

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 4110	Fisicoquímica Metalúrgica			
Nombre en Inglés				
Metallurgical Physical Chemistry				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
CM2004 Fisicoquímica MI 3100 Química Mineralógica			Obligatorio para la Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería Mención Minería y Metalurgia Extractiva.	
Competencias a las que tributa el curso				
Competencias Específicas				
CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geo-minero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos.				
Competencias Genéricas				
CG1: Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.				
CG2: Trabajar en equipos interdisciplinarios, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.				
Propósito del curso				
<p>El curso MI 4110, Físico-química metalúrgica, tiene como propósito que el estudiante aplique herramientas de fisicoquímica y termodinámica tales como funciones y variables de estado de la materia, constantes de equilibrio de solubilidad, hidrólisis; así como herramientas de cinética química y electroquímica, para resolver problemas simples de procesos mineros, utilizando y estimando conceptos sobre estequiometría de reacciones aplicadas a procesos, cinética química y electroquímica, termodinámica química y electroquímica, aplicación de técnicas de análisis, entre otras. Este curso le permitirá al estudiante lograr determinar o estimar la eficiencia de diferentes procesos mineralúrgicos y metalúrgicos, así como evaluar el grado de eficiencia y grado de avances de los procesos y reacciones químicas, relacionadas con el procesamiento de minerales y metalurgia extractiva.</p> <p>La estrategia metodológica a utilizar permite que el estudiante trabaje en clases resolviendo problemas, en forma individual y colectiva (trabajo en equipo) y también en presentaciones orales entre otras. En este escenario, el docente es un mediador que facilita el trabajo de los estudiantes al momento de resolver problemas corrigiendo, explicando y aclarando dudas in-situ.</p>				

Resultados de Aprendizaje

CE1-RA1: Aplica herramientas tales como funciones de estado y constantes de equilibrio en procesos metalúrgicos, analizando diferentes tipos de reacciones, a fin de evaluar su eficiencia en estado estacionario y transiente.

CE1-RA2: Analiza mecanismos de reacción y etapa controlante en procesos, identificándolos y considerando la inclusión o no de transferencia de electrones, en ecuaciones de velocidad de reacciones en sistemas homogéneos y heterogéneos.

CE1-CG2-RA3: Determina, con su grupo de trabajo, las concentraciones reales de especies químicas y su impacto en procesos metalúrgicos, en equilibrio químico homogéneo y heterogéneo, considerando soluciones diluidas y concentradas.

CE1-CG2-CG1-RA4: Redacta con su grupo un informe sobre procesos mineros simplificados y metalurgia extractiva, considerando modelos con transferencia de electrones, a fin de explicar con fundamentos en forma oral y escrita relación entre estos procesos y la industria.

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica es activo - participativa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO - CIERRE • Clases auxiliares con ejemplos y ejercicios prácticos • Lectura de bibliografía especializada entregada por el profesor • Estudios de casos • Seminarios y trabajos escritos, entre otros 	<p>La propuesta de evaluación es de proceso y contempla instancias tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles • Tareas • Desarrollo de un caso de estudio de especiación y electrometalurgia y presentación final de informe • Ejercicios • 1 Examen

Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1	Revisión de conceptos de Termodinámica Química de Sistemas Metalúrgicos	1
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Rutas de proceso de minerales – reactividad.</p> <p>1.1. Sulfuros, óxidos, carbonatos e hidróxidos.</p> <p>1.2. Conceptos generales de Piro/Hidro/Electro metalurgia.</p> <p>2. Fundamentos Termodinámicos.</p> <p>2.1. Introducción.</p> <p>2.2. Entalpía, entropía, energía libre, capacidad calorífica.</p> <p>2.3. Balances de materia y energía.</p> <p>2.4. Equilibrio termodinámico en sistemas de un componente.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determina si procesos relacionados con metalurgia extractiva ocurrirán espontáneamente o no, mediante cálculos, utilizando funciones de estado como energía libre de Gibbs, entalpía, entropía. Aplica fundamentos termodinámicos como balance de materia y energía a procesos metalúrgicos a ejemplos, considerando la eficiencia de las transformaciones fisicoquímicas y energéticas. 	<p>Santamaría, 2006</p> <p>Atkins, 2009</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA1–RA2–RA4	Cinética química	4
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>2.1. Teoría cinética, mecanismos y velocidad de reacción: Reacciones homogéneas, ley de acción de masas.</p> <p>2.1.1. Cinética de orden n.</p> <p>2.1.2. Efectos de la temperatura en la velocidad de reacciones.</p> <p>2.1.3. Velocidad de reacciones químicas en sistemas de 0, 1 y 2 dimensiones espaciales.</p> <p>2.1.4. Diseños simples de reactores de proceso.</p> <p>2.2. Cinética de sistemas heterogéneos: Etapas fundamentales, concepto de etapa controlante. Cinética. Mecanismo de núcleo sin reaccionar</p> <p>2.2.1. Reacciones de una partícula individual no porosa.</p> <p>2.2.2. Reacciones en que no se forma capa de producto sólido.</p> <p>2.2.3. Reacciones en que sí se forma capa de producto sólido.</p> <p>2.2.4. Reacciones de una partícula individual porosa.</p> <p>2.3. Termodinámica de procesos hidrometalúrgicos.</p> <p>2.3.1. Diagramas de Pourbaix.</p> <p>2.4. Extensión de estudios de soluciones. Actividad química: Coeficiente de actividad. Modelo Debye</p>		<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza la relevancia de fenómenos de transporte (difusión) en el cálculo de cinética de reacciones en sistemas homogéneos y heterogéneos, describiéndola técnicamente, en relación con las etapas controlantes. 2. Determina la pertinencia de la selección de un reactor del tipo CSTR versus PF en procesos metalúrgicos, considerando ventajas y desventajas. 3. Analiza las condiciones más favorables para indicar, si un proceso ocurre espontáneamente o requiere de energía para su realización según ciertos criterios de las propiedades termodinámicas. 4. Redacta un informe coherente, claro y preciso de carácter explicativo sobre las correcciones a las concentraciones, analizando estos procedimientos y determinando su pertinencia. 5. Expone, en forma oral y con su grupo, los resultados del informe, considerando criterios de coherencia y claridad en la presentación, organización de la información, entre otros. 	<p>Houston, 2006</p> <p>Burgot, 2010</p> <p>Fredes, 2015</p>

