de obtención de metales no ferrosos.

Intención didáctica

La asignatura está integrada en cuatro temas, que incluyen aspectos teóricos y de aplicación. En el primer tema se analizan los conceptos teóricos prácticos de la extracción de metales no ferros a partir de minerales de tipo sulfuros, óxidos y haluros.

En el tema dos y tres se describen y documentan los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos, respectivamente, para la obtención de metales no ferrosos a partir de sus minerales, lo que permite al estudiante adquirir nuevos conocimientos conceptuales y procedimentales, analizar y aplicar las funciones termodinámicas y cinéticas que rigen dichos procesos.

En el tema cuatro se analizan las técnicas empleadas en la refinación de los metales no ferrosos.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

El trabajo en equipo y la actitud personal es muy importante puesto que facilita la relación y fomenta la participación integral del estudiante, además del desarrollo y exposición de temas. Se promueve también a la investigación la cual permita comparar los aspectos teóricos vistos en clase, con los artículos de experiencias industriales y profesionales y en conjunto con los conocimientos adquiridos en los temas de la asignatura fomentará la aplicación de soluciones en problemas reales para el procesamiento de diversos minerales y obtener metales no férreos cuidando en cada una de las etapas el medio ambiente.

El enfoque teórico práctico soportado por la experiencia laboral del docente, así como la práctica y la experiencia en este tipo de procesos, permiten el aprendizaje significativo al tratar temas con profundidad y conocimiento suficiente para acumular el conocimiento y la practica necesarios para integrar al estudiante al campo laboral.

Las actividades que el estudiante debe realizar para el desarrollo de competencias genéricas son; Trabajo en equipo, investigación, análisis de información, solución de problemas y casos prácticos, realización de prácticas y visitas, manejo de equipo de laboratorio, elaboración de reportes técnicos.

El papel que desempeña el profesor de Procesos de fabricación de metales no ferrosos es fundamental ya que debe mostrar liderazgo y objetivar su conocimiento y experiencia productiva para construir escenarios de aprendizaje significativo y propiciar actividades de aprendizaje constructivas que permitan al estudiante pensar, valorar, juzgar y transferir lo aprendido a diferentes contextos de su vida cotidiana además de comprender el vínculo esencial entre la teoría y la práctica, el docente debe ser motivador, persuasivo con un alto grado de comunicación y desarrollar un alto espíritu cooperativo en la recta final de la formación profesional del estudiante.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias,

		Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Aplica y selecciona la o las tecnologías para los procesos de extracción, hidrometalurgia, pirometalurgia y electrometalurgia, así como los procesos de refinación para obtener metales no ferrosos, considerando el menor costo, tiempo y consumo el mínimo de energía, así como un bajo impacto ambiental.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica la preparación mecánica, para la concentración de las menas de minerales no ferrosos • Aplica y analiza los fundamentos termodinámicos del equilibrio entre fases condensadas, la termodinámica de soluciones y la cinética de reacciones. • Interpreta diagramas de Ellingham y de energía libre de Gibbs. • Realiza balance de ecuaciones.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Extracción de metales no ferrosos a partir de minerales	1.1 A partir de minerales sulfurados 1.2 A partir de minerales oxidados 1.3 A partir de minerales halogenados
2	Hidrometalurgia	2.1 Termodinámica de soluciones acuosas 2.2 Fundamentos del proceso de lixiviación y equipos 2.3 Obtención electrometalúrgica de Zn, Cu, Ag, Au, Al, etc, y equipos 2.4 Control de residuos mediante técnicas de neutralización, recuperación de subproductos, confinamiento, etc
3	Pirometalurgia	3.1 Termodinámica y cinética de los procesos de secado, calcinación, tostación y descomposición térmica 3.2 Tratamiento, control y reciclado de residuos (sólidos, gases)
4	Refinación de metales	4.1 Condiciones de equilibrio para la separación, destilación y refinación 4.2 Procesos físicos y químicos de refinación de metales

		4.3 Métodos de refinación por fusión de metales y aleaciones
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Extracción de Metales a partir de Minerales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y evalúa los principios teóricos-prácticos que rigen la obtención de metales no ferrosos a partir de sulfuros, óxidos y haluros.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de investigación. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentar y explicar las diferentes rutas de proceso en función de los componentes: materias primas, procesamiento y productos. • Diferenciar los procesos metalotérmicos para sulfuros, óxidos y haluros. • Aplicar los fundamentos de la obtención de metales a través de la reacción entre sulfuros y óxidos. • Documentar y explicar las técnicas de separación por segregación, destilación y refinación. • Obtención de la mena hasta el afino del metal (Al, Cu, Pb, Zn, etc), partiendo de sulfuros, óxidos y haluros.
Hidrometalurgia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y aplica los principios teóricos de las operaciones hidrometalúrgicas para la obtención de metales no ferrosos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Comunicación oral y escrita. • Compromiso con el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y discutir las operaciones unitarias como balances de materia y energía en los procesos hidrometalúrgicos. • Condiciones de operación de los diferentes circuitos hidrometalúrgicos, en base a la evaluación de los diferentes equilibrios químicos, los aspectos termodinámicos y cinéticos • Diseñar diagramas de flujo de los procesos de extracción o disolución de los principales minerales no ferrosos y debatir en clase sobre el tratamiento y control de residuos y reactivos. • Realizar una ruta hidrometalúrgica idónea de la extracción de concentrados o menas a partir de sus propiedades y de las características de comportamiento en los equipos. • Clasificar los procesos de extracción hidrometalurgia. • Analizar y experimentar la recuperación de

