



## 1. Datos Generales de la asignatura

|   |   |
|---|---|
| <b>Nombre de la asignatura:</b><br><b>Clave de la asignatura:</b><br><b>SATCA:</b><br><b>Carrera:</b> | <b>Tópicos Selectos de Metalurgia</b><br><b>MEF-2401</b><br><b>3-2-5</b><br><b>Ingeniería Química</b> |
|---|---|

## 2. Presentación

| <b>Caracterización de la asignatura</b>   |
|---|
| <p>Esta asignatura propiciará en el estudiante un adecuado desarrollo y actualización de diversas competencias alineadas a su desempeño profesional en cualquier actividad empresarial en la industria minera metalúrgica, debido al entorno tan cambiante en la actualidad.</p> <p>En este semestre el alumno se dedicará a conocer temas selectos de procesamiento de minerales, a reconocer la importancia del litio, así como de las principales actividades involucradas los procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos de obtención de los metales con principal atención a los aspectos ambientales, sociales y económicos. Aportará al perfil del egresado los fundamentos básicos de la electrólisis y las características de las reacciones electroquímicas; cabe destacar que conocerá los principales los procesos de adaptación de los metales.</p> <p>La asignatura permitirá desarrollar la visión para detectar áreas de oportunidad que le permitan emprender, coordinar, participar o desarrollar proyectos. Aporta al perfil del Ingeniero Químico, la capacidad de delegar, formar y trabajar en equipo, así como de comunicación efectiva y toma de decisiones, que le permitan un desempeño eficiente en su ámbito personal y profesional, considerando los aspectos éticos, sociales y de desarrollo sustentable.</p> |
| <b>Intención didáctica</b>  |
| <p>Esta asignatura tiene como objetivo proporcionar al estudiante conocimientos básicos generales de la industria minera-metalúrgica, con principal atención en los fundamentos de la electrometalurgia, además de aspectos importantes del Litio.</p> <p>La asignatura se conforma de cinco unidades las cuales permiten al alumno adentrarse en el mundo de la ingeniería Química y de la metalurgia. En el primer tema se atenderán conceptos básicos del procesamiento de minerales.. En el segundo tema se estudia la metalurgia ferrosa, así como procesos más comunes de la metalurgia no ferrosa.</p>   |

En el tercer tema se atenderán los conceptos básicos, introducción y principios de electrometalurgia. En el cuarto tema se visualizan los procedimientos de transformación de los metales con especial enfoque en la galvanoplastia o procesos de depósito electrolítico y lo más relevante del tema de corrosión.

En el último tema se aborda información general del Litio, un elemento metálico de especial atención por sus usos estratégicos.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

| Lugar y fecha de elaboración o revisión        | Participantes   | Observaciones  |
|--|---|--|
| Instituto Tecnológico de La Laguna, marzo 2024 | Integrantes de la Academia de Ingeniería Química del ITL. | Diseño del módulo de especialidad de la carrera de Ingeniería Química. |

### 4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia(s) específica(s) de la asignatura  |
|--|
| Conoce temas selectos de procesamiento de minerales, procesos metalúrgicos y la adaptación y usos de los metales más comunes, así como el análisis de los impactos ambientales, sociales y económicos que los procesos minero-metalúrgicos generan en su entorno |