Huckel y Modelo Davis. Caso de Estudio		
----------------------------------------	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA3–RA4	Técnicas de análisis	4
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
3.1. Técnicas de análisis y actividad química en solución. 3.1.1. Análisis de seno de líquido/sólido 3.1.2. Absorción atómica. 3.1.3. ICP-MS. 3.1.4. Volumetría 3.2. Análisis de minerales. 3.1. Difracción de Rayos X. 3.1.1. Análisis mineralógico automatizado 3.1.2. Análisis superficial de sólidos. 3.1.3. Espectroscopía fotoelectrónica de rayos X.		1. Identifica los tipos de técnicas apropiadas a los balances de masa en procesos de minerales, determinando según criterios la eficiencia de procesos en ejemplos tipo. 2. Analiza datos de composición superficial de minerales, determinando su conexión con la eficiencia de procesos la que justifica de manera clara, coherente y con manejo de lenguaje técnico.	Harris, 2007 Cayunao, 2014

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA3–RA4	Cinética Electrometalúrgica	6 semanas
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
4.1. Cinética electroquímica 4.2. Controles cinéticos. 4.3. Ley de Faraday. 4.4. Control por transferencia de carga (ley de Tafel, ley de Butler-Volmer). 4.5. Control por transferencia de Masa (ley de Fick). 4.6. Control Mixto y su cuantificación. 4.7. Representaciones gráficas. 4.8. Pasivación. 4.9. Electro catálisis.		El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> 1. Relaciona la transferencia de carga por unidad de tiempo (corriente eléctrica) con el proceso químico, considerando la ley de Faraday y la ecuación de Butler-Volmer. 2. Define gráfica y cuantitativamente el mecanismo de reacción en sistemas electroquímicos, evaluando de manera clara y con argumentos la posibilidad de mejorar la eficiencia de los procesos electródicos. 3. Explica la relación entre electro-obtención y electrorrefinación de cobre, considerando el diseño de gráficos (Diagrama de Evans) y las teorías de transferencias de electrones con la realidad de los procesos. 	Bockris & Reddy, Cap. 7

Bibliografía General

1. Francisco Santamaría:
F. Santamaría, "Curso de Química General", Editorial Universitaria, 2006.
2. Atkins:
P.W. Atkins, "Química Física", Médica Panamericana, 2008.
3. Houston:
P.L. Houston, "Chemical kinetics and reaction dynamics", Dover Publications, 2006.
4. Burgot:
J.L. Burgot, "Predicting Redox Reactions by Graphical Means [recurso electrónico]", Springer, 2010.
5. Fredes:
S. Fredes, "Diseño de Mejores Prácticas Operacionales en el Procesamiento de concentrados de Molibdeno para Minera Los Pelambres", Memoria de Ingeniero Civil Químico, Universidad de Chile, 2015.
6. Harris:
D.C. Harris, "Análisis químico cuantitativo", Reverté, 2007.
7. Cayunao:
B. Cayunao, "Estudio comparativo de la activación de pirita en flotación de minerales a nivel industrial y de laboratorio usando la técnica de espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) [recurso electrónico]", Memoria de Ingeniero Civil Químico, Universidad de Chile, 2014.
8. Bockris & Reddy:
J. O. M. Bockris, A. K. N. Reddy and M. Gamboa - Aldeco, "Modern Electrochemistry 2A", Kluwer-Plenum, 2000.

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Luis Cifuentes y Gonzalo Montes
Validador por:	Bruno Behn
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD