

**Anexo N° 5:** Planes o programas de los cursos y demás actividades vigentes (**utilizar únicamente este formato**).

<b>Nombre del curso</b>	<b>QUÍMICA METALÚRGICA</b>
<b>Descripción del curso</b>	<p>El curso dice relación con el estudio de los procesos físicos y químicos industriales referidos a la recuperación de metales de valor económico desde sus minerales, concentrados de flotación, aguas de mina, rípios, escorias, relaves, etc, mediante procesos de lixiviación o extracción líquido-sólido, procesos de extracción por solventes, precipitación química, cementación y cristalización industrial. El énfasis se centra en la comprensión de los fenómenos físico-químicos asociados a este tipo de procesos unitarios de la actividad minero metalúrgica.</p> <p>Por otra parte, el curso cubre nuevas metodologías de recuperación y/o remoción de iones metálicos presentes en aguas de la minería y residuales industriales: extracción sobre membranas líquidas, microencapsulación de extractantes y empleo de nano-materiales, todas correspondientes a variaciones tecnológicas de los procesos de extracción por solventes (SX) y que se emplea con dos grandes propósitos:</p> <p>a) La recuperación metalúrgica de los contenidos de iones metálicos desde aguas de mina, soluciones de lixiviación y soluciones residuales de la actividad minero-metalúrgica y b) La remoción de los contenidos de metales pesados y otras especies con propósitos de descontaminación, desde todo tipo de aguas y soluciones residuales industriales. El énfasis de esta línea se centra en el estudio de los fenómenos de transporte con reacción química asociados a los procesos de la minería y del tratamiento de aguas residuales industriales.</p>
<b>Objetivos</b>	<p>Entregar a los candidatos del programa formación profesional de nivel de postgrado en el área de la Metalurgia Extractiva y su relación con la química como ciencia. En particular, se pretende que los estudiantes relacionen las operaciones unitarias fundamentales de las áreas de la Hidrometalurgia, Pirometalurgia y Electrometalurgia con los fenómenos que las controlan, basadas todas ellas en reacciones químicas, tanto en sus aspectos termodinámicos como cinéticos, lo que obliga a quienes manejan dichos procesos a nivel industrial, a conocer en profundidad los mecanismos que los rigen y el comportamiento de las variables que las afectan.</p>
<b>Contenidos</b>	<p><b>1. Termodinámica Metalúrgica</b></p> <p>1.1. Termoquímica</p> <p>1.2. Reacciones Exotérmicas y Endotérmicas</p> <p>1.3. Cálculo de Entalpías y de cambios de entalpías</p> <p>1.4 Termodinámica de Reacciones Metalúrgicas</p> <p>1.4.1 Energía: la fuerza motriz de cambios químicos en metalurgia</p>

- 1.4.2 Energía Libre: la fuerza motriz de reacciones químicas metalúrgicas
- 1.4.3 Equilibrio químico en procesos metalúrgicos
- 2 Cinética de Reacciones Metalúrgicas**
  - 2.1. Velocidad de reacción en reacciones homogéneas y heterogéneas
  - 2.2. Mecanismos cinéticos controladores de procesos metalúrgicos
  - 2.3. Leyes cinéticas experimentales
  - 2.4. Determinación del orden de reacción
  - 2.5. Cinética y temperatura
  - 2.6. Fenómenos difusivos
- 3. Química de soluciones de procesos metalúrgicos**
  - 3.1. Electrolitos y soluciones acuosas de electrolitos
  - 3.2. Actividad iónica media y teoría de Debye-Hückel
  - 3.3. Acido-base, electrolisis e intercambio iónico
  - 3.4. Adsorción, isothermas de adsorción
  - 3.5. Diagramas Potencial-pH (de Pourbaix)
- 4. Procesos químicos de extracción metalúrgica**
  - 4.1 Operaciones Unitarias Preparativas y Procesamiento de Minerales
    - 4.1.1. Proceso de disminución y clasificación de amaño
    - 4.1.2. Procesos de separación
    - 4.1.3. Procesos de aglomeración
  - 4.2. Procesos de Extracción Hidrometalúrgicos
    - 4.2.1. Lixiviación de minerales y concentrados
      - 4.2.1.1. Cinética de procesos de lixiviación
      - 4.2.1.2. Formas químicas de lixiviación
      - 4.2.1.3. Formas físicas de lixiviación
      - 4.2.1.4. Bases de lixiviación bacteriana
    - 4.2.2. Métodos de Precipitación
      - 4.2.2.1. Precipitación por cementación y reducción gaseosa
      - 4.2.2.2. Precipitación por pH y cambios de temperatura
      - 4.2.2.3. Cristalización por saturación
    - 4.2.3. Separación y purificación por intercambio iónico (IX)
    - 4.2.4. Separación por adsorción con carbón activado
  - 4.3. Procesos de extracción por solventes (SX)
    - 4.3.1. Introducción a los procesos de extracción por solventes
    - 4.3.2. Equilibrio y cinética de extracción
    - 4.3.3. Capacidad de carga del solvente y efecto del pH
    - 4.3.4. Etapas de Scrubbing y Stripping
    - 4.3.5. Curvas de distribución y diagramas de McCabe-Thiele