### 5. Competencias previas

NA

### 6. Temario

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

| Nº | Temas   | Subtemas   |
|----|---|--|
| 1  | <b>TEMAS SELECTOS DE PROCESAMIENTO DE MINERALES</b> | <p>1.1 Caso de estudio de un proceso de flotación</p> <p>1.2 Caso de estudio de un proceso de lixiviación</p> <p>1.3 Caso de estudio de una contingencia ambiental en una planta de procesamiento de minerales</p> <p>1.4 Normatividad Mexicana en procesamiento de minerales</p> <p>1.4.1 NOM-141-SEMARNAT-2003: Especificaciones y criterios depósitos de jales</p> <p>1.4.2 NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Concentraciones de remediación de suelos</p> <p>1.4.3 NOM-155-SEMARNAT-2007, Protección ambiental para lixiviación de oro y plata</p> <p>1.4.4 NOM-157-SEMARNAT-2009, Planes de manejo de residuos mineros</p> <p>1.4.5 NOM-159-SEMARNAT-2011, Protección ambiental para lixiviación de cobre</p> |
| 2  | <b>PROCESOS METALÚRGICOS</b>                        | <p>2.1 Metalurgia ferrosa</p> <p>2.1.1 Siderurgia Integral</p> <p>2.1.2 Reciclaje del acero</p> <p>2.2 Identificación de aspectos sociales, ambientales y económicos en procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos</p> <p>2.2.1 Legislación Ambiental: Agua, Suelo y Aire</p> <p>2.2.2 Viabilidad económica y Economía circular.</p> <p>2.2.3 Aspectos de seguridad y salud.</p>  |
| 3  | <b>FUNDAMENTOS DE ELECTROMETALURGIA</b>             | <p>3.1 Electro obtención, electro refinación, y electro deposición.</p> <p>3.2 Variables de procesos electrometalúrgicos.</p> <p>3.2.1. Tipos de depósito.</p> <p>3.3 Diseño de celdas para procesos electrometalúrgicos.</p> <p>3.4 Variables de diseño de la etapa de electrólisis.</p>  |

|          |  |  |
|----------|--|--|
| <b>4</b> | <b>METALURGIA<br/>ADAPTATIVA</b>               | 4.1 Etapas del proceso de galvanoplastia:<br>4.1.1 Principales metales<br>4.1.2 Control de efluentes<br>4.2 Definición de corrosión<br>4.2.1 Métodos de control de corrosión<br>4.3 Conformado mecánico<br>4.4 Tratamientos térmicos |
| <b>5</b> | <b>LITIO, ELEMENTO QUÍMICO<br/>ESTRATÉGICO</b> | 5.1 Perspectiva histórica<br>5.1.1 Transición energética<br>5.2 Panorama Internacional<br>5.2.1 Situación en México<br>5.3 Aplicaciones<br>5.4 Aspectos sociales, ambientales<br>y económicos  |

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

| <b>1. Extracción de Minerales</b>   |   |
|---|---|
| <b>Competencias</b>   | <b>Actividades de aprendizaje</b>   |
| <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conoce los procesos mineros y la situación de la minería en México.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>● Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>● Capacidad de aprender.</li> <li>● Habilidad de trabajo autónomo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Establecer generalidades, aplicaciones y ejemplos de los procesos mineros en forma general en un cuadro sinóptico.</li> <li>● Realizar en un cuadro comparativo la clasificación de los procesos, visualizando aplicaciones, ventajas y desventajas de los mismos.</li> <li>● Interpretar y analizar las NOM's de la búsqueda de información significativa para la instalación, apertura y operación de una mina.</li> </ul> |

| <b>2. Procesos Metalúrgicos</b>  |   |
|--|---|
| Competencias   | Actividades de aprendizaje  |
| <p>Específicas:<br/>Distingue la metalurgia ferrosa y no ferrosa, y describe los tipos de procesos usados para la recuperación de los metales, considerando la Legislación que los rigen.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>● Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>● Capacidad de aprender.</li> <li>● Habilidad de trabajo autónomo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar una investigación para establecer los objetivos y las aplicaciones de por medio de mapas conceptuales.</li> <li>● Enlistar los tipos de equipos utilizados en la Metalurgia ferrosa y no ferrosa elaborando una tabla comparativa sobre su uso, ventajas, desventajas y ejemplos en los procesos industriales.</li> <li>● Asentar el propósito y las aplicaciones de la pirometalurgia e hidrometalurgia, así como las condiciones indispensables para su óptimo funcionamiento.</li> <li>● Analizar casos de aplicación en la hidrometalurgia y pirometalurgia.</li> <li>● Investigar el propósito y las aplicaciones sobre la Legislación que aplica a la industria siderúrgica.</li> <li>● Establecer las diferencias y similitudes entre la legislación para una industria metalúrgica ferrosa y no ferrosa.</li> <li>● Evaluar aspectos económicos, ambientales y sociales de la industria metalúrgica.</li> </ul> |
| <b>3. Fundamentos de Electrometalurgia</b>   |   |
| Competencias   | Actividades de aprendizaje  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Específicas:</b></p> <p>Describe las celdas electroquímicas y las principales variables de operación de las mismas.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>● Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>● Capacidad de aprender.</li> <li>● Habilidad de trabajo autónomo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaborar un reporte sobre las implicaciones de la Ley de Faraday.</li> <li>● Participar en equipo en la fabricación de una pila y realizar su presentación ante el resto del grupo.</li> <li>● Realizar reporte de la elaboración de la pila.</li> <li>● Consulta las principales variables que definen el tipo de depósito en un proceso electrometalúrgico.</li> <li>● Resuelve problemas para el diseño de celdas de procesos electrometalúrgicos.</li> <li>● Realiza un resumen de los principales tipos de celdas para los procesos electrometalúrgicos</li> </ul> |
|---|--|

