

## PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 5021	Ingeniería del procesamiento de minerales			
Nombre en Inglés				
Minerals Processing Engineering				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MI4110 Físico Química Metalúrgica/IQ3203 Físico Química Aplicada MI4020 Fundamentos de Procesos Mineralúrgicos			Obligatorio	
Competencias a las que tributa el curso				
<p><b>Competencias Específicas</b></p> <p>CE2: Concebir, diseñar, optimizar e implementar soluciones científico-tecnológicas en explotación de yacimientos, procesamiento de minerales o metalurgia extractiva.</p> <p>CE3: Diseñar operaciones y proyectos mineros, aplicando conocimientos de ingeniería y gestión.</p> <p><b>Competencias Genéricas</b></p> <p>CG1: Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.</p> <p>CG3: Demostrar compromiso ético en su vida profesional, basado en la probidad, responsabilidad, solidaridad, respeto y tolerancia a las personas, al entorno socio-cultural y al medio ambiente.</p>				
Propósito del curso				
<p>El curso MI 5021, Ingeniería del procesamiento de minerales, tiene como finalidad que el estudiante analice los fundamentos detrás del procesamiento de minerales con énfasis en el proceso de flotación, así como de las operaciones de separación sólido-líquido y transporte de minerales en pulpa. De este modo, el estudiante puede considerar criterios para dimensionar, evaluar y operar procesos de separación de medios particulados en pulpa.</p> <p>La metodología de aprendizaje es activo participativa; el estudiante analiza y reflexiona sobre los temas relacionados con el procesamiento de minerales, utilizando conceptos trabajados en clases. El docente es un mediador que guía y apoya la reflexión de sus estudiantes, resolviendo dudas, corrigiendo, proponiendo temas de análisis.</p>				

Resultados de Aprendizaje
<p><b>CE2–RA1: Analiza requerimientos del procesamiento de materiales, considerando parámetros de diseño y operación para la concentración de minerales con énfasis en flotación, así como separación sólido - líquido y transporte de pulpas.</b></p> <p><b>CE3–CG3–RA2: Aplica criterios de diseño y bases de cálculo, considerando restricciones técnico económicas, éticas, entre otras para dimensionar, evaluar y operar procesos de separación de minerales con énfasis en flotación, separación sólido–líquido y transporte de material.</b></p> <p><b>GG1–CG3–RA3: Explica, de manera clara, coherente y con lenguaje técnico, requerimientos y criterios para el procesamiento de minerales, analizándolos con base en evidencia, a fin de comprender el proceso en su conjunto, desde una perspectiva ética y reflexiva.</b></p>

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica es activo-participativa, consistente en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases expositivas</li> <li>• Clases auxiliares</li> <li>• Lecturas</li> <li>• Resolución de ejercicios</li> </ul>	<p>La evaluación es de proceso y contempla instancias tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas escritas de desarrollo.</li> <li>• Ejercicios en clases auxiliares.</li> </ul> <p>El curso se evaluará sobre la base de notas de controles (NC) y nota por ejercicios, (NE). La nota de control se obtendrá a partir de 3 notas de pruebas parciales (P1, P2 y P3) y 1 nota de examen (EX) que incluirá toda la materia y contenidos trabajados en el semestre.</p>

### Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA 1	Introducción a la ingeniería del procesamiento de minerales y Métodos físicos de concentración de minerales	3
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
<p>1.1. Marco general del procesamiento de minerales.</p> <p>1.2. Concepto de recuperación y ley.</p> <p>1.3. Operaciones de concentración y separación sólido-líquido.</p> <p>1.4. Operaciones auxiliares: transporte de pulpa.</p> <p>1.5. Concentración por selección.</p> <p>1.6. Concentración gravitacional y por medios densos.</p> <p>1.7. Concentración magnética.</p> <p>1.8. Separación electrostática.</p>		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identifica las etapas del procesamiento de minerales, definiéndolas y caracterizándolas, con un lenguaje técnico, en particular las operaciones de concentración, separación sólido-líquido y operaciones auxiliares como el transporte de pulpas.</li> <li>Compara los fundamentos de distintas alternativas de concentración de minerales, determinando los métodos adecuados a utilizar, según las características del mineral.</li> </ol>	<p><b>[1]</b> Weiss, Secciones 4, 6 y 7.</p> <p><b>[4]</b> Wills, Caps 2, 10, 11, 13 y 14.</p> <p><b>[7]</b> Mular et al., Caps. 1 y 2.</p> <p><b>[8]</b> Fuerstenau and Kenneth.</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA2 – RA3	Flotación de minerales	7
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
2.1. Fases e interfases. 2.2. Hidrofobicidad. 2.3. Ángulo de contacto. 2.4. Reactivos de flotación. 2.5. Mecanismos de adsorción de reactivos de flotación. 2.6. Electroquímica de la flotación. 2.7. Mineralización de burbujas. 2.8. Cinética de flotación <i>batch</i> . 2.9. Ensayos de flotación. 2.10. Reactores tipo mezcla perfecta y flujo pistón. 2.11. N mezcladores en serie y reducción de corto circuitos. 2.12. Equipos industriales. 2.13. Cinética de flotación en continuo. 2.14. Etapas y circuitos. 2.15. Eficiencia de separación. 2.16. Recuperación en la fase espuma. 2.17. Dimensionamiento de equipos y circuitos. 2.18. Variables y perturbaciones del proceso.		El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> <li>Describe los procesos y subprocesos de flotación, considerando modelos cinéticos a escala de laboratorio, piloto e industrial.</li> <li>Relaciona la relevancia de los ensayos de flotación con el funcionamiento de los equipos a escala industrial.</li> <li>Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio en el dimensionamiento de equipos y circuitos de escala industrial, los que explica de manera clara y coherente, con un manejo técnico de los términos.</li> <li>Determina los usos asociados a la operación de equipamiento de flotación, considerando los problemas que de estas operaciones se derivan.</li> <li>Produce textos de carácter explicativo – argumentativos, en los que se demuestra manejo de términos técnicos, a partir de un análisis, teórico y práctico, sobre el procesamiento de minerales, sus fases, requerimientos y criterios.</li> </ol>	<b>[1]</b> Weiss, sección 5. <b>[2]</b> Laskowski. <b>[3]</b> Rubinstein. <b>[4]</b> Wills, Cap 12. <b>[5]</b> Levenspiel, Caps. 11 y 14. <b>[7]</b> Mular et al., Cap. 8. <b>[9]</b> Hu, Sun & Wang. <b>[10]</b> Kracht.