	<p>4.3.6. Propiedades requeridas de los extractantes y tipos de extractantes</p> <p>4.3.7. Mecanismos de extracción con formación de compuestos  Extractantes ácidos fosfóricos y carboxílicos  Extractantes Quelantes: LIX, Kelex, SMA, Acorga</p> <p>4.3.8. Mecanismos de extracción por asociación iónica</p> <p>4.3.9. Mecanismos de extracción mediante solvatación  Extractantes que contienen enlaces P-O  Extractantes que contienen enlaces C-O  Extractantes que contienen enlaces P-S</p> <p>4.3.10. Diluyentes y Modificadores</p> <p>4.3.11. Fenómenos fisicoquímicos asociados a extracción por solvente  Dispersión y coalescencia, formación de emulsiones estable, formación de crude</p> <p>4.4. Procesos Químicos de Extracción Pirometalúrgicos</p> <p>4.4.1. Secado, calcinación y tostación de minerales y concentrados</p> <p>4.4.2. Balances de calor y masa (estequiometría, nº de etapas)</p> <p>4.4.3. Procesos de fundición a metal gaseoso, líquido y sólido</p> <p>4.4.4. Procesos pirometalúrgicos de refinación</p> <p>4.5. Procesos de extracción electrometalúrgicos</p> <p><b>5. Flotación de Minerales</b></p> <p>5.1. Fundamentos Teóricos</p> <p>5.2 Fases participantes: Líquida y Sólida</p> <p>5.3. Cinéticas de Flotación</p> <p>5.4. Colectores y tipos de minerales a flotar</p> <p>5.5. Agentes reguladores: Activadores y Depresantes</p> <p>5.6. Tecnología Industrial y Equipos de Flotación</p>										
<p><b>Modalidad de evaluación</b></p>	<p>Se realizan dos evaluaciones mediante pruebas escritas. Además, hay dos sesiones de seminarios con nota que deberán ser preparados previamente por los estudiantes, uno con temas de investigación bibliográfica sobre los tópicos tratados en el curso y el otro con un tema de investigación científico-tecnológica donde presentan un paper de los últimos dos años.</p> <p>Las ponderaciones de las actividades es la siguiente:</p> <table data-bbox="560 1690 974 1864"> <tr> <td>Prueba A1</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Prueba A2</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Investigación bibliográfica</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Presentación de paper</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Examen</td> <td>40%</td> </tr> </table>	Prueba A1	18%	Prueba A2	12%	Investigación bibliográfica	15%	Presentación de paper	15%	Examen	40%
Prueba A1	18%										
Prueba A2	12%										
Investigación bibliográfica	15%										
Presentación de paper	15%										
Examen	40%										

	<p><b>Básica</b></p> <p>“Hidrometalurgia. Fundamentos, procesos y aplicaciones”, E. M. Domic</p> <p>“Principles of Extractive Metallurgy”, H. S. Ray and A. Ghosh</p> <p>“A Textbook of Hydrometallurgy”, F. Habashi</p> <p>“Extraction Metallurgy”, J. D. Cilchrist</p>
<p><b>Bibliografía</b></p>	<p><b>Recomendada</b></p> <p>“Chemical Metallurgy”. J. J. Moore</p> <p>“Hydrometallurgy in Extraction proceses”, C. K. Gupta and T. K. Mukherjee</p> <p>Revistas Científicas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hydrometallurgy</li> <li>2) Minerals Engineering</li> <li>3) Journal of Hazardous Materials</li> <li>4) Chemical Engineering Research and Design</li> <li>5) Industrial and Engineering Chemistry Research</li> <li>6) Separation Science and Technology</li> </ol>