#### 4. Metalurgia Adaptativa

| Competencias  | Actividades de aprendizaje   |
|---|--|
| <p><b>Específicas:</b></p> <p>Describe los procesos de adaptación de los metales, los principios que los rigen e identifica las técnicas disponibles.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>● Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad de aplicar el</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Definir galvanoplastia y corrosión.</li> <li>● Identificar las etapas del proceso de galvanoplastia y realiza un diagrama de bloques del mismo</li> <li>● Consultar los aspectos termodinámicos y cinéticos de los procesos de corrosión.</li> <li>● Comparar los tipos de procesos de adaptación de los metales clasificándolos por medio de importancia, ventajas, desventajas, aplicaciones en la industria y ejemplos designados en esta área.</li> </ul> |

| conocimiento en práctica.  |  |
|--|--|
| <b>5. Litio, elemento químico estratégico</b>  |  |
| Competencias   | Actividades de aprendizaje   |
| <p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Identifica al litio como relevante en México por su abundancia y sus aplicaciones.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>● Habilidades en el uso de tecnologías de la información.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Solución de problemas.</li> <li>● Trabajo en equipo.</li> <li>● Capacidad de aplicar el conocimiento en práctica.</li> <li>● Capacidad de aprender.</li> <li>● Habilidad de trabajo autónomo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Realiza una investigación de la historia y ubicación de yacimientos de este metal.</li> <li>● Plasmar la definición de la transición energética con el litio</li> <li>● Establecer las bases para el proceso de la obtención de los minerales con alto contenido de Litio en México.</li> <li>● Elaborar un estudio sobre el proceso de la purificación del metal o según el beneficio del mineral.</li> <li>● Generar un diagrama para la descripción de las aplicaciones de este metal.</li> <li>● Realiza una investigación de la Legislación actual para la regulación de las minas, procesos y venta de este metal.</li> </ul> |

## 8. Práctica(s)

Se realizan en la asignatura de Laboratorio de Metalurgia Extractiva.

## 9. Proyecto de asignatura

Elaboración de un proceso que comprenda desde la concentración de minerales, hasta la refinación de un metal, y donde se desarrolle cada etapa requerida para aplicarlo en su procesamiento electrometalúrgico.

Atender en forma generalizada las particularidades ambientales que pueden generarse en el proceso.

## 10. Evaluación por competencias

Realizar la evaluación diagnóstica, formativa y sumativa.

- Participación en el desarrollo del curso y en la resolución de problemas.
- Informes de resolución de casos, tareas y visitas industriales.
- Exámenes escritos.
- Exposiciones
- Proyecto integrador
- Portafolio de evidencias (formato electrónico)

## 11. Fuentes de información

1. Rosenqvist, T. (1987) Fundamentos de Metalurgia Extractiva; Editorial Limusa
2. Ballester, A.; Verdeja, L. F.; Sancho, J. (1982) Metalurgia Extractiva Vol. I y II; Editorial Síntesis; Madrid, España.
3. Davenport, W.G; King, M.; Schlesinger, M. (2000). Extractive Metallurgy of Copper. Cuarta Edición; Ed. Pergamon; Ottawa, Canada.
4. Habashi, F.; (1997) Handbook of Extractive Metallurgy Vol I, II y III; Ed. Wiley VCH, Quebec, Canadá.
5. Burroughs Gill Charles "Metalurgia Extractiva no Ferrosa" Ed. Limusa , 1989..
6. Sohn, H.Y.; Wadsworth, M.E. (1986) Cinética de los procesos de la Metalurgia Extractiva. Editorial Trillas. México