	un metal a partir de soluciones acuosas.
Pirometalurgia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analizar y aplicar las funciones termodinámicas y cinéticas que rigen las operaciones pirometalúrgicas para la obtención de los metales no ferrosos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Comunicación oral y escrita. • Cuidado con medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y discutir los principios en que se fundamenta termodinámica y cinéticamente las operaciones pirometalúrgicas y metalotérmicas. • Recopilar información sobre procesos industriales que aplican operaciones de secado, tostación y calcinación. • Realizar cálculos termodinámicos utilizando diagramas de Ellingham, Kellogg, etc para determinar las condiciones de reducción y estabilidad de fases. •
Refinación de Metales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende y aplica los fundamentos teórico práctico de las técnicas empleadas en la refinación de metales no ferrosos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. • Capacidad de investigación. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad de trabajo en equipo. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades en el uso de TIC's. • Comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los métodos físicos y químicos en la refinación de metales no ferrosos. • Aplicar herramientas termodinámicas aplicadas a las técnicas de refinación por segregación, destilación, etc. • Documentar las Métodos de refinación por fusión de metales y aleaciones. • Examinar y describir los procedimientos industriales de la fusión del cobre, plomo, aluminio, zinc, etc, y sus aleaciones para su refinación.

8. Práctica(s)

- Lixiviar minerales de cobre y zinc
- Tostación de un sulfuro
- Calcinación de un carbonato o de un óxido
- Obtención de cobre por electrolisis
- Elaboración de aleaciones de cobre, aluminio o zinc
- Visitas industriales

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Como sugerencia:

Diseñar y construir un modelo y/o prototipo simulado en funcionamiento de un horno de cuba, horno de arco eléctrico y un horno básico de oxígeno que contenga las partes completas de un equipo industrial y ejecute operaciones simuladas del proceso de obtención de arrabio y acero respectivamente.

- **Fundamentación:** Al diseñar y modelar un prototipo, los estudiantes desarrollaran habilidades y destrezas en la construcción y funcionamiento de equipo industrial que actualmente opera en la industria, lo que permite que se apliquen los aprendizajes, se simule la producción, se detecten errores en la fabricación de hierro y acero, así como se obtengan productos con eficiencias y deficiencias, que posteriormente sean alcanzadas y/o mejoradas en todos los sentidos.
- **Planeación:** Se establece y delimita el tipo de horno prototipo que le fue asignado al estudiante para que realice con base a la documentación de equipos industriales, el diseño de cada parte que requiere para su construcción y gestione los materiales adecuados para su elaboración, lo que le implica que inicialmente realice un modelo esquematizado o gráfico del que tiene que construir, analizando la factibilidad de su idea y el tipo de resultado que debe de proyectar al estructurarlo.
- **Ejecución:** El estudiante establece y define en conjunto con el docente, las partes físicas del horno y los materiales que le son útiles para la construcción, implementando materiales que le proporcionen las características y propiedades para alcanzar las condiciones de proceso, además de adecuar dispositivos que le otorguen y propicien el funcionamiento energético y mecánico que sea

requerido por el prototipo.

- **Evaluación:** Al haber diseñado y construido un modelo y/o prototipo de un horno que sea requerido en la producción de hierro o acero se propicia que el estudiante aplique y muestre las competencias adquiridas durante la asignatura, promoviendo que se realicen prácticas a nivel laboratorio y se produzca equipo que simule y genere la opción de producir materiales de características muy próximas a las reales y por ende el estudiante sea evaluado bajo situaciones en el alcance de las competencias específicas y genéricas de la asignatura que le puedan ser evaluadas y ponderadas.

10. Evaluación por competencias

- Reportes impresos y electrónicos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Exámenes orales y/o escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y
 - declarativos.
- Integración del portafolio de evidencias.
- Mapas conceptuales y mentales.
- Informes de investigación tanto documentales como de campo.
- Reportes de cada una de las visitas a las empresas (ensayos).
- Reportes de visitas a las organizaciones y laboratorios.
- Resúmenes o informes sobre proyecciones de cada uno de los videos
- Exposiciones frente a grupo de temas relacionados con la asignatura.

11. Fuentes de información

1. Rosenquist, T., (1997). *Fundamentos de Metalurgia Extractiva*, Limusa.
2. Szczygiel, Z. y Torres, A. (1984). *Metalurgia no Ferrosa*, Limusa.
3. Burroughs, C. (1989). *Metalurgia Extractiva no Ferrosa*, Limusa.
4. Sohn, H.Y., (1998). *Cinética de los Procesos de la Metalurgia Extractiva*, Trillas.
5. Ballester, A., Verdeja, F. y Sancho, J. (2000). *Metalurgia Extractiva: Fundamentos*, vol.1, SINTESIS, Madrid, España.
6. Ballester, A., Verdeja, F. y Sancho, J. (2000). *Metalurgia Extractiva: Procesos de Obtención*, vol.2, SINTESIS, Madrid, España.
7. Marcilla A., (2004). *Introducción a las operaciones de separación: calculo por etapas de equilibrio*, Universidad de alicante, Servicio de Publicaciones, España.