2.19. Dispersión de gas en flotación. 2.20. Instrumentación.		
---	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA 2 – RA3	Separación sólido – líquido	3
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
3.1 Coagulación y floculación de partículas.		<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Describe los procesos de separación sólido y líquido mediante modelos cinemáticos o dinámicos, utilizando un lenguaje técnico.</li> <li>Determina la importancia de realizar ensayos de sedimentación y filtración, considerando el funcionamiento de los equipos a escala industrial.</li> <li>Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio en el dimensionamiento de equipos, los que explica de manera clara, coherente, evidenciando el manejo técnico de los conceptos.</li> <li>Determina los usos asociados a la operación de equipamiento de separación sólido y líquido, considerando los problemas que de estas operaciones se derivan.</li> <li>Escribe textos de carácter explicativo – argumentativos, en los que se demuestra manejo de términos técnicos, a partir del análisis, tanto teórico como práctico, sobre el procesamiento de minerales, sus fases, requerimientos y criterios.</li> </ol>	<p><b>[6]</b> Concha. <b>[7]</b> Mular et al., Cap. 9. <b>[10]</b> Kracht.</p>
3.2 Sedimentación de partículas.			
3.3 Etapas en la separación sólido-líquido.			
3.4 Pruebas de laboratorio.			
3.5 Equipos de espesamiento y filtración.			
3.6 Dimensionamiento de equipos.			
3.7 Instrumentación.			
3.8 Diagnóstico operacional.			

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA1–RA2	Transporte de pulpas y disposición de relaves	2
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
4.1. Reología de pulpas. 4.2. Pérdidas de carga en tuberías. 4.3. Singularidades. 4.4. Velocidad límite. 4.5. Dimensionamiento de tuberías y bombas. 4.6. Bombas en serie y en paralelo. 4.7. Transporte en canaletas. 4.8. Mineroductos.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relaciona la relevancia de los ensayos de reología, con el funcionamiento de sistema de transporte de pulpas, considerando ventajas, limitaciones y problemas asociados.</li> <li>2. Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio al dimensionamiento de equipos, los que explica de manera clara, coherente, utilizando un manejo técnico de los conceptos.</li> <li>3. Identifica los usos asociados a la operación de sistemas de transporte de pulpa, considerando problemas y limitaciones que de estas operaciones se derivan.</li> </ol>	<b>[7]</b> Mular et al., Cap. 10. <b>[10]</b> Kracht.

#### Bibliografía General

Apuntes del profesor sobre la base de los siguientes textos:

1. N. Weiss; SME Mineral Processing Handbook. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. 1985.
2. J. Laskowski; Frothing in Flotation. Gordon and Breach Science Pub. 1989.
3. J. Rubinstein; Flotación en Columna. Procesos, Diseños y Prácticas. Editorial Rocas y Minerales, 1995.
4. B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 6ª Edición, Butterworth - Heinemann. 1997.
5. O. Levenspiel; Chemical Reaction Engineering. 3<sup>rd</sup> Edition. John Wiley & Sons Inc., 1999.
6. Concha; Manual de Filtración & Separación. CETTEM, U. de Concepción, 2001.
7. Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 y 2. SME, 2002.
8. M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003.
9. Y. Hu, W. Sun, D. Wang; Electrochemistry of Flotation of Sulphide Minerals. Springer, 2009.
10. W. Kracht; Apuntes del curso MI5021: Ingeniería del procesamiento de minerales. 2011

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Christian Ihle, Willy Kracht
Validado por:	Gonzalo Montes
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD